

A Model for the Evaluation of Educational Games for teaching Software Engineering

Rafael Savi

Departamento de Engenharia e Gestão do Conhecimento
UFSC
Florianópolis, Brasil
rafaelsavi@gmail.com

Christiane Gresse von Wangenheim

Departamento de Informática e Estatística
UFSC
Florianópolis, Brasil
gresse@incod.ufsc.br

Adriano Ferreti Borgatto

Departamento de Informática e Estatística
UFSC
Florianópolis, Brasil
borgatto@inf.ufsc.br

Abstract — Teaching software engineering through educational games is expected to have several benefits. Various games have already been developed in this context, yet there is still a lack of assessment models to measure the real benefits and quality of these educational resources. This article presents the development of a model for assessing the quality of educational games for teaching software engineering. The model has been systematically derived from literature and evaluated in terms of its applicability, usefulness, validity and reliability through a series of case studies, applying educational board games in software engineering courses. Early results indicate that the model can be used to assess the aspects of motivation, user experience and learning of educational SE games¹.

Keywords - educational games; teaching; software engineering; software project management.

I. INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios enfrentados no ensino da Engenharia de Software (ES) atualmente é a necessidade de uso de métodos de ensino que permitam tornar o processo de ensino-aprendizagem mais efetivo [1]. A forma tradicional de ensino excessivamente centrada no professor faz com que falte aos estudantes oportunidade para aplicação prática dos conceitos [2][3]. Uma forma de melhorar a situação é o uso de métodos de ensino alternativos, como, estudos de caso, atividades realizadas em projetos de empresas do ramo, jogos (cartas, tabuleiro, computador, etc.), simuladores, entre outros.

Recentemente, criou-se a expectativa de que jogos e dinâmicas educacionais sejam um meio bastante vantajoso para completar o ensino dos assuntos abordados nas aulas de ES. São desenvolvidos para terem, além do fundamento educacional, elementos relativos a jogos como contexto, objetivos, regras, feedback, competição e interação [4].

Através de jogos as pessoas podem ser capacitadas pela vivência com situações reais que poderão ser encontradas na

prática profissional. Tal abordagem permite o desenvolvimento de experiências sem os riscos existentes no mundo real [5]. Além disso, utilizar abordagens de jogos permite ao estudante aprender fazendo, reduzindo assim a lacuna existente entre teoria e prática [6]. Atualmente, vários jogos educacionais já são utilizados no ensino de ES, como, The Incredible Manager [7] e Project-o-poly [8] para a gestão de projetos de software; SimSE [9], SESAM [10] e Open Software Solutions [11] na área de processos de software; e X-MED [12] focado na medição de software, entre outros.

Estes jogos tipicamente são criados por professores na área de Engenharia de Software com a intenção de melhorar o ensino. Porém, é importante que se tenha evidências dos benefícios dos jogos antes de utilizá-los em sala de aula. Uma compreensão mais precisa a respeito dos resultados do uso desse tipo de recurso permitiria saber se compensam os custos e esforços envolvidos em adotá-los [13]. Mas, embora se tenha indícios de que os jogos educacionais possam ser ferramentas capazes de aprimorar o processo de ensino e aprendizagem [14], e que esse tipo de recurso começa a atrair a atenção de professores e alunos, ainda não se conhece direito o grau de contribuição que os jogos podem trazer para a educação [15].

Atualmente, a avaliação da qualidade dos jogos educacionais é limitada e, por vezes, inexistente [16][17][19]. Hays [20] comenta que em muitos casos a decisão em se utilizar jogos educacionais é baseada em suposições de sua eficácia, ao invés de se basear em avaliações mais formais e concretas. Alguns estudos até chegam a utilizar questionários para avaliar os jogos logo depois da aplicação aos alunos, no entanto, são utilizados instrumentos de medição não padronizados, que não passaram por uma análise de validação e confiabilidade e, por isso, geram resultados duvidosos.

Para fornecer um suporte mais sistemático, até o momento houve poucas tentativas de se desenvolver modelos para auxiliarem as avaliações deste tipo de material educacional [21], com exceção de [22] que apresenta um modelo teórico e um conjunto de critérios para possibilitar uma análise crítica de jogos. A inexistência de modelos que facilitem a avaliação de

¹ Este trabalho é apoiado pelo CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico www.cnpq.br).

jogos educacionais faz com que existam poucos dados para comprovar ou não os benefícios desses artefatos [22].

Percebe-se que existe uma demanda por estudos mais formais que investiguem os efeitos dos jogos na aprendizagem [12][17]. Assim, apresentamos neste artigo um modelo para avaliação da qualidade de jogos educacionais focados no ensino da engenharia de software, abrangendo a capacidade de motivação dos jogos, a experiência do usuário e melhoria da aprendizagem.

II. ENSINO DE ENGENHARIA DE SOFTWARE

A engenharia de software é a aplicação de abordagens sistemáticas, disciplinadas e quantificadas ao desenvolvimento, operação e manutenção de software [18]. O profissional que atua na área de ES precisa entender e saber aplicar teorias, modelos e técnicas correntes para sistematicamente analisar e desenvolver artefatos de software com qualidade. Precisa ter conhecimentos sobre gerenciamento de projetos e ser capaz de conciliar objetivos de projeto conflitantes e considerar questões organizacionais. Também precisa ter habilidades de trabalho em equipe, liderança, negociação e resolução de conflitos [23][24][25] [26].

Portanto, a educação de ES tem que integrar teoria e prática, abordando competências definidas por corpos de conhecimento reconhecidos, como o SWEBOK, PMBOK, etc., cobrindo diversas áreas de conhecimento da ES, tais como engenharia de requisitos, gerenciamento de ES, processos de ES, etc.

A. Jogos educacionais na Engenharia de Software

O ensino com grande concentração de aulas tradicionais pode não ser suficiente para suprir as necessidades de aprendizagem dos alunos [27], e nesse ponto, as próprias diretrizes curriculares da ACM e IEEE para a área de ES indicam a necessidade por aulas que contemplem estratégias de aprendizagem que vão além das aulas expositivas [25][28].

Uma estratégia que pode minimizar as dificuldades de ensino da área é a adoção de jogos. Estes podem colocar o estudante frente a cenários que envolvem componentes do mundo real, normalmente ausentes nos exercícios de salas de aula, como, grandes projetos, relacionamento de equipes, múltiplos stakeholders, problemas reais, entre outros [29].

Jogos educacionais são atividades estruturadas para promover a aprendizagem de temas específicos com prazer e diversão. Além dos jogos educacionais digitais, também existem jogos de tabuleiro ou cartas, simulações e dinâmicas em sala de aula.

Utilizando jogos educacionais espera-se motivar os alunos, fixar conhecimentos, exercitar a aplicação de conhecimentos, promover o desenvolvimento de habilidades cognitivas, viabilizar a aprendizagem por descoberta, levar o aluno a ter experiência de novas identidades (p.ex. aluno no papel de um gerente de projetos) e favorecer a socialização das pessoas [30].

