

Validação do ACD GAME 3D utilizando modelo de aceitação de tecnologia (TAM)

Rafael Buback Teixeira, Luiz Henrique Lima Faria, Jonas Paluci Barbosa, Fábio Firme da Costa

Grupo de Estudo em Manufatura Digital (GEMAD)
Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) – Campus Cariacica
Cariacica, Espírito Santo, Brasil

rafael.teixeira@ifes.edu.br, luizlima@ifes.edu.br, jpalucibarbosa@hotmail.com, fabiofirme@outlook.com

Resumo - Na disciplina de simulação de eventos discretos, o estudante aprende que a compreensão conceitual de um sistema a ser simulado é imprescindível para o sucesso de um projeto de simulação. Como um dos passos iniciais, o entendimento dos elementos de simulação e de suas relações, pela mecânica de simulação, permite melhor absorção dos conceitos abstratos relacionados à modelagem de simulação e facilita essa compreensão. O Método das Três Fases, com representação baseada no Activity Cycle Diagram (ACD), consiste numa mecânica de Simulação de Eventos Discretos de fácil assimilação. Assim sendo, esta pesquisa apresenta, como objeto de estudo, o ACD GAME 3D, um jogo sério digital que explora aspectos cognitivos do aprendizado de Simulação de Eventos Discretos, com base no Método das Três Fases, em formato de tabuleiro virtual. Para aferir quanto à validade do jogo no âmbito de sua utilização, esta pesquisa tem por objetivo validar o ACD GAME 3D com o Technology Acceptance Model (TAM). A pesquisa demonstrou que os estudantes testados apresentaram considerável intenção de uso do jogo, sendo analisado o comportamento na utilização, algo explicado, principalmente, pela Utilidade Percebida. Dessa forma, o jogo é útil para a potencialização dos estudos de acordo com os resultados encontrados. Ademais, o estudo demonstrou as potencialidades no desenvolvimento de jogos sérios para a alavancagem do processo ensino-aprendizagem.

Palavras-chave: jogo sério, simulação de eventos discretos, aceitação de tecnologia

I. INTRODUÇÃO

A aprendizagem mediada por jogos digitais não é fenômeno inédito. Os jogos sérios digitais são jogos produzidos para fins educacionais que utilizam elementos do entretenimento digital de videogames para sua construção.

No ensino de Simulação de Eventos Discretos, diversos conhecimentos podem ser desenvolvidos, desde a simples noção dos elementos que envolvem a mecânica, como também, as decisões envolvidas na condução da simulação.

O método mais didático para que o estudante reproduza uma simulação, por meios manuais, é o método das três fases, cuja representação é baseada no Activity Cycle Diagram (ACD) para a sua condução. Nesse contexto, a presente pesquisa tem por objetivo validar um jogo sério digital para ensino em Simulação de Eventos Discretos com base no Método das Três Fases.

O objeto em estudo dessa pesquisa, ACD GAME 3D, *exercise-based*, requerendo do jogador a correta utilização da técnica descrita no método das três fases para simulação manual baseada em eventos discretos. O jogo foi

desenvolvido utilizando a ferramenta *Unity*®, com base no conceito de tabuleiros virtuais, numa interface amigável que busca utilizar elementos lúdicos e enredo capaz de trazer aumento de relevância e intenção na utilização pelo jogador.

É importante sempre considerar um jogo sério como um sistema com entradas, regras e saídas, sendo imprescindível um método robusto e consistente para a correta aferição de sua validade enquanto ferramenta de ensino.

Assim sendo, para a validação do jogo foi utilizado o modelo TAM, que analisou a compreensão da aceitação de tecnologia com base na intenção de comportamento da utilização de jogos, levando em consideração fatores psicossociais que influenciam esse comportamento.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção é apresentado um referencial teórico acerca de Aceitação de Tecnologia, Jogos Sérios e Simulação de Eventos Discretos, de modo a fundamentar o objeto de estudo, bem como o método de validação utilizado para as análises e conclusões.

A. Aceitação de Tecnologia

A pesquisa sobre a aceitação e uso de tecnologia pelos indivíduos, no contexto das organizações, teve seu início nos últimos anos da década de 1980. Nesse período, as organizações iniciavam o processo que as acompanha até os dias atuais, de realizar investimentos de grande monta em tecnologia da informação. Nos anos de 1980, já havia pesquisa que relacionava o investimento em tecnologia da informação e a melhoria do desempenho empresarial[1]. O que ainda carecia de melhor compreensão, à época, era o que determinava a aceitação e o uso da tecnologia por parte dos indivíduos, visto que somente a integração dos indivíduos e a tecnologia, haveria a possibilidade que essa última apresentasse os melhores resultados.

O modelo seminal que examinou a aceitação de novas tecnologias no contexto organizacional foi apresentado por Davis [2] e foi denominado *Technology Acceptance Model* (TAM). Utilizava como fundamento teórico os estudos de Fishbein e Ajzen[3][4], nos quais foi desenvolvida a Theory of Planned Behavior (TPB) os estudos de Ajzen[5][6] no qual se elaborou a *Theory of Reasoned Action* (TRA). A publicação de TAM iniciou um grande movimento de pesquisas e o desenvolvimento de novos modelos que analisavam os diversos aspectos da aceitação e uso de novas tecnologias.

