

# SimVolt: Design e avaliação de um game de auxílio no ensino de eletricidade aplicada

Mark Joselli \* Eduardo Bradalise Marcos Paulo Rodrigues Castro Paula Roberta Aparecida Silva  
 Maria Gertrudes Te Vaarwerk Lilia Maria Marques Siqueira

Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUCPR, Brasil



Figura 1: Imagem de uma tela do jogo.

## RESUMO

Esse artigo apresenta o desenvolvimento do SimVolt, um game de geração e gestão energética de forma a abastecer uma residência, servindo de auxílio a disciplina de eletricidade aplicada. Nele o aluno deve adicionar dispositivos elétricos em uma residência e projetar painéis fotovoltaicos para atender essa demanda. O SimVolt possui como objetivo a contextualização dos conceitos, evitando que a aprendizagem seja mecânica e isolada da realidade, superando assim a visão tradicional de ensino que remete as conclusões para os momentos fora de sala de aula. A utilização de games em situações de aprendizagem, permite ao estudante experimentar os conceitos em novos modelos da realidade, para posteriormente aplicá-los com a teoria e com a formatação adequadas. Além disso, testes de usabilidade foram realizados por usuários e por especialistas para validar o jogo. Os resultados evidenciando que o SimVolt tem potencial de entreter, sensibilizar e motivar a aprendizagem de conceitos de disciplinas de eletricidade aplicada.

**Palavras-chave:** eficiência energética, jogos educacionais, e-games, video games.

## 1 INTRODUÇÃO

A perspectiva de cenários dinâmicos e a evolução tecnológica efetivaram a adoção de ferramentas baseadas nas tecnologias da informação e comunicação (TIC) nas práticas educacionais [6], mas a sua adoção nas práticas de ensino muitas vezes não leva em conta o contexto e motivações dos estudantes.

Kolb [17] aponta que as maiores barreiras para aprender são: a forma como a sala de aula tradicional está rigidamente estruturada, os alunos que não compreendem o seu processo de aprendizagem e a forma como aprendem, o fato de não tomarem responsabilidade pela sua própria aprendizagem, e os professores que ensinam baseados no seu estilo de aprendizagem e assumem que todos aprendem da mesma forma que eles aprendem.

\*e-mail: mark.joselli@pucpr.br

Em muitas situações, observa-se que o ensino de disciplinas da graduação se dá de forma isolada da realidade, deixando as conclusões para os momentos fora de sala de aula. Quando se utilizam simuladores ou games em situações de aprendizagem, o estudante experimenta os conceitos em modelos da realidade, para posteriormente aplicá-los com a teoria e a formatação adequada. Esta interlocução e interação de metodologias permite alcançar estudantes com diferentes estilos de aprendizagem e assim, trazer significado para os conceitos e conexão com a realidade. A familiaridade dos estudantes com o uso de tecnologias em suas atividades diárias facilita a adesão ao uso pedagógico de simuladores, e os benefícios desta intervenção foram relatados por Savi e Ulbricht [25] como sendo: efeito motivador; facilitador do aprendizado; desenvolvimento de habilidades cognitivas; aprendizado por descoberta; experiência de novas identidades; socialização; coordenação motora; comportamento expert.

No processo de construção do conhecimento as atividades lúdicas são fundamentais para subsidiar o processo de construção do conhecimento, sendo indispensáveis para as práticas educativas [24]. Com isso, jogos digitais de apoio ao ensino podem complementar o aprendizado de sala de aula, ensinando e dando prática aos conceitos visto em sala de aula. A utilização de games, gamificação e aprendizagem baseadas em jogos digitais é uma tendência mundial para a educação, como mostra o estudo [5].

A proposta descrita neste trabalho consistiu em desenvolver um jogo digital chamado SimVolt de forma a incentivar a sensibilização e aperfeiçoar a aprendizagem dos temas de instalações elétricas na disciplina de projeto elétrico, oferecida aos estudantes do 5º período, dos cursos de engenharia civil, ambiental, química e de produção da PUCPR. O uso de games na educação superior atinge todas as áreas de conhecimento, e também no ensino de engenharia seu uso é muito frequente, conforme relatado por Braghirolli [4] e Battistella e Wangenheim [3].

O SimVolt é um jogo digital de construção de casas abastecidas por energia oriunda da geração fotovoltaica, onde o jogador deve gerenciar a economia de uma casa, de forma a atend-la energeticamente e completar missões. O game tem dois cenários. A primeiro cenário do jogo visa a projeção do consumo da residência para posterior cálculo de consumo total, mediante a inserção de consumo individual das cargas (como eletrodomésticos, motores e automóvel

elétrico). O estudante pode optar dentre diferentes eletrodomésticos com maior ou menor eficiência, e observar o seu impacto no custo final de energia. O segundo cenário do jogo permite calcular um arranjo de painéis fotovoltaicos necessário para suprir uma demanda energética residencial, evitando a poluição na geração de energia, e tornando a residência autossustentável energeticamente.