Em especial para a área de ES, os jogos podem vir a suprir uma lacuna educacional, que é a necessidade por aulas mais práticas e que representem melhor a realidade da profissão, e

assim, cria-se a possibilidade de melhorar o ensino da ES e de aumentar o número de pessoas com competências nessa área, que poderá se refletir em softwares de maior qualidade e competitividade das empresas.

III. DESIGN INSTRUCIONAL DE JOGOS EDUCACIONAIS

Para os jogos terem o efeito educacional intencionado, eles precisam ser desenvolvidos dentro do contexto da unidade instrucional em que serão utilizados, ter objetivos de aprendizagem claramente definidos em alinhamento aos objetivos de aprendizagem da unidade instrucional e serem avaliados de forma sistemática.

Uma estratégia atualmente empregada para o projeto e desenvolvimento de objetos de aprendizagem (entre estes também jogos educacionais) é baseada no design instrucional. O design instrucional aborda desde a análise dos objetivos e necessidades de aprendizagem, até o desenvolvimento de materiais, atividades, testes e avaliação de um projeto instrucional [32]. Um dos modelos mais conhecidos de design instrucional é o ADDIE (Analyze, Design, Develop, Implement e Evaluate [33].

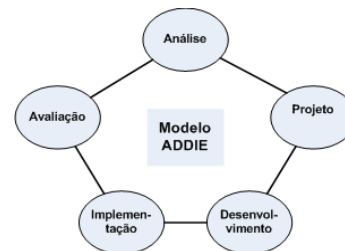


Figura 1 - Etapas do Modelo ADDIE

O modelo ADDIE guia o processo de desenvolvimento de objetos de aprendizagem, começando com a análise das necessidades educacionais e a definição dos objetivos de aprendizagem da unidade instrucional. Durante a fase de projeto, tanto a estratégia de ensino como os materiais são projetados. Na fase de desenvolvimento, os designers e os desenvolvedores criam os materiais que foram especificados na fase de projeto. Durante a implementação, instrutores são treinados e o objeto de aprendizagem é aplicado. Durante a fase da avaliação, o objeto de aprendizagem é avaliado e feedback obtido para a sua melhoria.

IV. AVALIAÇÃO NO DESIGN INSTRUCIONAL

A avaliação é uma atividade essencial no design instrucional, devido à necessidade de avaliar se cada Objeto de Aprendizagem (OA) consegue cumprir aquilo que foi planejado para ele [34][35]. Isto é importante porque mesmo os designers instrucionais experientes não desenvolvem OA perfeitos, que na prática podem não funcionar da maneira que foram planejados [36][37].

Existem dois tipos principais de avaliação, a formativa e a somativa. A avaliação formativa tem como finalidade identificar possibilidades de melhoria, busca julgar o OA enquanto ela ainda está sendo desenvolvido e acontece durante o processo de design instrucional como um todo. É uma avaliação onde os desenvolvedores monitoram os objetivos e metas para o OA e identificam deficiências para realizarem

intervenções corretivas. Já a avaliação somativa, tem a finalidade de sumarizar os benefícios trazidos pelo OA em um processo de ensino e aprendizagem, e é realizada na conclusão do desenvolvimento com a versão final do OA [31][32][33].

As avaliações costumam ter foco no produto do design instrucional, quando contemplam, por exemplo, a estrutura do curso ou OA, roteiros, storyboards, etc., ou foco nos alunos, avaliando, por exemplo, aspectos da qualidade desses OA, verificando o grau de aprendizagem alcançado[32].

As avaliações são feitas a partir da análise de dados sobre a utilização de um OA. Para isso, são utilizadas técnicas de coleta de dados baseadas na percepção dos alunos, como questionários e entrevistas, ou baseadas em observação, por meio de experimentos com testes de avaliação dos conhecimentos dos alunos aplicados antes e depois do uso do OA [31][38][32][33].

V. DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO PARA AVALIAÇÃO DE JOGOS EDUCACIONAIS

Realizar avaliações de jogos educacionais não é trivial e atualmente há uma escassez de modelos de avaliação especificamente voltados para este tipo de OA. As próximas seções deste artigo apresentam o desenvolvimento de um modelo para avaliação de jogos educacionais na área de ES.

A. Objetivos de Avaliação e Requisitos para o Modelo de Avaliação

O modelo para avaliação apresentado neste artigo tem o objetivo de avaliar a qualidade de jogos educacionais na área de ES. Por falta de uma definição comumente aceita sobre a definição da qualidade de jogos educacionais, estamos entendendo neste trabalho que um jogo de qualidade é aquele que tem objetivos educacionais bem definidos, motiva os alunos para os estudos e promove a aprendizagem de conteúdos curriculares através de atividades divertidas, prazerosas e desafiadoras, com base numa revisão sobre os benefícios de jogos educacionais [30]. Desta forma, não basta que um jogo seja didaticamente adequado e promova a aprendizagem, ele também precisa ser capaz de motivar os alunos a estudarem e proporcionar uma boa experiência.

Levando em consideração a literatura sobre jogos educacionais na ES, a realidade do desenvolvimento de jogos educacionais para o ensino da ES, e o contexto em que esses jogos são usados (p.ex. aulas de 1h40min), foram estabelecidos os seguintes requisitos para o modelo: (i) focar em jogos utilizados como material educacional no ensino e aprendizagem de conteúdos curriculares e que tenham objetivos educacionais bem definidos; (ii) ter capacidade de avaliar os efeitos dos jogos na motivação, aprendizagem e experiência de uso dos alunos; (iii) permitir a avaliação formativa para direcionar a melhoria iterativa dos jogos; (iv) permitir a avaliação somativa com o objetivo de comparar jogos e/ou versões de jogos; (v) ser aplicável a jogos de tabuleiro, cartas, digitais e dinâmicas em sala de aula; (vi) ser de rápida aplicação, evitando consumir muito tempo das aulas e minimizando a interrupção da unidade instrucional; (vii) ser de fácil aplicação e não demandar dos seus utilizadores conhecimentos avançados da área de educação, medição ou

estatística; (viii) ser acoplável aos modelos de design instrucional.

B. O Modelo do Processo de Avaliação

O processo para a avaliação de jogos educacionais de ES é definido com base em Wohlin [39] e Yin [40] e compreende seis fases (Figura 2).

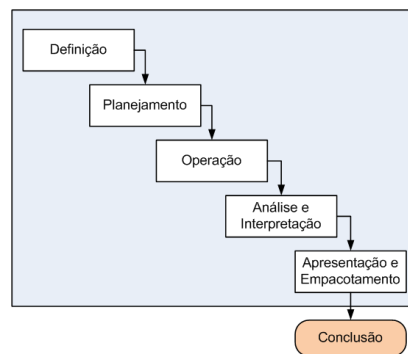


Figura 2- Fases do Processo de Avaliação

1) Definição

Definição do objetivo de avaliação. Esta fase começa com a definição do objetivo da avaliação, utilizando o *template* de metas de medição do método GQM [41]. Com base nos requisitos identificados, o objetivo geral das avaliações de jogos educacionais neste contexto é:

Analisar um jogo educacional com o propósito de avaliar a qualidade com respeito a motivação, experiência do usuário e aprendizagem, sob o ponto de vista da percepção dos alunos (Kirkpatrick nível 1) no contexto de unidades instrucionais de engenharia de software.