Para o melhor entendimento da concepção dos modelos TAM, é fundamental o conhecimento dos modelos que,

academicamente, fundamentaram a elaboração de seus constructos e inter-relações entre variáveis. Na Teoria da Ação Racionalizada (TRA - *Theory of Reasoned Action*)[3][4], a intenção de adoção de determinado comportamento é variável explanatória para a própria adoção desse comportamento, sendo concomitantemente variável dependente da Norma Subjetiva e da Atitude em Relação ao Comportamento, como poder ser visto na Figura 1.

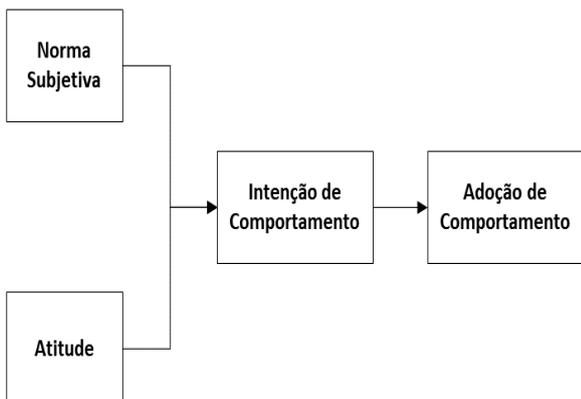


Figura 1 - Modelo de Aceitação de Tecnologia (adaptado [3])

De acordo com esse modelo teórico, os constructos Norma Subjetiva e Atitude influenciam a intenção de um determinado comportamento que, por sua vez, influencia na adoção desse comportamento. O construto Norma Subjetiva é especificado pela percepção do indivíduo em relação ao que as pessoas importantes para ele pensam que deveria ou não ser feito. Já o construto Atitude em Relação ao Comportamento representa os sentimentos positivos ou negativos de um indivíduo em relação ao comportamento analisado.

O Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM - *Technology Acceptance Model*), desenvolvido por Davis[2], foi criado para prever a aceitação de novas tecnologias no contexto laboral, tendo como fundamento a Teoria da Ação Racionalizada. Como pode ser visto na Figura 2, são constructos inovadores: a Utilidade Percebida e a Facilidade de Uso.

O constructo utilidade percebida possui algumas definições que se completam. É uma vantagem relativa que representa o grau de melhoria, percebido pelo usuário, da utilização da nova tecnologia em relação à antiga[7]. Pode ser compreendido como a probabilidade subjetiva e prospectiva que a adoção da nova tecnologia melhorará a performance individual no trabalho[8]. Portanto, a Utilidade Percebida é referida à vantagem percebida, individualmente, obtida pela utilização da nova tecnologia em relação à anteriormente utilizada. No constructo Facilidade de Uso Percebida, é tratado se a percepção individual de quanto a adoção da nova tecnologia será livre de esforço. O Modelo de Aceitação de Tecnologia foi criado especificamente para a análise de aceitação de novas tecnologias no contexto organizacional, sendo destacado, por tanto, algumas publicações para esse tipo de pesquisa [9][10][11].

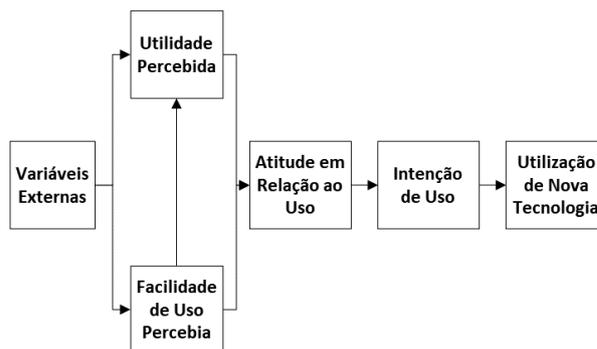


Figura 2 - Modelo de Aceitação de Tecnologia (adaptado [2])

B. Jogos Sérios

A aprendizagem com base em jogos digitais não é um conceito inédito na literatura, sendo definida na literatura pelo termo *Digital game-based learning* (DGBL), que inclui tanto a utilização de jogos tradicionais, utilizados dentro de um contexto educacional, quanto a utilização de jogos sérios[12].

Os jogos sérios são definidos como aqueles produzidos com um objetivo diferente do entretenimento, sendo utilizados em diversas áreas para aprimorar as habilidades e conhecimentos desejados, dado os objetivos que motivaram o seu desenvolvimento[13][14].

A utilização de jogos promove um papel mais ativo por parte do estudante no processo de sua própria aprendizagem, em relação às metodologias tradicionais de ensino. Este ponto é devido à questão motivacional intrínseca aos seus elementos, tais como as pontuações, ou recompensa, que incentivam o seu usuário a buscar novas estratégias e um maior conhecimento em prol do seu desempenho no jogo[15][16].

Existem diversas formas de classificação dos jogos sérios, sejam em função de seus elementos, funcionalidades ou objetivos específicos. A taxonomia proposta por Deshpande e Huang[15] classifica estes jogos em:

- *Drill-based*: são jogos diretos que permitem ao usuário observar um fenômeno ou processo em particular;
- *Exercise-based*: jogos baseados em exercícios que requerem do usuário o uso da técnica correta para resolver o problema;
- *Problem-based*: jogos que permitem aos usuários tentarem diversas abordagens para resolver um dado problema, de acordo com as suas premissas;
- *Mini-case*: são jogos que exigem do usuário o reconhecimento da necessidade ou oportunidade apropriada para chegar a uma solução do caso em questão.