A disciplina prevê que o estudante possa planejar a instalação de cargas dentro de uma residência, utilizando soluções combinadas para melhorar a eficiência energética da edificação. Esta iniciativa está alinhada com os resultados de aprendizagem pretendidos da disciplina e com o desenvolvimento de competências como autonomia para aprender e senso crítico. De forma a tornar o engajamento mais produtivo e divertido, elementos de jogos na forma de gamificação, como missões e conquistas, foram inseridas no contexto dos simuladores. Um estudo preliminar de aplicação dos simuladores com os estudantes revelou sua pertinência para auxiliar a instigar o interesse pela disciplina e aumentar o significado da mesma para estudantes de todas as áreas da engenharia.

Heurísticas são conjuntos de princípios de usabilidade que são usadas por um avaliador de forma a explorar um interface. Para jogos e especificamente para jogos educacionais, as heurísticas devem avaliar a experiência, imersão e o se o objetivo educacional esta sendo cumprido. Dessa forma, este trabalho se utilizou do EGamesFlow [12] de forma verificar a validade do SimVolt como jogo educacional.

O restante do artigo apresenta-se organizado da seguinte maneira: primeiramente, como o jogo é feito para adultos, será apresentado o termo andragogia na seção 2, e na seção 3 de uma breve introdução sobre o tema de jogos educacionais. Na seção 4 será apresentado o SimVolt, apresentado o seu conceito, objetivos educacionais, arte, tecnologia e game design. Na seção 5 será apresentado a metodologia usada para os testes, que no caso é uma avaliação por especialistas usando o EGameFlow, seguido da discussão dos resultados na seção 6. Na última seção é apresentado os conclusões e trabalhos futuros.

## 2 ANDRAGOGIA

O aprendizado de adultos é diferente do de crianças. Andragogia foi o termo criado por Knowles [16] ao perceber as diferença no aprendizado de crianças e adultos. A andragogia é uma abordagem de ensino e aprendizado para a educação de adultos [30]. Nela o ser humano é colocado com sujeito da educação [11].

Houde [14] afirma que o adulto, quando aprende por si despende uma grande quantidade de energia e tempo tentando entender o valor deste novo aprendizado, como também o benefício de saber ou a consequência do não saber. "O aprendiz adulto necessita tanto ser informado ou, melhor ainda, ser levado a descobrir porque certo conhecimento vale a pena aprender" (p.92). Houde e Knowles possuem como consenso que : a experiência é de rica e fundamental importância para a aprendizagem do aluno; os alunos possuem maior independência e seu processo de aprendizagem é mais autônomo; o professor é um encorajador deste comportamento. De acordo com Knowles [16] e Morin [21] os adultos tem as seguintes características no seu aprendizado:

- necessitam saber onde o conhecimento pode ser aplicado;
- quando praticam aprendem com efetividade;
- usam da percepção para analisar e resolver problemas;
- usam suas experiências para contribuir para sua aprendizagem

Uma das características levantadas no ensino de adultos é a necessidade de no processo de aprendizagem, pois adultos executam seu aprendizado na forma de experiência [19, 13, 8]. Isso faz com que os alunos apliquem os conteúdos de forma dinâmica e problematizada, como por meio de jogos digitais.

## 3 JOGOS EDUCACIONAIS

No tratado de Huizinga [15] trás uma concepção antropológica que coloca o jogo ligado a varias formas de expressões culturais. Inclusive ele coloca o jogo como algo inato ao homem, sendo uma categoria primaria a vida, e a cultura nascendo de uma evoluída do jogo. Considerando inerente o jogo ao seres humanos e sociedades, o jogo deve ter um aspecto fundamental para a seu aprimoramento.

Os jogos digitais proporcionam momentos ricos de exploração e controle dos elementos, permitindo que os jogadores explorem a visualização de situações reais e os resultados possíveis do acionamento de fenômenos da realidade, combinando diversão com um ambiente virtual com grande capacidade de ensino-aprendizado [23].

Os jogos não são somente para o divertimento, segundo Mayo [20] e Tarouco et al.[29] os jogos forçam o jogador a decidir, escolher, priorizar e aprender com os erros de forma a alcançar certos objetivos do jogo. Outro fator que o jogo trás é a construção da autoconfiança e aumento da motivação [27]. Os jogos educacionais promovem situações de ensino e aprendizagem, aumentando com atividade lúdicas o conhecimento adquirido pelo aluno [10].

## 4 SIMVOLT

O SimVolt é um game e simulador para construção de casas abastecidas por energia oriunda da geração fotovoltaica onde o jogador deve adicionar dispositivos elétricos em uma residência e projetar painéis fotovoltaicos para atender essa demanda. O SimVolt tem como objetivo que o jogador ao final saiba avaliar a contribuição de um arranjo fotovoltaico para tornar a residência autossuficiente energeticamente. Um exemplo dos elementos do jogo em uma residência podem ser vistos na figura 2.

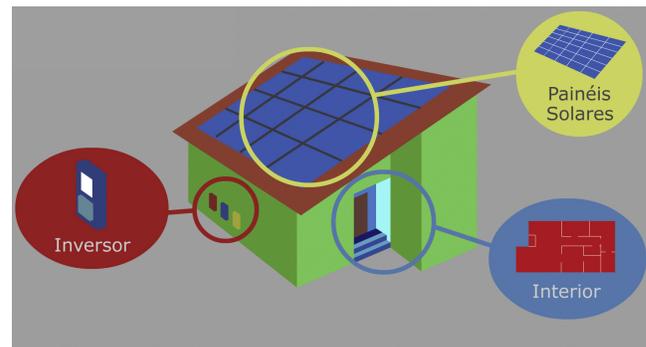


Figura 2: Ambiente da residencia.