Considera-se neste trabalho que um jogo de qualidade é aquele que tem objetivos educacionais bem definidos, motiva os alunos para os estudos e promove a aprendizagem de conteúdos curriculares através de atividades divertidas, prazerosas e desafiadoras.

Como a abordagem de avaliação adotada é baseada na percepção dos alunos, o modelo teórico para avaliação de jogos começa a ser constituído com base no nível 1 do modelo de avaliação de treinamentos de Kirkpatrick [42], que propõe que a avaliação de unidades instrucionais seja feita por meio da reação dos alunos. Neste caso, a reação dos alunos a um jogo educacional apontará o nível de qualidade do jogo.

Definição das medidas. A partir do objetivo de avaliação, são derivadas as medidas referentes aos dados a serem coletados durante o estudo para que se atinja o objetivo da avaliação. Esta definição foi feita por meio de uma decomposição hierárquica (Figura 3), realizada com base na literatura consultada para o desenvolvimento deste modelo.

O subcomponente motivação é decomposto com base no modelo ARCS [43], que apresenta quatro categorias para representar motivação em projetos instrucionais: atenção, relevância, confiança e satisfação.

O subcomponente experiência do usuário (UX) contempla a interação do indivíduo com o produto por inteiro, considerando os pensamentos, sentimentos, prazer e demais percepções que resultam da interação [44]. A UX em jogos costuma ser medida por um conjunto de dimensões, mas não existe consenso sobre quais são elas. Analisando quatro modelos de UX em jogos[45][46][47][48] com o objetivo de identificar dimensões em comum, chegou-se a uma proposta com as dimensões que mais se repetem entre os modelos: imersão, desafio, competência, divertimento, controle e interação social. Essas dimensões foram incluídas no modelo para avaliação de jogos educacionais, exceto a dimensão controle, por ser exclusiva para os jogos digitais.

O subcomponente aprendizagem é medido com base nos três primeiros níveis da taxonomia de Bloom (conhecimento, compreensão e aplicação) e mais duas dimensões com as variáveis “aprendizagem de curto termo” e “aprendizagem de longo termo”, com base no modelo de avaliação de Sindre e Moody [38].

Desta forma, o modelo teórico para avaliação de jogos educacionais é composto pelo construto reação, seus 3 subcomponentes e 14 dimensões (Figura 3). Considera-se que neste modelo há uma relação causal entre os construtos e que a qualidade do jogo educacional será determinada pela reação do aluno em relação ao efeito motivador do jogo, a experiência ao jogar e ao ganho de aprendizagem percebido.

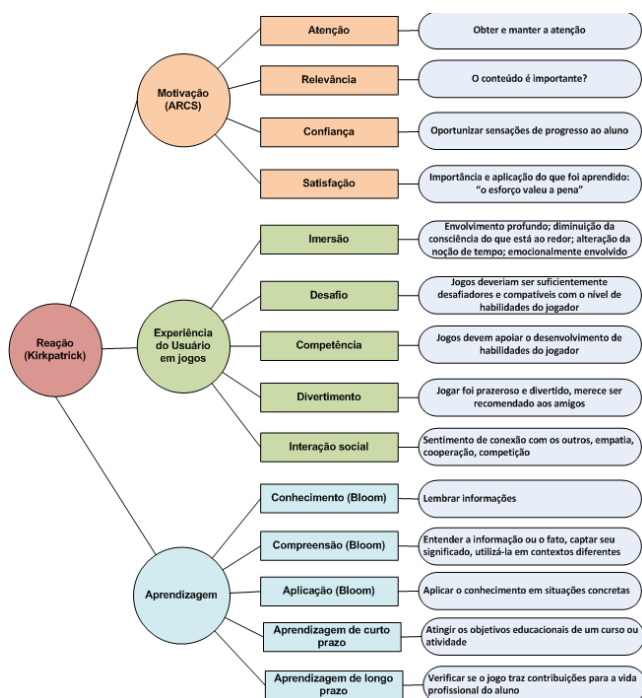


Figura 3- Estrutura do modelo de avaliação de jogos educacionais

Definição da hipótese de pesquisa. A hipótese básica é que o jogo educacional contribui positivamente ao ensino da unidade instrucional, atinge os seus objetivos de aprendizagem, motiva o aluno e promove uma boa experiência do usuário.

Seleção da estratégia de pesquisa. A estratégia de pesquisa é selecionada com base no objetivo da avaliação, que neste caso é avaliar a qualidade de jogos educacionais em termos de motivação, experiência do usuário e aprendizagem. Tipicamente estas avaliações são realizadas por estudos empíricos [38]. Considerando os requisitos levantados, a avaliação é realizada por estudos de caso [39] representando uma investigação em profundidade de um indivíduo, grupo ou evento [40]. Adotando esta estratégia de pesquisa, o objetivo de pesquisa será analisado com base na percepção dos alunos por meio de questionários após a aplicação do jogo. Estudos de caso têm a vantagem de poderem ser realizados dentro do planejamento normal de aulas, tendo como esforço extra somente a aplicação de um questionário após o uso do jogo.

Design de pesquisa. O design de pesquisa delineado foi não experimental com pós-teste (X O) usando um único grupo. O jogo educacional é aplicado em um contexto específico, dentro de uma unidade instrucional. Por exemplo, jogos para a fixação de conceitos são tipicamente aplicados após uma série de aulas teóricas. O estudo de caso começa com a aplicação de tratamento (o jogo educacional), e em seguida um questionário é aplicado para a coleta das informações.

Instrumentação. Para avaliar os jogos a partir da percepção dos alunos é desenvolvido um instrumento de medição com base no método proposto por DeVellis [49], adotando seis passos para o desenvolvimento de escalas de medição:

Determinar claramente o que será medido, com base no objetivo de avaliação já definido.

Gerar um conjunto de itens para a escala (questionário). Os itens precisam estar relacionados a uma variável latente e alinhados com o modelo teórico da escala de medição.

Determinar o formato de resposta para os itens da escala, tais como Likert, Guttman, diferencial semântico, etc.

Revisão dos itens iniciais por especialistas a respeito da clareza e relevância de cada item da escala, inconsistências e incompletude.

Administrar os itens para uma amostra de indivíduos.

Avaliar o desempenho dos itens para que se defina uma versão final da escala.

O processo da definição e avaliação da escala está documentado detalhadamente em [50]. Considerando o foco do presente artigo, estamos apresentando somente os resultados de forma resumida.

A definição dos itens/escala é baseada em itens de estudos semelhantes que foram encontrados na literatura. Assim, a escala foi gerada pela seleção, adaptação e combinação de itens oriundos de outros questionários, considerados aderentes à proposta do presente estudo e ao modelo teórico aqui definido.