C. Simulação de Eventos Discretos

Simulação pode ser definida como uma imitação de um processo ou sistema ao longo do tempo. Tal termo engloba tanto as simulações computacionais, que necessitam de um computador para a sua execução, quanto às simulações não computacionais, que podem ser realizadas por meio de outras ferramentas[17].

Dentre as classes de simulação existentes, é destacada a Simulação de Eventos Discretos, que consiste na modelagem de sistemas cujo estado varia ao longo de períodos discretos[18]. Para a execução das simulações é necessária a confecção de modelos de simulação, representações abstratas e simplificadas do sistema real, tendo em vista a inviabilidade do trabalho em uma representação global e real do sistema[17].

O desenvolvimento de modelos de simulação é composto de três macro-etapas[17]: i) concepção ou formulação do modelo; ii) Implementação do modelo; iii) Análise dos resultados do modelo.

O desenvolvimento do modelo conceitual é uma das etapas mais complexas e relevantes em um projeto de simulação[19][20][21]. Dentre as ferramentas existentes para representar o modelo conceitual, é destacado, na seção a seguir, o *Activity Cycle Diagram* (ACD), considerado uma das técnicas de representação de modelos mais didática para um entendimento do sistema e para uma aplicação prática[17].

O ACD é uma técnica utilizada na modelagem conceitual que permite expor as relações existentes entre entidades de um mesmo sistema, representando tanto as suas atividades quanto as esperas (filas). Para obter um ACD completo, são elaborados ciclos de atividade individuais para cada entidade, e posteriormente é realizada a junção dos ciclos em um ciclo completo do sistema dentro do escopo estudado.

Como explanado por Chwif e Medina[17], as atividades relacionadas às entidades são representadas no ACD na forma de um retângulo, enquanto as esperas são representadas por círculos. Para identificar o caminho das atividades são utilizadas setas. Na, é apresentado um ACD Figura 3, completo para um sistema simples, exemplificando a notação.



Figura 3 – Exemplo de um diagrama ACD [17]

Uma vantagem inerente ao ACD é a possibilidade de execução de simulações manuais, auxiliando na validação do modelo conceitual. Dentre os métodos utilizados para simulação manual, é destacado o Método das Três Fases. Enquanto o ACD representa o fluxo de estado das entidades e recursos, o Método das Três Fases é baseado nos eventos que resultam nas mudanças de [22].

O Método das Três Fases é representado [17] conforme a Figura 4. A simulação manual pelo método em questão procede de acordo com as seguintes fases [23]:

- Fase A: verificam-se os tempos de término de todas as atividades em progresso e avança o relógio de simulação até o instante da atividade que terminar primeiro;
- Fase B: para as atividades que tiverem terminado, movem-se as entidades até suas devidas filas;
- Fase C: procuram-se as atividades (que devem estar numeradas) segundo a ordem de numeração,

iniciando qualquer atividade que possa começar e movendo as entidades apropriadas das filas para as atividades. Deve-se calcular quando esta atividade irá terminar e anotar esse tempo.

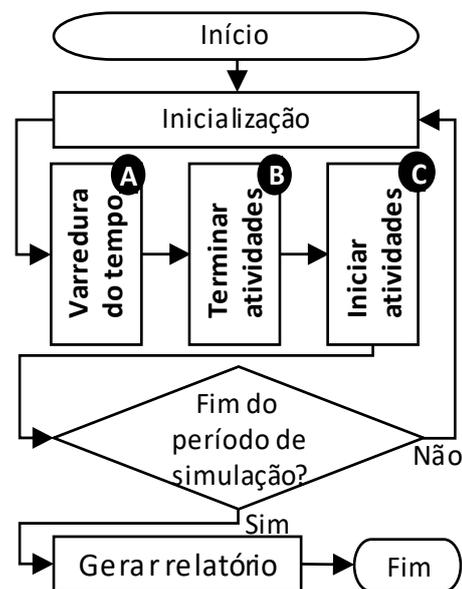


Figura 4 – Método das Três Fases (adaptado [17])

III. MODELO TEÓRICO

O presente artigo segue uma linha de pesquisa dedicada ao desenvolvimento de jogos sérios digitais e análise de comportamento individual da aceitação e uso de tecnologias de jogos sérios. Os constructos aqui pesquisados fazem parte do modelo TAM [2], conforme apresentados na Tabela IFD, sendo os seguintes: UP – Utilidade Percebida, VE – Variáveis Externas, FUP – Facilidade de Uso Percebida e IC – Intenção de Comportamento.