### 4.1 Conceito

Nele é incorporado elementos de jogos digitais como pontuação, um GUI auxiliar para comunicação com o usuário, desafios, gestão de recursos e um relatório ao final. O aluno também terá missões e uma economia baseada em dinheiro, geração elétrica, demanda elétrica, nível de conforto, e tempo, tornando um desafio maior para o aluno que deverá progredir no jogo enquanto irá interagir com uma história com determinadas restrições.

#### 4.1.1 Gênero

O jogo é classificado como educacional e considerado um Management, por ter uma mecânica focada na gestão de recursos [2].

#### 4.1.2 Energia Solar Fotovoltaica

Para obter um bom desempenho no SimVolt é preciso entender conceitos sobre sistemas fotovoltaicos, também conhecido como sistema de energia solar. Eles são separados em dois tipos: sistemas

isolados (Off-grid) e sistemas conectados à rede (Grid-tie), onde o segundo é o utilizado no desenvolvimento do simulador SimVolt. O sistema Grid-tie, dentro do SimVolt, é composto por:

- Painéis solares: podem ser um ou mais, e são instalados no telhado da residência em série e/ou paralelo. São responsáveis por gerar a energia fotovoltaica, ou seja, transformam a energia solar recebida em energia elétrica.
- Inversores: um inversor selecionado apenas de acordo com a necessidade para atender a demanda elétrica da residência. Responsável por converter a corrente contínua (energia solar dos painéis fotovoltaicos) em corrente alternada (energia elétrica utilizada na casa).

No SimVolt o jogador pode através do sistema fotovoltaico produzir parte ou até mesmo toda a energia consumida pela casa. Para poder calcular o tamanho desse sistema é preciso saber o consumo de energia elétrica. No jogo é apresentado ao aluno a potência de pico da residência (Wp), ou seja, a potência diária dividida pela radiação média da localidade. Esse valor é alterado e mostrado para o aluno conforme ele organiza a sua casa, colocando e/ou retirando os componentes elétricos da mesma.

Em cima da potência de pico da resistência é possível escolher o modelo de inversor que mais se aproxime ao ideal do projeto olhando a sua potência de saída. Após escolhido o inversor que melhor atenda o cenário atual do jogo, são apresentados opções de painéis fotovoltaicos para adicionar ao seu projeto. De acordo com a combinação inversor-painel escolhido pelo jogador é calculado e apresentado o número de módulos mínimos e máximos em série e o máximo em paralelo permitidos para estruturar o conjunto de painéis no telhado da residência.

## 4.2 Objetivos Educacionais

O game foi criado para ser aplicado em sala de aula como complemento dos conteúdos visualizados em sala, de forma a engajar mais o estudante no processo de aprendizagem. Sendo assim, como objetivos educacionais para o jogo elegeram-se: Compreender a importância da geração energética por fotovoltaagem; ter capacidade de realizar um planejamento elétrico com arranjos fotovoltaicos para tornar uma residência auto-suficiente energeticamente; compreender o consumo de cargas, potência e consumo residencial; compreender como é realizado o processo de geração energética por fotovoltaagem.

O jogo foi concebido para realizar o ensino em uma curva de dificuldade gradativa, inicialmente apresentando os conceitos básicos do jogo, para gradativamente exigir que o jogador tenha de gerenciar mais fatores para conseguir completar a missão.

## 4.3 Arte

Entende-se por estilo de arte uma "maneira distinta a qual permite o agrupamento de trabalhos em categorias relacionadas" [9], o que, neste projeto, é representado por características pré-definidas que relacionam visualmente elementos de um conjunto. Para o SimVolt, foi escolhido um estilo que simplificasse o processo de produção e ao mesmo tempo proporcionasse uma identificação rápida dos elementos visuais e uma boa relação figura-fundo. A técnica de desenho vetorial foi aplicada utilizando-se formas geométricas arredondadas e cores com nível médio de saturação. Os aspectos que definem o estilo do SimVolt são:

- Forma: a técnica de desenho vetorial utilizada se caracteriza pelo uso de formas geométricas simples assim como variações destas para compor as partes de uma ilustração. Cantos são arredondados e curvas e retas são suaves e bem definidas;

- Traço: não há traços de contorno ou de preenchimento. A silhueta e partes internas de cada elemento são definidos pelo preenchimento das formas que compõe a ilustração;
- Volume: as formas são preenchidas com cores lisas, sem uso de gradientes. Sombras e brilhos foram evitados, sendo utilizados apenas para diversificar partes em elementos que possuíam áreas grandes com a mesma cor;
- Cor: matizes são diversificadas, porém a saturação fica sempre em uma graduação média dando um aspecto pastel às cores;
- Perspectiva: representação ortogonal de vista superior.