A escala é composta por um total de 27 itens fixos (padronizados) divididos em 3 dimensões (ou subescalas), e

uma questão específica sobre os conteúdos abordados que deve ser customizada para cada jogo.

O primeiro sub-componente da escala, que aborda a motivação, teve suas questões definidas a partir de um subconjunto de itens de um instrumento denominado *Instructional Materials Motivational Scale* (IMMS), que foi desenvolvido por Keller [51] para uso com seu modelo ARCS.

Quadro 1 - Itens da escala para avaliação do subcomponente motivação (ARCS)

Nº	Item	Dimensão
1	O design do jogo é atraente.	Atenção
2	Houve algo interessante no início do jogo que capturou minha atenção.	Atenção
3	A variação (forma, conteúdo ou de atividades) ajudou a me manter atento ao jogo.	Atenção
4	O conteúdo do jogo é relevante para os meus interesses	Relevância
5	O funcionamento deste jogo está adequado ao meu jeito de aprender	Relevância
6	O conteúdo do jogo está conectado com outros conhecimentos que eu já possuía.	Relevância
7	Foi fácil entender o jogo e começar a utilizá-lo como material de estudo	Confiança
8	Ao passar pelas etapas do jogo senti confiança de que estava aprendendo.	Confiança
9	Estou satisfeito porque sei que terei oportunidades de utilizar na prática coisas que aprendi com o jogo	Satisfação
10	É por causa do meu esforço pessoal que consigo avançar no jogo	Satisfação

Para o sub-componente de experiência do usuário, os itens vieram de questionários desenvolvidos nos estudos que serviram de base para este trabalho, mas que destinavam-se a avaliar jogos de entretenimento [45][46][47][52]. Percebeu-se uma repetição de vários itens entre esses questionários. Os itens semelhantes foram excluídos, e os restantes foram analisados para inclusão no questionário, sendo que no final 14 itens foram considerados aderentes ao modelo teórico e adequados aos objetivos da escala aqui desenvolvida:

Quadro 2 - Itens da escala para avaliação do sub-componente experiência do usuário (UX)

Nº	Item	Dimensão
11	Temporariamente esqueci as minhas preocupações do dia-a-dia, fiquei totalmente concentrado no jogo.	Imersão
12	Eu não percebi o tempo passar enquanto jogava, quando vi o jogo acabou.	Imersão
13	Me senti mais no ambiente do jogo do que no mundo real, esquecendo do que estava ao meu redor.	Imersão
14	Pude interagir com outras pessoas durante o jogo.	Interação social
15	Me diverti junto com outras pessoas.	Interação social
16	O jogo promove momentos de cooperação e/ou competição entre as pessoas que participam.	Interação social

17	Este jogo é adequadamente desafiador para mim, as tarefas não são muito fáceis nem muito difíceis.	Desafio
18	O jogo evolui num ritmo adequado e não fica monótono – oferece novos obstáculos, situações ou variações de atividades.	Desafio
19	Me diverti com o jogo.	Divertimento
20	Quando interrompido, fiquei desapontado que o jogo tinha acabado.	Divertimento
21	Eu recomendaria este jogo para meus colegas.	Divertimento
22	Consegui atingir os objetivos do jogo por meio das minhas habilidades.	Competência
23	Gostaria de utilizar este jogo novamente	Divertimento
24	Tive sentimentos positivos de eficiência no desenrolar do jogo	Competência

Para o sub-componente de aprendizagem, foi tomado como base o estudo de Sindre e Moody [38] no que se refere às dimensões de aprendizagem de curto termo e de longo termo, e na estratégia de gerar itens customizados aos objetivos educacionais de cada jogo. Nas dimensões de aprendizagem de curto termo e de longo termo, foram incluídos 3 itens que vieram do questionário utilizado no estudo de Sindre e Moody:

Quadro 3 - Itens da escala para avaliação do sub-componente aprendizagem

Nº	Item	Dimensão
25	Quanto você acha que o jogo contribuiu para sua aprendizagem na disciplina?	Aprendizagem de curto termo
26	Quanto eficiente o jogo foi para sua aprendizagem, comparando-o com outras atividades da disciplina?	Aprendizagem de curto termo
27	Você acha que a experiência com o jogo vai contribuir para seu desempenho na vida profissional?	Aprendizagem de longo termo

O formato de resposta para os itens da escala é baseado no tipo Likert de 5 pontos, variando de -2 (discordo fortemente) até 2 (concordo fortemente):

– O Conteúdo do jogo é relevante para meus interesses.

Discordo fortemente	-2	-1	0	+1	+2	Concordo fortemente
---------------------	----	----	---	----	----	---------------------

E em relação aos itens customizados aos objetivos educacionais de cada jogo, Sindre e Moody [38] indicam que seja criado um item para cada objetivo. Esta avaliação dos objetivos educacionais é realizada com suporte teórico da taxonomia de Bloom (nos níveis conhecimento, compreensão e aplicação). O formato desta parte do questionário foi parcialmente inspirado nos trabalhos de Kitchenham et al. [53], Lethbridge [23] e Gresse von Wangenheim e Silva [26] que utilizaram questionários para medir os efeitos das aulas de graduação na formação dos alunos, de acordo com a percepção deles.

No questionário do presente estudo, adotou-se um formato em que lista-se os objetivos educacionais do jogo em uma coluna, e em outras 6 colunas solicita-se para que os alunos indiquem o nível de aprendizagem deles, em relação aos três

primeiros níveis da taxonomia de Bloom, antes e depois de utilizarem o jogo. Um exemplo é apresentado a seguir.

– Atribua uma nota de 1 a 5 para seu nível de conhecimento antes e depois do jogo aos conceitos listados na tabela abaixo (1 – pouco; 5 – muito).

Conceitos	Lembrar o que é		Compreender como funciona		Aplicar na prática	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
Planejamento de um sprint						
Monitoramento de uma sprint						
Reunião de revisão de uma sprint						

Este modelo de avaliação de jogos educacionais foi criado com a intenção de fornecer uma base para possibilitar a avaliação de jogos educacionais de ES de forma mais sistemática e padronizada, além de facilitar a própria avaliação. Ao utilizar este modelo para a avaliação de um determinado jogo educacional, o modelo precisa ser revisado em termos da relevância dos itens e, se for necessário, adaptado ao contexto e/ou tipo de jogo e/ou objetivo de avaliação específico.

2) Planejamento

O planejamento do estudo envolve a definição do contexto em que o estudo será realizado, p.ex. uma disciplina de graduação ou um treinamento profissional. O planejamento também envolve a definição da data e local em que a avaliação acontecerá, a seleção dos participantes e listagem dos materiais necessários (tais como os instrumentos de coleta de dados).