TABELA I. CONSTRUCTOS SOB ANÁLISE NO ESTUDO (ADAPTADO[2])

| Constructos | Descrição |
|--------------------------------|---|
| Utilidade Percebida (UP) | Mede o quanto uma pessoa acredita que utilizar um determinado sistema irá melhorar sua performance em relação à tecnologia anteriormente utilizada. Exemplo: “Aprendo com mais qualidade por meio do ACD GAME 3D do que utilizando outros meios.” |
| Variáveis Externas (VE) | Mede influências externas à utilização do jogo. Relevância para o aprendizado, nesse caso específico. Exemplo: “Considero o ACD GAME 3D uma ferramenta relevante ao aprendizado.” |
| Facilidade Uso Percebida (FUP) | Mede o quanto uma pessoa acredita que utilizar um determinado sistema não envolverá esforço. Exemplo: “Não é complicado utilizar o ACD GAME 3D”. |
| Intenção de Comportamento (IC) | Mede o quanto de esforço deve ser utilizado ordenadamente para um comportamento. Exemplo: “Prefiro aprender com o ACD GAME 3D do que com aula tradicional.” |

Tomando como base as variáveis descritas, tendo como fundamento os constructos do modelo TAM, a Figura 5 ilustra o modelo de equações estrutural.

Esta seção apresenta o desenho do estudo contendo: os participantes, seus instrumentos e procedimentos, bem como o tratamento dos dados.

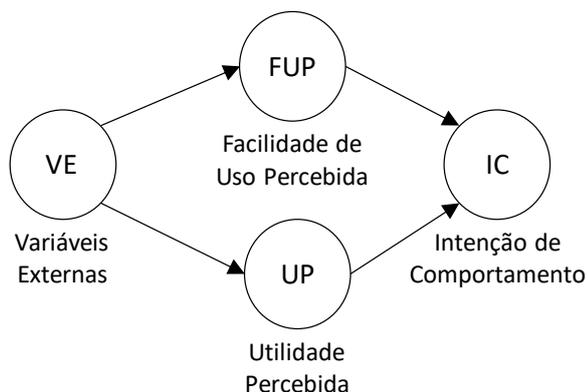


Figura 5 – Equação Estrutural em Análise

A pesquisa assemelha-se à experimental, uma vez que constitui uma investigação sistemática e empírica. O pesquisador não tem controle direto sobre as variáveis independentes, porque já ocorreram suas manifestações após a aplicação do jogo. Assim sendo, inferências são realizadas sobre as variáveis sem observação direta, a partir de indicadores de variação concomitante entre variáveis independentes e dependentes.

A. Participantes

A população analisada foi de estudantes do curso de ensino médio integrado ao técnico em Portos e curso concomitante de técnico em Logística, do Instituto Federal do Espírito Santo, campus Cariacica, que participaram dos testes do jogo ACD GAME 3D no laboratório de informática, sob a orientação do professor e tutores. Os dados foram colhidos por conveniência em cinco turmas, resultando numa técnica de amostragem não probabilística, limitando, portanto, a generalização dos resultados da pesquisa[25]. A amostra foi composta por 80 respondentes, sendo todos os questionários aproveitados.

B. Instrumentos e Procedimentos

O presente estudo foi desenvolvido baseado em dados colhidos por *survey*, disponibilizada para resposta logo após a aplicação do jogo ACD GAME 3D no laboratório em horário de aula dos estudantes afetados. Essa *survey* foi criada com base nos constructos do método TAM[2]. O instrumento de coleta de dados é composto por dezesseis afirmativas que devem ser respondidas dentro de uma escala *Likert* de 1 a 7, variando entre os extremos concordo totalmente discordo totalmente.

C. Tratamento de Dados

Para alcance do objetivo da presente pesquisa foi utilizado o método estatístico denominado modelagem de equações estruturais (*Structural Equation Modeling – SEM*), visto a necessidade de promover uma análise de um modelo de relações lineares entre variáveis.

Tendo como premissa a normalidade dos dados, foi utilizado o approach *Partial Least Squares Structural Equation Modeling* (PLS-SEM), com o apoio do aplicativo Smart-PLS.

IV. ACD GAME 3D

A. Modelagem Conceitual

O modelo conceitual do jogo ACD GAME 3D foi elaborado conforme proposto Zee, Holkenborg e Robinson[24]. O método consiste no entendimento do ambiente de aprendizagem, determinação dos objetivos de modelagem e gerais, identificação das saídas e entradas do modelo, e definição do nível de escopo e de detalhe.

1) Contexto do Ambiente de Aprendizagem

O jogo sério desenvolvido tem como principal objetivo desenvolver os aspectos cognitivos do estudante referentes ao entendimento sobre conteúdo específico em Simulação de Eventos Discretos. A compreensão dos elementos e a mecânica no que diz respeito à simulação permite uma melhor compreensão sistêmica relacionada a diversas situações, em especial em processos logísticos e de produção.

É fundamental em diversos cursos tecnológicos relacionados à empresa, produção e logística a melhoria do pensamento cognitivo relacionado às causas e efeitos desses sistemas e de seus elementos, no que diz respeito às atividades e esperas. A espera pode ser considerada como uma consequência das limitações de capacidade dos sistemas.

Assim sendo, é importante uma tecnologia que permita o estudante, desde o nível de ensino médio, um primeiro entendimento dos elementos e suas relações quanto à mecânica de simulação, bem como os resultados oriundos da execução dessa mecânica no entendimento do sistema real ao qual o sistema simulado é experimentado.

O método que representa a mecânica de simulação utilizado para esse entendimento inicial é o Método das Três Fases que se baseia na representação *Activity Cycle Diagram* (ACD), sendo os eventos da simulação baseados em atividades.