Alguns objetos podem ser vistos na Figura 3.



Figura 3: Exemplo de objetos do jogo.

A tela onde são apresentados os painéis e inversores representa uma visão mais próxima da casa, por isso, as ilustrações recebem mais detalhes. Pode ser notada uma caracterização mais minuciosa das ilustrações, com o acréscimo de detalhes assim como de volume, com uso de gradientes e cores de matizes próximas, mas com brilhos diferentes. A diferença entre os painéis é a cor, sendo a mais escura a versão mais cara, e o número de placas fotovoltaicas, quanto maior o número, mais alto seu valor. Alguns painéis podem ser vistos na figura 4.

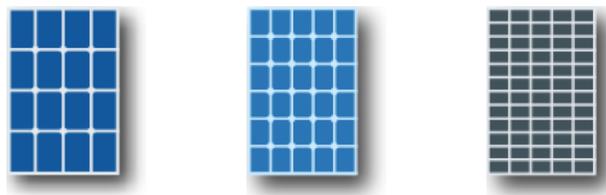


Figura 4: Exemplo de painéis.

Já os inversores têm seus preços representados pelo seu tamanho e cores, sendo mais valioso aquele de maior tamanho. Como inversores são elementos icônicos de um projeto, eles foram ilustrados baseados em equipamentos reais com o intuito de transmitir a percepção de realismo ao simulador. Alguns inversores podem ser vistos na Figura 5.

### 4.3.1 Cenários

Os cenários do jogo tentaram ter um aspecto técnico, de forma a lembrar uma planta baixa, mas combinado com cores, de forma a dar um aspecto visual mais agradável. A planta baixa da casa é o cenário sobre o qual os objetos serão posicionados e por isso é indispensável que ela proporcione contraste aos objetos em primeiro plano. Para isto, cores dessaturadas foram aplicadas no piso e nas superfícies assim como suas formas receberam poucos detalhes



Figura 5: Exemplo de inversores.

para evitar conflitos com as formas dos objetos. Alguns elementos foram acrescentados ao cenário com o propósito de caracterizar os cômodos, como um sofá na sala de estar ou vasos sanitários nos banheiros. Cada cômodo também possui uma cor predominante com o propósito de facilitar sua identificação, em exemplo da suite da residência pode ser visto na Figura 6.



Figura 6: Exemplo do cenário da casa, com close na suite.

Já o telhado foi representado por telhas marrom-claras, cor que oferece ótimo contraste para os painéis que são coloridos com matizes azuis, como pode ser visto na Figura 7.

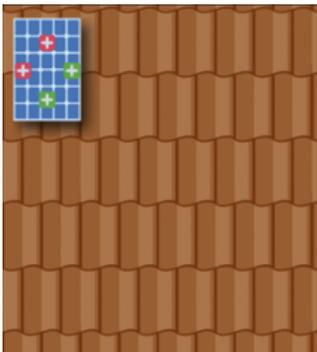


Figura 7: Exemplo do cenário do telhado.

#### 4.3.2 Interface

A identidade visual do simulador foi construída em volta das cores azul e amarelo, as quais se remetem à cor dos painéis solares e à ele-

tricidade, respectivamente, além de oferecerem contraste entre si. O azul preenche a maior parte do fundo da interface enquanto o amarelo destaca títulos e textos importantes. A cor vermelha também é bastante utilizada em elementos de ação da interface como botões, e também em partes da tela que demandam a atenção do usuário. A escolha de estilo da interface segue a dos objetos, cores lisas sem uso de gradientes nem sombras tão pouco brilhos. Toda a interface foi construída em formato de painéis que, além de fazer alusão a um dos principais elementos de jogo, os painéis fotovoltaicos, cria nichos contendo um tipo diferente de informação em cada um deles.

Já a escolha da fonte teve como critério uma leitura rápida, boa legibilidade em tamanhos pequenos e com espaçamento intermediário entre caracteres. Dessa forma, a fonte utilizada foi a sem serifa Ubuntu com o benefício de ter sua licença livre. Um exemplo com a interface superior pode ser vista em Figura 8.

#### 4.4 Tecnologia

No presente projeto foram utilizadas algumas ferramentas, linguagens e métodos para a parte de desenvolvimento visando a facilitação do processo. O SimVolt foi produzido utilizando-se o motor de jogos Unity, usando sua linguagem script C#. A escolha desse motor se deu pela facilidade de acesso, ela é livre, e por exportar para as maiorias das plataformas que se gostaria de atingir com o game, iOS, MacOS, Windows, Windows Mobile, Android e Web.

O projeto utilizou um modelo de gestão híbrida, misto de waterfall com ágil. Tendo as fases principais do waterfall baseada no PMBOK, com levantamento de requerimentos, desenho da solução, implementação, verificação e manutenção, mas sem tanta burocracia e documentação. Sendo que a implementação e verificação foi efetuada em sprints semanais, onde as tarefas vieram dos requerimentos e do design.

#### 4.5 Game Design

O SimVolt possui 2 ambientes principais: o ambiente de projeção de inversores e painéis fotoelétricos e o ambiente de projeção doméstico.