Quadro 4 – Template para planejamento de avaliações

Template para Planejamento da Avaliação		
Nome da instituição:		
Nome da unidade instrucional (curso, treinamento):		
Jogo educacional avaliado:		
Tipo do jogo avaliado: (tabuleiro, digital etc..)		
Parâmetros da avaliação		
Modelo teórico utilizado:		
Método de avaliação utilizado:		
Cronograma da avaliação		
Atividade	Responsável	Data
Envolvidos		
Nome	Função	

3) Operação

Esta fase inicia com a preparação da execução do estudo incluindo, principalmente, a preparação dos alunos participantes (selecionar, passar instruções, etc.), descrição

dos participantes (tamanho da amostra, características, etc.) e preparação de materiais e questionários.

Durante a execução o jogo é aplicado para uma turma e posteriormente o instrumento de medição é distribuído e respondido pelos participantes. É importante registrar como este passo ocorreu e se a execução saiu do planejado, explicando a razão. Os dados coletados devem ser validados, principalmente em termos de completude (verificando se todos os questionários foram coletados, se todos os itens foram respondidos, etc.) e aceitabilidade dos dados, verificando se os participantes responderam os questionários com seriedade.

4) Análise e Interpretação

Esta etapa começa com a preparação dos dados coletados, que devem ser organizados em uma planilha. A análise dos dados é feita da seguinte maneira: (i) gerar tabelas e gráficos das médias para os itens de cada subescala (motivação, experiência do usuário e aprendizagem); (ii) gerar gráficos de frequências para os itens de cada subescala; (iii) realizar teste t de Student para amostras pareadas nos dados referentes aos itens que medem a percepção de aprendizagem dos alunos antes e após a utilização dos jogos educacionais. Gerar uma tabela com os resultados.

A interpretação dos dados está diretamente ligada ao formato de resposta dos itens, que utiliza uma escala que vai de -2 até +2. Quanto mais próximo a média estiver de +2, melhor avaliada foi a característica do jogo. O objetivo desta fase é comparar as médias de todos os itens para identificar os principais pontos positivos e negativos em cada subescala. Desta maneira, consegue-se identificar aspectos que podem ser melhorados em um jogo. Não foi formalmente estabelecido um fator de corte para indicar a partir de qual valor de média um item pode ser considerado bem avaliado. No entanto, considerando a amplitude do formato de resposta, de maneira subjetiva podemos considerar que média superior a +1 indica boa avaliação do item, já que o valor +1 na escala indica concordância com o item.

Gráficos de frequências complementam as informações obtidas com as médias, indicando a homogeneidade ou heterogeneidade das respostas. Quanto maior for a porcentagem de respostas +2 e +1, melhor avaliado foi o item. Neste caso, também é interessante comparar os itens para identificar os pontos fortes e fracos do jogo.

Através dos resultados do teste t de Student para amostras pareadas, pode-se observar se existe diferença média entre a percepção do nível de conhecimento do aluno medida antes e após a realização do jogo. Os itens relacionados a objetivos de aprendizagem que tiveram médias maiores após a aplicação do jogo contribuíram para a aprendizagem (segundo a percepção dos alunos). Exemplos de análise e interpretação deste modelo podem ser encontrados de forma detalhada em [50].

5) Documentação

Neste passo todas as informações referentes ao estudo devem ser documentadas, seguindo, por exemplo, os modelos

de documentação de Wohlin [39] ou Jedlitschka e Ciolkowski [54].

VI. AVALIAÇÃO DO MODELO

No contexto do presente trabalho, o modelo de avaliação proposto foi avaliado em relação a sua aplicabilidade, utilidade, validade e confiabilidade. Uma ênfase foi dada à escala desenvolvida para a coleta de dados, que foi analisada em relação às características desejadas em um instrumento deste tipo, segundo DeVellis [49]. A análise detalhada pode ser encontrada em [50], e a seguir apresentamos brevemente a avaliação e os principais resultados.

A. Definição da Avaliação

Foram estabelecidas duas metas de avaliação:

M1. Analisar a aplicabilidade e utilidade do modelo de avaliação sob o ponto de vista de um autor de jogo educacional de ES.

M2. Analisar a escala utilizada para a coleta de dados em termos de validade e confiabilidade.

Como estratégia de pesquisa foi escolhida a realização de uma série de estudos de casos, aplicando jogos educacionais de ES em disciplinas de ES.

Refinando as metas da avaliação, foi planejada a avaliação dos seguintes itens:

Metas	Itens
M1. Analisar a aplicabilidade e utilidade do modelo de avaliação do ponto de vista de um autor de jogo educacional de ES.	
	1.1 Grau de aplicabilidade do modelo de avaliação
	1.2 Grau de utilidade do modelo de avaliação
	1.3 Pontos fortes
	1.4 Pontos fracos
M2. Analisar a escala utilizada para a coleta de dados em termos de validade e confiabilidade	
	2.1 Intercorrelação dos itens da escala
	2.2 Correlação item-total
	2.3 Variância dos itens
	2.4 Médias dos itens
	2.5 Coeficiente alfa

Dados referentes à meta 1 são coletados por meio de entrevista com o autor do jogo educacional após a realização da avaliação. Os itens referentes à meta 2 são analisados estatisticamente com base nas respostas dos alunos aos questionários de avaliação dos jogos.

B. Execução da Avaliação

O modelo de avaliação de jogos foi avaliado por meio de estudos de caso em disciplinas voltadas para o ensino de gerenciamento de projetos de software em duas turmas do departamento de Informática e Estatística da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC no semestre 2010-2: INE5427 – Planejamento e Gestão de Projetos (30 alunos) e INE5617 – Gerência de Projetos (40 alunos). Em cada disciplina foram avaliados três jogos educacionais:

DELIVER! É um jogo de tabuleiro para exercitar a técnica de valor agregado. Durante o jogo, os jogadores avançam no tabuleiro, simulando a execução de um projeto. Cada jogador lança um dado e multiplica o número obtido por um fator que representa a produtividade de sua equipe. Em cada rodada é necessário pagar um salário semanal para as equipes de projeto. Potenciais fatores de risco podem ocorrer. Em cada marco entre as fases de um projeto, os jogadores têm que monitorar e controlar a execução utilizando a técnica de valor agregado e podem dispensar ou contratar recursos humanos. O vencedor é o jogador que entrega o produto para o cliente primeiro, alcançando o espaço “Entrega” no tabuleiro sem gastar todo o dinheiro da empresa. O objetivo de aprendizagem do jogo é reforçar conceitos e praticar a técnica de valor agregado, contemplando os níveis cognitivos lembrar, compreender e aplicar, de acordo com a versão revisada dos objetivos educacionais da taxonomia de Bloom [55].



Figura 4 - Alunos jogando o DELIVER!

PM Master: é um jogo de tabuleiro com perguntas e respostas sobre gerenciamento de projetos, onde os jogadores respondem alternadamente perguntas de uma categoria sorteada (p.ex., escopo, tempo, custo, RH, etc.). Ganha o jogador que primeiro responder corretamente uma pergunta de cada categoria (Figura 5). O objetivo educacional do jogo é reforçar e fixar conceitos sobre grupos de processo e áreas de conhecimento de gerenciamento de projetos.