2) Determinação dos objetivos gerais do jogo

O jogo sério ACD GAME 3D tem como principal objetivo desenvolver aspectos cognitivos do estudante referentes ao entendimento sobre conteúdo inicial e específico em Simulação de Eventos Discretos.

O jogo estimula habilidades na memorização e compreensão de teorias e fatos específicos de simulação, capacidades de identificação de elementos, relacionamento de informações, habilidades de coordenação e habilidades de tomada de decisão em simulação manual.

3) Identificação das saídas do modelo

O jogo apresenta como saída, indicadores que mostram as conquistas durante a execução do jogo e o desempenho do jogador: i) indicadores de conquistas durante o jogo; ii) indicadores de conquistas durante as decisões; iii) indicadores de pontuação e; iv) indicadores de desempenho e acurácia na mecânica da simulação.

Outros indicadores também são informações úteis e adicionais para um maior entendimento de simulação, tal como indicadores de atividades e de filas, tais como utilização de entidades, tempo médio em fila, dentre outros.

4) *Identificação das entradas do modelo*

O jogo apresenta como entrada elementos típicos de Simulação de Eventos Discretos: i) entidades, atividades e esperas; ii) identificação dos elementos e suas características; iii) características do ambiente que está sendo simulado na fase; iv) inter-relação entre os componentes (atividades e esperas) e sua relação com as entidades; v) entendimento do fluxo interativo do sistema e; vi) percepção das entradas referentes à tomada de decisão do jogador.

5) *Escopo e Nível de Detalhe*

O escopo descreve como os componentes do sistema do jogo são representados e suas funções. Em cada fase do jogo é representado um sistema com elementos: atividades, esperas e entidades. Esses elementos no jogo apresentam inter-relações que dependem do problema em relação ao ambiente específico que está sendo estudado na fase.

A estrutura da mecânica da fase é definida pelo Método das Três Fases. O jogador é responsável pela execução de todas as fases e ações do jogo, não havendo nenhuma ação automática, a não ser o cálculo do tempo de atividade que é aleatório. Assim sendo, podemos classificar o ACD GAME 3D como *exercise-based*, baseado em exercícios, que requerem o uso da técnica correta para resolver o problema. O jogo é representado por um tabuleiro digital 3D, com peças que representam as entidades e áreas que representam as atividades e esperas.

B. *Aspectos de implementação*

O jogo ACD GAME 3D, objeto de estudo, foi implementado em engrenagem Unity 3D®. Os principais elementos de tela do jogo são: i) tabuleiro e suas peças; ii) barra de energia do ciclo; iii) multiplicador de combo; iv) pontuação geral da fase; v) relógio da simulação; vi) fase atual do jogo com botão de validação; vii) barra de status com o último erro cometido e; viii) janela com informações dos elementos do jogo.

Na Figura 6 é apresentada a tela de uma das fases iniciais do jogo: o tabuleiro “Bar Fechado”. Nessa fase, há duas atividades (encher e beber) a serem executadas por três entidades (garçon, cliente e copo).

Todas as informações do jogo são conectadas, permitindo a navegação entre os elementos do jogo por meio do botão de navegação (representado por uma lupa).



Figura 6 – Tabuleiro Virtual “Bar Fechado”

A jogabilidade é realizada por movimentos de arrastar e soltar, bem de selecionar. Esse modo foi definido para permitir a imersão do jogador em um tabuleiro 3D. Não é esperado para o desempenho no jogo a velocidade na execução das operações dentro da simulação, mas sim

assertividade dos movimentos e ações. Desse sendo, o desenvolvimento da paciência e coordenação na execução das ações da mecânica são as qualidades importantes a serem exploradas, além de questões técnicas da disciplina.

A cada ciclo de execução do método, o jogador precisa seguir as instruções relacionadas a cada fase do método: A) passar o tempo da simulação; B) terminar tarefas e; C) iniciar tarefas. Caso o jogador executar, erroneamente, alguma operação, uma mensagem de erro é exibida e energia do ciclo é dispendida.

Para auxiliar o jogador no entendimento da mecânica do jogo, o primeiro tabuleiro, Filósofos Famintos, oferece um tutorial iterativo com o passo a passo a ser realizado em cada fase do método. Na Figura 7 é apresentada a tela do tabuleiro em que o próximo passo no tutorial iterativo em andamento é mover a entidade “garfo” para compor a tarefa “comer” junto com o “filósofo” que já se encontra na atividade durante a fase C do método que é referido ao “início das tarefas”.



Figura 7 – Tabuleiro Virtual “Filósofos Famintos”

Há dezenas de possíveis erros, cada um com pontuações diferentes, que podem ocorrer causados pelo jogador. Todos os erros são bem documentados, o que permite ao jogador o entendimento do que ocasionou o erro para que o mesmo não venha novamente a ocorrer.

Caso o jogador consiga finalizar um ciclo inteiro sem erros, uma recompensa ocorre. Essa recompensa aumenta o multiplicador de combo em uma unidade. Ao finalizar cada ciclo, a energia remanescente é convertida em energia total (ou pontuação total) multiplicada pelo combo até então obtido. Ao cometer algum erro futuro, o jogador reinicia o multiplicador de combo sendo desafiado a conseguir novamente aumentar seu multiplicador, ou seja, não cometer mais erros ao longo dos ciclos.