No ambiente de projeção de inversores e painéis fotoelétricos o aluno deve projetar os painéis fotovoltaicos e os inversores de forma a transformar a energia contínua (provida pelos painéis fotoelétricos) em energia alternada (necessária para atender a demanda da residência). Dessa forma, o usuário tem disponíveis diversos tipos de inversores e de painéis, que podem ser projetados em paralelo ou em série (o que afeta como ele gera a energia e o seu espaço físico). O projeto deve atender a geração de energia e a demanda da residência.

Já no ambiente de projeção doméstico é apresentada a interface em que o aluno pode projetar os componentes elétricos disponíveis em uma casa de forma a simular a demanda energética de uma residência. Dessa forma, o usuário pode colocar diversos eletrodomésticos que demandam energia. Exemplo dos ambientes podem ser visto na figura 9.

##### 4.5.1 Mecânica

A mecânica consistem em projetar um arranjo fotovoltaico de forma a prover energia para os equipamentos elétricos contidos na residência e também analisar o seu cenário residencial e saber a melhor maneira de projetá-lo e gerencia-lo. Nele são incorporados elementos de jogos digitais como pontuação, uma GUI auxiliar para comunicação com o usuário, desafios, um historia de roteiro, gestão de recursos e um relatório ao final. O jogador também terá missões e uma economia baseada em dinheiro, geração elétrica, demanda elétrica, nível de conforto, e tempo, tornando um desafio maior para o jogador que deverá progredir no jogo enquanto irá interagir com uma história com determinadas restrições.



Figura 8: Exemplo de interface.



(a) Ambiente de projeção de inversores e painéis.



(b) Ambiente de projeção doméstica.

Figura 9: Telas do jogo

O SimVolt possui missões para serem concluídas que contam com pequenas histórias de contextualização, promovendo restrições e desafios ao jogador que deverão analisar em cima de seus recursos a melhor maneira de montar o projeto dos painéis fotovoltaicos e da residência.

Algumas missões servem como um tutorial para que o jogador entenda como os ambientes e os elementos dentro do jogo funcionam, mas em todas as situações o jogador precisa se preocupar no balanceamento dos recursos disponíveis durante o jogo e manter uma conscientização desse equilíbrio.

As missões envolvendo o ambiente de projeção doméstico apresentam componentes elétricos obrigatórios que o jogador deve incluir em sua casa de acordo com a história da missão atual. Todos esses componentes precisam estar na casa para que a missão seja concluída e é nesse momento que o jogador precisa tomar cuidado no equilíbrio de seus recursos atuais disponíveis. Ao final de cada missão é gerado um relatório com o resultado de seu desempenho.

#### 4.5.2 Economia

A principal meta do jogador é projetar os painéis e a casa sempre se preocupando em manter um equilíbrio entre os recursos. Um dos objetivos da economia é criar uma conscientização do consumo elétrico, além de poder perceber como é possível economizar financeiramente aproveitando o potencial da energia fotovoltaica. Essa economia tem como base os recursos:

- **Dinheiro:** recurso que o jogador pode ganhar provendo energia para a rede e através da história e missões e consumir comprando novos componentes.
- **Geração Elétrica:** recurso que o usuário deve prover, colocando geradores fotovoltaicos que tem um custo em dinheiro e devem ser organizados no ambiente da simulação de painéis fotovoltaicos de forma a atender a demanda elétrica residencial e também estar de acordo com as especificações do inversor.
- **Demanda Elétrica:** recurso que será gerado a partir da inclusão de componentes no ambiente residencial.

- **Nível de conforto:** recurso utilizado para avaliar as demandas do personagem da missão e medir o progresso do aluno como positivo ou negativo.
- **Tempo:** recurso utilizado em algumas missões para especificar o tempo restante para conclusão da missão atual; algumas missões não possuem tempo para finalizá-las.

#### 4.6 Fluxo de telas

O SimVolt, logo que iniciado, possui um Menu onde o jogador deverá escolher entre um dos dois modos de jogo disponíveis. A opção Ranking, ainda no menu, ficará acessível após o aluno finalizar o modo jogo. Em ambos os modos é preciso que o aluno se identifique (sendo possível utilizar seu nome verdadeiro, apelido ou mesmo um fictício), pois é através dessa identificação que será gerado o ranking baseado no relatório final com o progresso obtido pelo aluno. O fluxo de telas do simulador pode ser representado conforme mostra a Figura 10.

### 5 METODOLOGIA

Este trabalho é o resultado de uma pesquisa aplicada que tem como resultado final o desenvolvimento de um jogo educacional, visando o apoio no ensino de elétrica básica na disciplina de projeto elétrico, oferecida aos estudantes do 5º período, dos cursos de engenharia civil, ambiental, química e de produção da PUCPR. O presente trabalho se dividiu em duas etapas: desenvolvimento do jogo digital e avaliação por usuários.

#### 5.1 Avaliação por especialistas

Na área de UX (User eXperience) os produtos são vistos como provocadores de experiência e não são vistos como um pacote de funcionalidades e benefícios, sendo o objetivo da UX avaliar e ampliar o entendimento dessas experiências [26]. A UX procura englobar toda a experiência sobre o produto, como a facilidade ao usar, se foi confuso ou se até mesmo o produto excedeu suas expectativas [1].