Figura 5 - Alunos jogando o PMMaster

SCRUMIA: O objetivo do jogo é planejar e executar um sprint de um projeto hipotético de construção de chapéus, barcos e aviões de papel aplicando SCRUM (Figura 6). No nível cognitivo, o objetivo de aprendizagem da atividade é reforçar os conceitos e ensinar competências necessárias à aplicação de gerenciamento de projetos utilizando SCRUM. O jogo contempla os níveis cognitivos lembrar, compreender e aplicar, de acordo com a versão revisada dos objetivos educacionais da taxonomia de Bloom [55].



Figura 6 - Alunos jogando SCRUMIA

Os jogos educacionais foram aplicados nas disciplinas que, anteriormente, tiveram a apresentação do tema por meio de aulas expositiva e discursivas. No total, essas turmas envolvem 70 alunos, no entanto a presença na aplicação de cada jogo foi de aproximadamente 50% de cada turma. Todos os alunos participantes da pesquisa responderam a um questionário depois de utilizarem o jogo educacional. Um subgrupo de alunos foi entrevistado para verificação dos dados coletados via questionários. A aplicação seguiu a seguinte sequência: aula teórica, apresentação do jogo e regras, execução do jogo, aplicação do questionário, discussão sobre o jogo, entrevista com alguns alunos.

Como os três jogos educacionais foram criados por um único autor, que na execução da avaliação ficou responsável por instanciar e aplicar o modelo de avaliação, foi realizada no final desta série de aplicações uma entrevista com o autor para levantar de forma qualitativa os dados referentes à meta 1 de avaliação.

C. Resultados

Os dados coletados durante a avaliação são analisados em relação às metas de avaliação.

M1. Analisar a aplicabilidade e utilidade do modelo de avaliação do ponto de vista de um autor de jogo educacional de ES.

Com base nos dados coletados, tanto a aplicabilidade e utilidade do modelo de avaliação foram considerados muito bons. Como principais pontos fortes foram citados a facilidade em realizar uma avaliação de jogo na prática, a pequena interrupção no fluxo normal da aula (cerca de 10 a 12 minutos) e a possibilidade da escala padronizada poder comparar sistematicamente designs diferentes do mesmo jogo, ou jogos diferentes, com os mesmos objetivos de aprendizagem. Como ponto fraco foi levantado o questionamento da validade dos dados coletados, principalmente em relação ao subcomponente de aprendizagem por meio da auto-avaliação dos alunos.

Referente à meta M2. Analisar a escala utilizada para a coleta de dados em termos de validade e confiabilidade, foram avaliados os seguintes itens, de acordo com o modelo de desenvolvimento de escalas de DeVellis [49]:

Intercorrelação dos itens da escala: A alta intercorrelação entre itens de uma escala sugere que as medições obtidas com o instrumento estão produzindo resultados verdadeiros [49], pois quando os itens tem alta correlação significa que estão medindo uma mesma escala. Neste estudo, diversos itens da

mesma subescala do modelo de avaliação de jogos educacionais não apresentaram correlação. Isto não é satisfatório para itens que estão medindo uma mesma variável latente.

Correlação item-total: Cada item de uma escala deve ter uma correlação substancial com o conjunto dos outros itens. Os resultados indicaram uma suficiente confiabilidade item-total da escala.

Variância dos itens: A variância na resposta de um item da escala indica que o item está capturando um nível significativo de diversidade entre a população de respondentes [49]. Se todos os indivíduos derem respostas idênticas para um item, a variância é zero e denuncia que o instrumento de medida não está conseguindo distinguir diferentes níveis daquilo que está sendo pesquisado. Neste estudo, houve variância nos itens da escala e o critério foi atendido.

Médias dos itens: Segundo DeVellis [49] eram desejados valores próximos ao centro do intervalo de medida, mas eles se aproximaram da parte superior. Entretanto, a média alta pode apenas estar mostrando que os jogos estão sendo satisfatórios, segundo as avaliações dos alunos.

Coefficiente alfa: O coeficiente alfa de Cronbach [55] é considerado um dos indicadores mais importantes da qualidade de uma escala de medida [49]. Os valores obtidos em todas as subescalas deste estudo demonstram que a confiabilidade do modelo de avaliação é considerada alta.

Dois critérios não foram satisfatoriamente atendidos na análise da escala: a intercorrelação dos itens e a média. DeVellis [49] comenta que quanto maior for a correlação entre itens de uma escala, maior será sua confiabilidade. Não foi possível identificar a razão da baixa correlação em muitos itens, suspeita-se que pode haver falta de clareza ou ambigüidade na redação de alguns itens, ou interferência causada pelo fato dos jogos terem sido avaliados positivamente pela maioria dos alunos, deslocando a média para o pólo positivo. DeVellis [49] comenta que geralmente os itens com médias próximas aos extremos do intervalo de resposta possuem baixa variância, e por variarem num curto intervalo, podem ter baixa correlação com os outros itens da escala. No entanto, na escala desenvolvida no âmbito deste projeto, mesmo com as médias dos itens se aproximando da parte superior da escala, a variância não foi prejudicada. Assim, não é possível tirar conclusões a respeito da baixa correlação, contudo, há uma indicação para a revisão dos itens.

Deve-se destacar que na análise a correlação item-total e a variância dos itens foram satisfatórios. Adicionalmente, o coeficiente alfa das subescalas foram altos e este é considerado um dos principais indicadores de confiabilidade. De acordo com os resultados apresentados nesta análise, seguindo os critérios de DeVellis [49], podemos considerar que a escala desenvolvida para avaliação de jogos educacionais é satisfatória, mas novos estudos podem aperfeiçoá-la e aumentar sua confiabilidade.

Resultados detalhados da avaliação do modelo de avaliação e dos jogos são apresentados em [50].

D. Ameaças a Validade

Devido ao design e execução deste estudo, há algumas ameaças a sua validade.

Por questões práticas, o subcomponente de aprendizagem é avaliado apenas no nível 1 do modelo de quatro níveis de avaliação de Kirkpatrick [42] através de uma auto-avaliação subjetiva dos alunos, que pode não ter capturado o efeito real do jogo na aprendizagem. Adicionalmente, em relação ao objetivo do jogo promover a aplicação de conhecimentos, não é possível medir se os alunos aprenderam a aplicar na prática aquilo que recém estudaram. Para diminuir esta ameaça da validade, o instrumento para medir as variáveis foi parcialmente derivado de outros instrumentos de medição que foram aplicados em outros estudos similares.

Devido às características da avaliação, também há ameaças à validade externa que reduzem a possibilidade de generalizar os resultados deste estudo. Apesar de a avaliação ter sido realizada em duas disciplinas, ambas eram da UFSC e tinham o mesmo professor. Adicionalmente, os três jogos avaliados foram desenvolvidos pelo mesmo autor, que também foi quem aplicou o modelo de avaliação.