Após atender o desafio de atender um número finito de entidades, por exemplo, 10 copos cheios pela atividade “encher” no tabuleiro “Bar Fechado”, conforme ilustrado na Figura 6, a simulação é encerrada e os resultados do jogador são exibidos na tela, ilustrados na Figura 8.

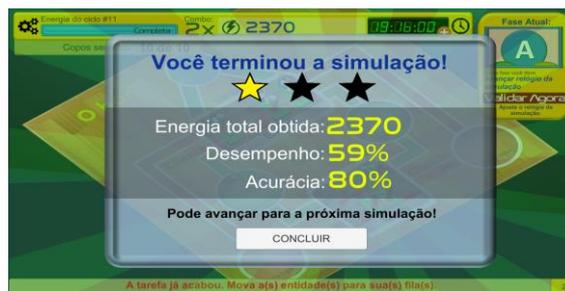


Figura 8 – Resultado de Desempenho ao Final da Execução

O jogo está na fase de finalização e contará com diversos tabuleiros, em vários níveis, incluindo relacionados a sistemas simulados abertos, com entradas e saída de entidades dos sistemas por meio de portas lógicas. Toda as estatísticas de performance do jogo, inclusive erros cometidos e outros registros, são exportados para um servidor que permite divulgar e obter conclusões acerca de diversos grupos de jogadores para ações em disciplinas que aprofundam os conhecimentos desenvolvidos.

V. VALIDAÇÃO DO JOGO ACD GAME 3D

Nessa seção são apresentados os resultados a respeito dos experimentos realizados acerca das variáveis: i) Facilidade de Uso Percebida (FUP); ii) Utilidade Percebida (UP); iii) Variáveis externas (VE) e; iv) Intenção de comportamento (IC).

São apresentados os resultados obtidos pela aplicação do procedimento estatístico *Partial Least Squares Structural Equation Modelling* (PLS-SEM) e após analisadas suas repercussões nas hipóteses formuladas neste estudo.

A. Modelo e relações entre variáveis

Os resultados da aplicação do modelo TAM sobre os dados da amostra no contexto da utilização do jogo sério digital ACD GAME 3D são analisados, sendo a primeira parte referente à verificação da validade e confiabilidade dos constructos formadores do modelo e, na segunda parte, a capacidade preditiva do modelo estrutural.

1) Validade e Confiabilidade dos Constructos

De modo a verificar o modelo quanto a confiabilidade e validade dos constructos, é importante analisar sua consistência interna, a validade dos indicadores e a validade discriminante. Assim sendo, a Tabela II apresenta os resultados dos indicadores Alpha de Combrach e *Composite Reliability* para os quatro constructos.

TABELA II. TESTES INICIAIS DE CONSISTÊNCIA INTERNA

| Constructos | Alpha de Combrach | Composite Reliability |
|-----------------------------------|-------------------|-----------------------|
| Facilidade de Uso Percebida (FUP) | 0,850 | 0,893 |
| Utilidade Percebida (UP) | 0,919 | 0,940 |
| Variáveis Externas (VE) | 0,433 | 0,717 |
| Intenção de Comportamento (IC) | 0,901 | 0,938 |

Ambos indicadores apresentados variam de 0 a 1. Quanto maior o valor, maior será a confiabilidade. Valores acima de 0,70 demonstram que os constructos são aceitáveis sugerindo atenção para valores maiores do que 0,90 pelo risco da semântica dos indicadores na mensuração de mesmo fenômeno[26]. De modo a ter maior assertividade nessa análise, foram adotados dois indicadores: Alpha de Combrach e *Composite Reliability*, sendo o segundo mais adequado ao método e o primeiro mais conservador.

Foi detectado, nessa análise inicial, a presença de resultado não satisfatório no constructo VE com Alpha de Combrach igual a 0,433, ocasionado pelo indicador “VE3 – Considero que pessoas mais experientes na utilização de jogos obtém melhores resultados de aprendizado na utilização do ACD GAME”.

Por esse motivo, este indicador foi retirado do constructo, realizando nova execução do método. A Tabela III apresenta os resultados do novo cálculo.

TABELA III. TESTES FINAIS DE CONSISTÊNCIA INTERNA

| Constructos | Alpha de Combrach | Composite Reliability |
|-----------------------------------|-------------------|-----------------------|
| FUP - Facilidade de Uso Percebida | 0,850 | 0,893 |
| UP – Utilidade Percebida | 0,919 | 0,940 |
| VE – Variáveis Externas | 0,811 | 0,913 |
| IC – Intenção de Comportamento | 0,901 | 0,938 |

Devido aos resultados apresentados na pesquisa, mesmo resguardando ainda a presença de valores acima de 0,90 em *Composite Reliability*, mas apoiado nos resultados dos indicadores de Alpha de Combrach, a consistência interna no modelo é considerada satisfatória.

Com relação à validade convergente dos indicadores formadores dos constructos, a Tabela IV apresenta os *Outer Loadings* dos indicadores agrupados por constructos, bem como o AVE (*Average Variance Extracted*).