Em Savi e Ulbrich [26] é realizado um estudo de diversos artigos da literatura de forma a convergir em conceitos que devem ser analisados para descrever a experiência do usuário: imersão, interação

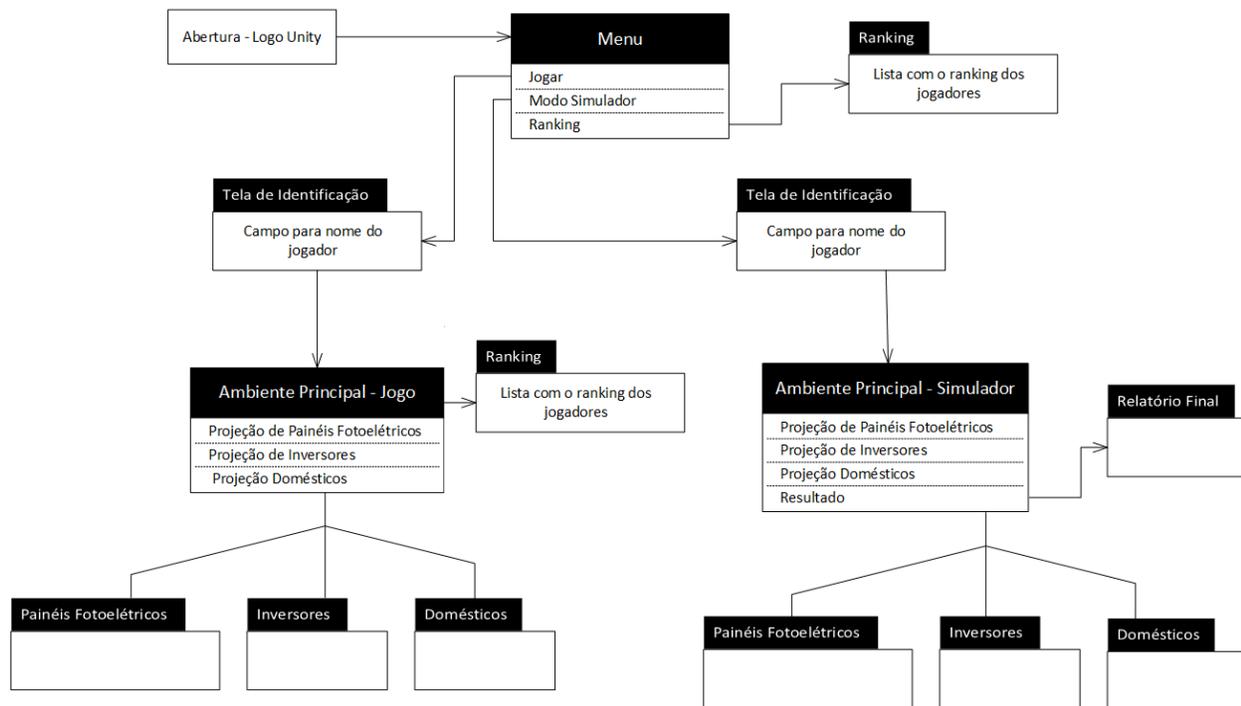


Figura 10: Fluxo de telas do jogo.

social, desafio, diversão, controle e competência. Este trabalho elaborou testes com especialistas usando o método de avaliação EGameFlow [12], onde esses conceitos foram levados em consideração. O EGameFlow é uma adaptação do GameFlow [28], que é um método para avaliar jogos digitais e as experiências dos jogadores com ele, de forma a levar em consideração a relevância educacional do game. Este método já foi utilizado por outros jogos digitais educacionais, como em [18, 22, 7].

## 6 RESULTADOS

O jogo foi avaliado por três especialistas. Todos os três eram professores com conhecimentos em elétrica aplicada. Dois dos avaliadores eram da área de jogos digitais.

A avaliação começou sendo visto o tutorial do jogo, um vídeo mostrando o funcionamento básico e a interface. Logo após o avaliador jogou as 4 primeiras missões do game e após isso respondeu o questionário. O questionário do EGameFlow tem sete categorias (Concentração, Feedback, Imersão e Melhoria do Conhecimento) e foi usada a versão dele em português apresentada em Dias et al [7]. Após cada categoria foi colocado um campo para comentários e sugestões para melhorias do jogo. Cada critério foi avaliado com uma nota de 1 a 7, onde 1 é considerado "ruim", 4 representa "neutro" e 7 considerado "bom". A tabela 1 apresenta os resultados das avaliações.

Os avaliadores se mantiveram concentrados durante o jogo. De acordo com as mesmas as atividades são condizentes com a realidade e ao assunto da disciplina. E os desafios são condizentes com a disciplina, mas dois especialistas sugeriram nos comentários que o jogo deveria ter mais elementos gamificados, como prêmios, bonus e placar, o que será levado em consideração na próxima versão do game.

No quesito autonomia, pode-se verificar que o game cumpre seu

objetivo, onde os avaliadores conseguiram ter autonomia no jogo. No feedback foi o quesito que os avaliadores deram as menores notas. Foi visto que o game, durante as missões acaba tendo muito pouco feedback. Este quesito está sendo revisto, tendo a pretensão de colocar mais feedbacks para o jogador com relação ao seu progresso na missão.