Este estudo nos forneceu os primeiros resultados, mas por causa de suas características, ainda não podem ser generalizados.

VII. CONCLUSÃO

Atualmente muitos jogos educacionais são avaliados apenas por meio de pequenos pilotos de testes ou descrições muito subjetivas, que não possibilitam levantar informações mais detalhadas sobre os benefícios destes objetos de aprendizagem ou oportunidades de melhorias.

Este trabalho apresentou o desenvolvimento de um modelo de avaliação de jogos educacionais e uma primeira análise de sua aplicabilidade, utilidade e confiabilidade. Os primeiros resultados indicaram que o modelo pode ser utilizado para avaliar aspectos de motivação, experiência do usuário e aprendizagem em jogos utilizados para o ensino e aprendizagem de engenharia de software. O modelo foi considerado de fácil utilização, demanda pouca interrupção das aulas e o instrumento de medição utilizado para a coleta de dados apresentou desempenho satisfatório em uma análise estatística de validação.

Apesar desta primeira avaliação ter demonstrado que o modelo tem potencial para avaliar jogos educacionais, futuros estudos devem ser feitos com outros tipos de jogos, criados por diferentes desenvolvedores e testados com um público variado de alunos.

Foi considerado ponto fraco o fato do modelo medir a aprendizagem promovida pelos jogos através da auto-avaliação dos alunos (Kirkpatrick nível 1). Esta característica é necessária para atender aos requisitos estabelecidos para o modelo, principalmente simplicidade e rapidez de uso. Visando atender as necessidades de avaliadores que queiram

uma avaliação da aprendizagem mais rigorosa, estudos futuros podem ampliar o modelo de avaliação com um módulo baseado no nível 2 de Kirkpatrick, que tem o propósito específico de avaliar o incremento de conhecimentos ou capacidades dos alunos. Entretanto, isto implicará em maior disponibilidade de tempo e conhecimentos do avaliador.

Este modelo apresentado no presente artigo pode ser considerado um primeiro passo no desenvolvimento de um modelo padronizado de avaliação para jogos educacionais, e assim contribuir para o desenvolvimento e qualidade destes jogos, trazendo novas possibilidades para as aulas de ES. Interessados em utilizar o modelo podem entrar em contato com os autores para obterem instruções, questionários e planilha de apoio para a análise de dados.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos alunos das disciplinas INE5617 e INE5427 do semestre 2010-2 pela participação na pesquisa, e à Professora Dra. Silvia Modesto Nassar pelo auxílio na análise estatística dos dados.

REFERÊNCIAS

- [1] R. Santos, P. Santos, C.M.L. Werner e G. Travassos, "Utilizando Experimentação para Apoiar a Pesquisa em Educação em Engenharia de Software no Brasil," *Proceedings of the 1 Fórum de Educação em Engenharia de Software*, Campinas, 2008.
- [2] K. Shaw e J. Dermoudy, "J. Engendering an Empathy for Software Engineering," *Proceedings of the Seventh Australasian Computing Education Conference (ACE2005)*, Newcastle, Australia, 2005, pp. 135-144.
- [3] W. Chen, W. Wu, T. Wang e C. SU, "A Game-based Learning System for Software Engineering Education," *Proceedings of the 38th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*. Saratoga Springs: New York, 2008.
- [4] M. Prensky, *Digital Game-Based Learning*, Paragon House Publishers, 2001.
- [5] D. Pfahl, G. Ruhe, e N. Koval, "An Experiment for Evaluating the Effectiveness of Using a System Dynamics Simulation Model in Software Project Management Education," *Proceedings of the 7th International Symposium on Software Metrics*, IEEE Computer Society, 2001, p. 97.
- [6] D. Carrington, A. Baker, e A. van der Hoek, "Its All in the Game: Teaching Software Process Concepts," *Frontiers in Education*, 2005. FIE '05. Proceedings 35th Annual Conference, 2005, p. F4G.
- [7] A. Dantas, M.O. Barros e C.M.L. Werner, "A Simulation-Based Game for Project Management Experiential Learning," *Proceedings of the Sixteenth International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering*, 2004, Alberta. Proceedings.... Skokie: Knowledge Systems Institute Graduate School, 2004. v. 1. p. 19-24.
- [8] L. Buglione, "Project-o-poly. Giocare per Apprendere. Il gioco come opportunità nelle Learning Organizations," *Persone & Conoscenza*, n.26/27, jan-fev, 2007, p.43-47.
- [9] A. Baker, E.O. Navarro, e A.V.D. Hoek, "An experimental card game for teaching software engineering processes," *J. Syst. Softw.*, vol. 75, 2003, pp. 3-16.
- [10] A. Drappa e J. Ludewig, "Simulation in software engineering training," *Proceedings of the 22nd international conference on Software engineering*, Limerick, Ireland: ACM, 2000, pp. 199-208.
- [11] H. Sharp e P. Hall, "An interactive multimedia software house simulation for postgraduate software engineers," *Proceedings of the 22nd international conference on Software engineering*, Limerick, Ireland: ACM, 2000, pp. 688-691.
- [12] C. Gresse Von Wangenheim, M. Thiry, e D. Kochanski, "Empirical evaluation of an educational game on software measurement," *Empirical Software Engineering*, vol. 14, Ago. 2009, pp. 418-452.