TABELA IV. TESTES OUTER LOADING E AVE.

| Constructos | Indicadores | Outer Loadings | AVE |
|-----------------------------------|-------------|----------------|-------|
| FUP - Facilidade de Uso Percebida | FUP1 | 0,788 | 0,628 |
| | FUP2 | 0,842 | |
| | FUP3 | 0,805 | |
| | FUP4 | 0,846 | |
| | FUP5 | 0,668 | |
| UP – Utilidade Percebida | UP1 | 0,881 | 0,759 |
| | UP2 | 0,774 | |
| | UP3 | 0,943 | |
| | UP4 | 0,820 | |
| | UP5 | 0,926 | |
| VE – Variáveis Externas | VE1 | 0,909 | 0,841 |
| | VE2 | 0,925 | |
| IC – Intenção de Comportamento | IC1 | 0,902 | 0,835 |
| | IC2 | 0,924 | |
| | IC3 | 0,915 | |

Esses testes mensuram a validade convergente, ou seja, se os indicadores convergem ou compartilham grande proporção da variância. Em relação aos *Outer Loadings*, valores iguais ou superiores a 0,708, indicam aceitável validade convergente. Enquanto que valores superiores a 0,50 no AVE tornam aceitável o constructo, ou seja, indica que mais da metade da variância é explicada pelos seus indicadores[26].

É observada um resultado insatisfatório no indicador *Outer Loadings* para o indicador FUP5. O valor é igual a 0,668, próximo ao valor de limite inferior desejado. Mesma assim, os resultados foram considerados válidos nessa pesquisa em virtude de toda análise e pela consistência do modelo.

Quanto à validade discriminante, o procedimento utilizado foi Fornell-Larker *Criterion*, onde é verificado se os constructos capturam aspectos singulares, não verificados por outros constructos presentes no modelo. A Tabela V apresenta esses resultados.

TABELA V. TESTES DE VALIDADE DISCRIMINANTE

| | FUP | IC | UP | VE |
|-----|-------|--------------|--------------|--------------|
| FUP | n.a. | | | |
| IC | 0,520 | 0,914 | | |
| UP | 0,546 | 0,860 | 0,871 | |
| VE | 0,539 | 0,745 | 0,759 | 0,917 |

Devido aos resultados apresentados nessa pesquisa, a Validade Discriminante do modelo é considerada satisfatória.

B. Análise de Resultados do Modelo Estrutural

Para análise da acurácia da capacidade preditiva do modelo estrutural, foi utilizado o indicador do teste r^2 value. A Tabela VI apresenta os resultados.

TABELA VI. TESTES DE ACURÁCIA DO R^2 VALUE

| Constructos/Testes | r^2 value |
|-----------------------------------|-------------|
| FUP – Facilidade de Uso Percebida | 0,290 |
| UP – Utilidade Percebida | 0,576 |
| IC – Intenção de Comportamento | 0,744 |

O r^2 value representa efeitos combinados das variáveis independentes em relação às variáveis dependentes. Esse indicador varia de 0 a 1, onde quanto maior o valor, maior será a acurácia. Valores próximos a 0,25, 0,50 e 0,75 são considerados, respectivamente, grau fraco, grau moderado e grau substancial[26].

No presente artigo, os resultados demonstram que o constructo FUP possui grau entre fraco e moderado, enquanto que os constructos UP e IC possuem graus entre moderado e substancial. Em especial, o constructo IC possui um grau próximo ao limite inferior para o grau substancial.

Tendo como base os resultados dos testes, o ACD GAME 3D apresenta alto grau moderado de Intenção de Comportamento na sua utilização, enquanto tecnologia de ensino, considerando, principalmente, o constructo utilidade percebida que obteve uma capacidade preditiva de moderado à substancial.

VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo, desenvolvido a partir do experimento realizado com os estudantes na validação do ACD GAME 3D, teve como proposta uma análise inicial da intenção de comportamento na utilização do jogo como método de validação, durante a fase final de desenvolvimento. O modelo adotado para a validação foi o TAM.

Os resultados obtidos representam importantes contribuições nos estudos sobre o comportamento do estudante, especificamente no que diz à aceitação e ao uso de jogos sérios. A análise demonstra que há necessidade e potencial para um estudo mais aprofundado no que diz

respeito a outras variáveis que afetam o comportamento individualizado de jogos sérios no contexto brasileiro.

A respeito do modelo analisado para fins de validação do jogo ACD GAME 3D, os resultados demonstram que os constructos estão aderentes ao modelo, sendo confiáveis para as análises realizadas. Além disso, o modelo estrutural demonstrou alta acurácia moderada dos três constructos dependentes Intenção de Comportamento e uma acurácia de fraca a moderada para o constructo Utilidade Percebida. O constructo Facilidade de Uso Percebida obteve uma acurácia de grau fraco.

Esta pesquisa demonstrou que, dentro do perfil de estudantes pesquisado, os estudantes apresentam intenção de uso do ACD GAME com base na intenção de comportamento na utilização, com alta explicação pelo constructo Utilidade Percebida, ao qual o estudante percebe útil a utilização do ACD GAME 3D para potencializar os seus estudos.

A respeito das pesquisas futuras, é sugerido o estudo de outras variáveis, dentro do modelo de equações estruturais, que afetam a intenção de uso especificamente em jogos sérios, aprofundando a análise para o estudo das hipóteses de relação entre as variáveis. Por fim, é de grande importância a investigação de todos esses efeitos em outros grupos de outras instituições, incluindo estudantes em de nível superior.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos parceiros Instituto Federal do Espírito Santo, CAPES/CNPq e Vale S/A por todo apoio que permitiu que este estudo viesse a ser realizado.