No quesito imersão os resultados foram discrepantes entre os avaliadores. Dois deles se sentiram bem imersos, dando avaliação 7 para todos os quesitos, mas um dos avaliadores deu notas abaixo de 4 para estes quesitos. O avaliador justificou que se sentiu envolvido em alguns instantes do game, mas que no geral está longe de uma imersão total e que a maioria dos jogos educacionais não obtêm uma imersão satisfatória. Este quesito está sendo reavaliado junto com o quesito feedback e dessa forma, acredita-se que a imersão será melhor.

Na melhoria do conhecimento, item mais importante para os desenvolvedores do game, o jogo teve notas muito boas por todos os avaliadores, mostrando que o jogo tem potencial para ser usado como ferramenta de ensino.

## 7 CONCLUSÕES

Jogos educacionais ajudam aos jogadores a aprenderem dentro de um ambiente imersivo e divertido. Desta forma, este artigo apresentou o desenvolvimento e avaliação do game SimVolt, criado para ajudar estudantes de graduação nas disciplinas de instalações elétricas. Além disto o jogo sugere a conscientização dos alunos, mostrando ser possível, tanto economicamente e tecnologicamente, ter uma residência com uso de energia solar, induzindo a uma reeducação ecológica e diminuindo o impacto no meio ambiente. Sendo assim, este jogo foi o único que tem esse enfoque.

Desenvolver jogos educacionais levando em consideração a andragogia não é uma tarefa simples, a forma com a qual o adulto

Tabela 1: Resultados dos testes por especialistas.

Crêterios	M�dia
Concentração	6,44
O jogo prende minha atenção?	6,33
A maioria das atividades se relaciona com a tarefa de aprendizagem?	6,67
Não sou sobrecarregado com tarefas que parecem sem importância?	6,33
Autonomia	5,43
Aproveito o jogo sem ficar entediado ou ansioso?	5
A dificuldade � adequada?	5,67
Existem dicas? que ajudam na tarefa?	5
Minhas habilidades aumentam conforme o jogo avança?	5,67
Os desafios aumentam conforme minhas habilidades aumentam?	6
Apresenta novos desafios em um ritmo adequado?	5,67
Apresenta diferentes níveis de desafios que se adaptam a diferentes jogadores?	5
Desafios	5,94
Tenho sensação de controle do menu?	6,33
O jogo não permite que eu cometa erros com gravidade que me impeça de continuar?	5
O jogo permite que eu me recupere de erros cometidos?	6
Sinto que posso usar outras estratégias?	6,67
Sei o próximo passo no jogo?	6
Tenho sensação de controle sobre o jogo?	6
Recebo feedback sobre o meu progresso no jogo?	5
Tenho sensação de que minhas ações têm impacto relevante no decorrer do jogo?	5,33
Clareza dos objetivos	6,33
Objetivos gerais são apresentados no início do jogo?	6,67
Objetivos intermediários apresentados a cada fase/nível?	6
Eu entendo os objetivos da aprendizagem ao longo do jogo?	6
Feedback	4,89
Recebo feedback imediato sobre as minhas ações?	5
Recebo informação sobre sucesso ou falha de objetivos intermediários?	5
Recebo informação sobre o meu status, como nível ou pontuação?	4,67
Imersão	6
Esque�o do tempo enquanto jogo?	5,58
Esque�o das coisas ao meu redor enquanto jogo?	5,67
Esque�o dos problemas do dia-a-dia enquanto jogo?	5,67
Fico envolvido com o jogo?	5,33
Melhoria Conhecimento	6
O jogo melhora meu conhecimento?	6
Capto as ideias básicas do conteúdo apresentado?	6
Tento aplicar o conhecimento no jogo?	6
Quero saber mais sobre o conteúdo apresentado?	6

aprende é bem diferente da forma tradicional de ensino. Introduzir o jogo na educação   também uma forma de instigar a superar desafios, pois um ambiente controlado do jogo instiga a possibilita de experimentar limites.

O SimVolt foi avaliado positivamente pelos especialistas, sendo levantado pontos importantes para a melhoria do jogo. O principal objetivo do jogo, que é ser um jogo imersivo que melhora o conhecimento dos jogadores foi plenamente cumprido, segundo os avaliadores.

Por fim, SimVolt pode ser visto como uma ferramenta de ensino, que instigue e incentive estudante a ganhar maiores conhecimentos sobre a disciplina, com um jogo. Como trabalhos futuros se pretende desenvolver uma versão mobile do game e distribui-la gratuitamente em lojas de aplicativos. Além disto, pretende-se realizar testes dentro de sala de aula, avaliando em campo o resultado educacional da aplicação de um game em sala de aula.

## 8 AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer a ajuda de Bruno Campagnolo de Paula, Cinthia Spricigo, Oge Marques e Maicris Fernandes por toda a sua ajuda no projeto. Este trabalho foi financiado pelo Programa FINEP

de Inovação.