- [13] E. Navarro e A. van der Hoek, "Comprehensive Evaluation of an Educational Software Engineering Simulation Environment," *Software Engineering Education & Training*, 2007. CSEET '07. 20th Conference on, 2007, pp. 195-202.
- [14] R. Garriss, R. Ahlers, e J.E. Driskell, "Games, Motivation, and Learning: A Research and Practice Model," *Simulation Gaming*, vol. 33, Dez. 2002, pp. 441-467.
- [15] G.K. Akilli, "Games and Simulations: A new approach in education," In: D. Gibson, C. Aldrich e M. Prensky, "Games and simulations in online learning: research and development frameworks," *Information Science Publishing*, Hershey/PA, 2007, p. 1-20.
- [16] T.M. Connolly, M. Stansfield, e T. Hainey, "An application of games-based learning within software engineering," *British Journal of Educational Technology*, vol. 38, Maio. 2007, pp. 416-428.
- [17] C. Gresse Von Wangenheim e F. Shull, "To Game or Not to Game?," *Software, IEEE*, v. 26, n. 2, 2009, p. 92-94.
- [18] IEEE, IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology/IEEE Std 610.12-1990, Institute of Electrical & Electronics Engineer, 1991.
- [19] C. Gresse Von Wangenheim, D. Kochanski e R. Savi, "Revisão Sistemática sobre Avaliação de Jogos Voltados para Aprendizagem de Engenharia de Software no Brasil," *Proceedings of the FEES - Fórum de Educação em Engenharia de Software*, Fortaleza, 2009.
- [20] R.T. Hays, "The Effectiveness of Instructional Games: A Literature Review and Discussion," *Naval Air Warfare Center Training System Division*, Orlando, 2005.
- [21] J. Kirriemuir e A. McFarlane. "Literature Review in Games and Learning", Bristol: Futurelab, 2004, 39 p. Disponível: http://www.futurelab.org.uk/resources/publications_reports_articles/literature_reviews/Literature_Review378
- [22] S.D. Freitas e M. Oliver, "How can exploratory learning with games and simulations within the curriculum be most effectively evaluated?," *Comput. Educ.*, vol. 46, 2006, pp. 249-264.
- [23] T. Lethbridge, "What knowledge is important to a software professional?," *Computer*, vol. 33, 2000, pp. 44-50.
- [24] D. Pfahl et al, "An Externally Replicated Experiment for Evaluating the Learning Effectiveness of Using Simulations in Software Project Management Education". *Empirical Software Engineering*, v. 8, n. 4, 2003, p. 367-395.
- [25] ACM, IEEE. "Software Engineering 2004. Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Software Engineering," 2004.
- [26] C. Gresse Von Wangenheim e D.A. Silva, "Qual Conhecimento de Engenharia de Software é Importante para um Profissional de Software?," *Proceedings of the Fórum de Educação em Engenharia de Software*, 2, Fortaleza, 2009, p. 1 - 8, Disponível: <http://fees.inf.puc-rio.br/FEESArtigos/FEES09/>
- [27] M.C. Grillo, "Práticas docentes e referenciais norteadores," *Caderno Marista de Educação*, Porto Alegre, v. 2, n. 2, 2002, p. 41-52.
- [28] ACM; IEEE. "Computing Curricula 2008: An Interim Revision of CS 2001," 2008.
- [29] E.O. Navarro, A. Baker, e A. Van Der Hoek, "Teaching Software Engineering Using Simulation Games," *International Conference on Simulation in Education (ICSIE)*, California, 2004.
- [30] R. Savi e V.R. Ulbricht, "Jogos Digitais Educacionais: Benefícios e Desafios," *Revista Novas Tecnologias na Educação - Renote*, v. 6, 2008, p. 1-10.
- [31] D.R. Clark. *Types of Evaluations in Instructional Design*. [Online]. Disponível: http://www.sos.net/~donclark/hrd/isd/types_of_evaluations.html, 2004.
- [32] A. Filatro, *Design Instrucional na Prática*, Pearson Education do Brasil, 2008, 173 p. INTULOGY. *The ADDIE Instructional Design Model*. [Online]. Disponível: <http://www.intulogy.com/addie/>
- [33] INTULOGY. *The ADDIE Instructional Design Model*. [Online]. Disponível: <http://www.intulogy.com/addie/>
- [34] J. Montilva, J. Barrios e B. Sandia, "A Method Engineering Approach to Evaluate Instructional Products," *Proceedings of the XXVIII Conferencia Latinoamericana de Informática - CLEI'2002*, Montevideu, Uruguai, nov, 2002.
- [35] C. Padrón, P. Díaz, e I. Aedo, "Towards an Effective Evaluation Framework for IMS LD-Based Didactic Materials: Criteria and Measures," *Human-Computer Interaction. HCI Applications and Services*, 2007, pp. 312-321.
- [36] G.R. Morrison, S.M. Ross, e J.E. Kemp, *Designing Effective Instruction*, 4th Edition, Wiley, 2003.
- [37] H.P. Romiszowski, "Avaliação no Design Instrucional e Qualidade da Educação a Distância: qual a relação?," *Revista Brasileira de Aprendizagem Aberta e a Distância*, v. 03, 2004.
- [38] G. Sindre e D. Moody, "Evaluating the Effectiveness of Learning Interventions: An Information Systems Case Study," *ECIS 2003 Proceedings*, Jan. 2003.
- [39] C. Wohlin et al, *Experimentation in Software Engineering: An Introduction*, 1st . Springer, 2000, 204 p.
- [40] R.K. Yin, *Estudo de caso - Planejamento e Métodos*, Bookman, 2005.
- [41] V.R. Basili, G. Caldiera, H.D. Rombach. Goal/Question/Metric Approach. In John J.Marciniak (ed.), *Encyclopedia of Software Engineering*, vol.1. John Wiley&Sons, 1994.
- [42] D.L. Kirkpatrick, *Evaluating Training Programs - The Four Levels*, Berrett-Koehler Publishers, Inc. 1994.
- [43] J.M. Keller, "Development and use of the ARCS model of motivational design," *Journal of Instructional Development*, v. 10, n. 3, 1987, p. 2-10.
- [44] T. Tullis e W. Albert, *Measuring the User Experience: Collecting, Analyzing, and Presenting Usability Metrics*, Morgan Kaufmann, 2008.
- [45] P. Sweetser e P. Wyeth, "GameFlow: a model for evaluating player enjoyment in games," *Comput. Entertain.*, vol. 3, 2005, pp. 3-3.
- [46] K. Poels, Y.D. Kort, e W. Ijsselstein, "'It is always a lot of fun!': exploring dimensions of digital game experience using focus group methodology," *Proceedings of the 2007 conference on Future Play*, Toronto, Canada: ACM, 2007, pp. 83-89.
- [47] E.H.C. Gámez, "On the Core Elements of the Experience of Playing Video Games", Tese de doutorado - UCL Interaction Centre Department of Computer Science, 208 f, 2009.
- [48] J. Takatalo, J. Häkkinen, J. Kaistinen e G. Nyman, "Presence, Involvement, and Flow in Digital Games," In: R. Bernhaupt, *Evaluating User Experience in Games: Concepts and Methods*. Springer, 2010, p. 23-46.
- [49] D.R.F. DeVellis, *Scale Development: Theory and Applications*, Second Edition, Sage Publications, Inc, 2003.
- [50] R.Savi, C.G.Wangenheim e A. F. Borgatto. *Análise de um modelo de avaliação de jogos educacionais*. [Online]. Disponível: <https://sites.google.com/site/savisites/avaliacao-de-jogos-educacionais>, 2011
- [51] J.M. Keller, *Motivational Design for Learning and Performance: The ARCS Model Approach*, Springer, 2009.
- [52] C. Jennett, A.L. Cox, P. Cairns, S. Dhoparee, A. Epps, T. Tijs, e A. Walton, "Measuring and defining the experience of immersion in games," *Int. J. Hum.-Comput. Stud.*, vol. 66, 2008, pp. 641-661.
- [53] B. Kitchenham, D. Budgen, P. Brereton, e P. Woodall, "An investigation of software engineering curricula," *Journal of Systems and Software*, vol. 74, Fev. 2005, pp. 325-335.
- [54] A. Jedlitschka e M. Ciolkowski. Reporting Experiments in Software Engineering. ISERN-06-01, ISERN, Kaiserslautern, 2001.
- [55] L.W. Anderson e D.R. Krathwohl, *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: a revision of bloom's taxonomy of educational objectives*. Longman, NewYork. 2001.
- [56] L.J. Cronbach, "Coefficient alpha and the internal structure of tests," *Psychometrika*, vol. 16, 1951, pp. 297-334.