REFERÊNCIAS

- [1] S. Taylor and P. Todd. An integrated model of waste management behavior: A test of household recycling and composting intentions. *Environment and Behavior*, 27, 603-630, 1995.
- [2] F.D. Davis. A technology acceptance model for empirically testing new end-user acceptance of information technology. Massachusetts Institute of Technology, Boston: Unpublished Doctoral Dissertation, 1986.
- [3] M. Fishbein and I. Ajzen. Attitudes towards objects as predictors of single and multiple behavioral criteria. *Psychological review*, v. 81, n. 1, p. 59, 1974.
- [4] M. Fishbein and I. Ajzen. *Belief, attitude, intention and behavior: An introduction to theory and research*. 1975.
- [5] I. Ajzen. From intentions to actions: A theory of planned behavior. In: *Action control*. Springer, Berlin, Heidelberg. p. 11-39, 1985.
- [6] I. Ajzen. The theory of planned behavior. *Organizational behavior and human decision processes*, v. 50, n. 2, p. 179-211, 1991.
- [7] G.C. Moore and I. Benbasat. Development of an instrument to measure the perceptions of adopting an information technology innovation. *Information systems research*, v. 2, n. 3, p. 192-222, 1991.
- [8] F. Davis, R. P. Bagozzi, P.R. Warshaw User acceptance of computer technology: a comparison of two theoretical models. *Management science*, v. 35, n. 8, p. 982-1003, 1989.
- [9] L.H.L. Faria, R.B. Teixeira, N.S. Coradine and B.N.C. Souza. Aceitação e uso de novas tecnologias na educação: Uma análise sobre a utilização de jogos sérios para o aprendizado da disciplina de simulação. *Revista Iberoamericana de Sistemas, Cibernética e Informática* 1, 61-65, 2016.
- [10] J.P. Barbosa, V.M. Corrêa, N.S. Coradine, E.A.S. Leal and R.B. Teixeira. Validação de um jogo sério para ensino de Simulação baseado em modelo de aceitação de tecnologia. *Simpósio Internacional de Ingeniería Industrial: Actualidad y Nuevas Tendencias*, 2016.

- [11] A. Yusoff, R. Crowder and L. Gilbert. Validation of serious games attributes using the technology acceptance model. Second International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications. Computer Society, 2010.
- [12] A. All, E. P. N. Castellar and J. Van Looy. Assessing the effectiveness of digital game-based learning: Best practices. *Computers & Education*, v. 92, p. 90-103, 2016.
- [13] N. E. Cagiltay, E. Ozcelik, Erol and N.S. Ozcelik. The effect of competition on learning in games. *Computers & Education*, v. 87, p. 35-41, 2015.
- [14] D. Djaouti, J. Alvarez, J-P. Jessel and O. Rampnoux. Origins of serious games. In: Ma, M.; Oikonomou A.; Jain, L. C. *Serious games and edutainment applications*. Springer London, 2011. p. 25-43.
- [15] A.A. Deshpande and S.H. Huang. Simulation games in engineering education: A state - of - the - art review. *Computer Applications in Engineering Education*, v. 19, n. 3, p. 399-410, 2011.
- [16] K. Alanne. An overview of game-based learning in building services engineering education. *European Journal of Engineering Education*, v. 41, n. 2, p. 204-219, 2016.
- [17] L. Chwif and A.C. Medina. *Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria & Aplicações (4ª ed.)*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.
- [18] J. Banks, J.S. Carson II, B.L. Nelson and D.M. Nicol. *Discrete-Event System Simulation (5th ed.)*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2010.
- [19] N. Furian, M. O’Sullivan, C. Walker, S. Vössner and D. Neubacher. A conceptual modeling framework for discrete event simulation using hierarchical control structures. *Simulation Modelling Practice and Theory*, Vol. 56, pp. 82-96, 2015.
- [20] S. Robinson. Choosing the right model: Conceptual Modeling for simulation. *Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference*, pp. 1423-1435, 2011.
- [21] W. Wang, R.J. Brooks. Empirical investigations of conceptual modeling and the modeling process. *Proceedings of the 2007 Winter Simulation Conference*, pp. 762-770, 2007.
- [22] D. Kang and B.K. Choi. The extended activity cycle diagram and its generality. *Simulation Modelling Practice and Theory*, Vol. 19, No. 2, pp. 785-800, 2011.
- [23] R.J. Paul. Activity cycle diagrams and the three phase method. *Proceedings of the 1993 Winter Simulation Conference*, pp. 123-131, 1993.
- [24] D-J van der Zee, B. Holkenborg, S. Robinson. Conceptual modeling for simulation-based serious gaming. *Decision Support Systems* 54, 33-45, 2012.
- [25] N.K. Malhotra. *Pesquisa de marketing: Uma orientação aplicada*. São Paulo: 4 ed. Bookman, 2006.
- [26] F.H. Hair, G.T. Hult, C.M Ringle and M. Sarstedt. *A primer on Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM)*. Los Angeles: SAGE, 2013.