## REFERÊNCIAS

- [1] W. Albert and T. Tullis. *Measuring the user experience: collecting, analyzing, and presenting usability metrics*. Newnes, 2013.
- [2] A. Amory, K. Naicker, J. Vincent, and C. Adams. The use of computer games as an educational tool: identification of appropriate game types and game elements. *British Journal of Educational Technology*, 30(4):311–321, 1999.
- [3] P. E. Battistella and C. G. von Wangenheim. Engaged: Um processo de desenvolvimento de jogos para ensinar computação. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 27, page 380, 2016.
- [4] L. F. Braghirolli. Aprendizagem por jogo computacional na engenharia de produção. 2014.
- [5] S. de Sena and A. H. Catapan. Metodologias para a criação de jogos educativos: uma revisão sistemática da literatura. *RENOTE*, 14(2).
- [6] B. de Sousa Monteiro, E. J. de Oliveira, A. S. Gomes, and F. M. Neto. Youubi: Ambiente de aprendizagem ubíqua. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 26, page 111, 2015.

- [7] J. D. Dias, M. S. Mekaro, J. K. C. Lu, G. S. S. M. Tsuda, J. L. Otsuka, D. M. Beder, and S. H. Zem-Mascarenhas. Design e avaliação de um jogo educacional de anatomia e fisiologia digestória humana. In *SBGames*, 2016.
- [8] J. Díaz Bordenave and A. M. Pereira. Estratégias de ensino-aprendizagem. In *Estratégias de ensino-aprendizagem*. Vozes, 1991.
- [9] E. Fernie. *Art history and its methods: A critical anthology*. Phaidon London, 1995.
- [10] N. N. Fialho. Os jogos pedagógicos como ferramentas de ensino. In *Congresso nacional de educação*, volume 6, pages 12298–12306, 2008.
- [11] P. Freire. Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática docente. *São Paulo: Paz e Terra*, page 25, 1996.
- [12] F.-L. Fu, R.-C. Su, and S.-C. Yu. Egameflow: A scale to measure learners' enjoyment of e-learning games. *Computers & Education*, 52(1):101–112, 2009.
- [13] J. R. Gibb, L. M. Gibb, G. N. Platts, and G. F. Cirigliano. *Manual de dinâmica de grupos*. Humanitas, 1985.
- [14] J. Houde. Andragogy and motivation: An examination of the principles of andragogy through two motivation theories. *Online Submission, Proceedings of Academy of Human Resource Development International Conference (AHRD)*, 2006.
- [15] J. Huizinga and R. F. C. Hull. *Homo Ludens. A Study of the Play-element in Culture.*[Translated by RFC Hull.]. Routledge & Kegan Paul, 1949.
- [16] M. Knowles. The adult learner: a neglected species. 1973.
- [17] D. Kolb. Experimental learning. experience as source of learning and development, printice-hall. *New Jersey: Prentice-Hall, USA*, 1984.
- [18] M. D. Mann. Increasing student motivation to learn by making computer game technology more engaging: Measurable outcomes that determine success. *Contemporary Issues in Education Research (CIER)*, 10(2):117–120, 2017.
- [19] M. Masetto. *Aulas vivas: tese e prática livre docência*. MG Editores, 1992.
- [20] M. J. Mayo. Ender's game for science and engineering: games for real, for now, or we lose the brain war. In *19th Annual Game Developers Conference (GDC)-Serious Games Summit Sessions*, 2005.
- [21] E. Morin. *A cabeça bem-feita: repensar a reforma, reformar o pensamento*. Bertrand Brasil Rio de Janeiro, 2000.
- [22] E. O'Toole and S.-E. Lee. Using a social network game as a teaching tool for visual merchandising. *International Journal of Online Pedagogy and Course Design (IJOPCD)*, 5(3):1–16, 2015.
- [23] L. O. M. Ribeiro, M. I. Timm, and M. A. Zaro. Modificações em jogos digitais e seu uso potencial como tecnologia educacional para o ensino de engenharia. *RENOTE*, 4(1), 2006.
- [24] J. Santos. O lúdico na educação infantil. *Campina Grande: Realize*, 2011.
- [25] R. Savi and V. R. Ulbricht. Jogos digitais educacionais: benefícios e desafios. *RENOTE*, 6(1), 2008.
- [26] R. Savi, C. G. Von Wangenheim, V. Ulbricht, and T. Vanzin. Proposta de um modelo de avaliação de jogos educacionais. *RENOTE*, 8(3), 2010.
- [27] S. R. Silveira and D. A. C. Barone. Jogos educativos computadorizados utilizando a abordagem de algoritmos genéticos. *Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Informática. Curso de Pós-Graduação em Ciências da Computação*, 1998.
- [28] P. Sweetser and P. Wyeth. Gameflow: a model for evaluating player enjoyment in games. *Computers in Entertainment (CIE)*, 3(3):3–3, 2005.
- [29] L. M. R. Tarouco, M. L. P. Konrath, and A. R. da Silva Grando. O aluno como co-construtor e desenvolvedor de jogos educacionais. *RENOTE*, 3(2), 2005.
- [30] G. Teixeira. A andragogia e seus princípios. *São Paulo, FEA-USP*, page 22, 1996.