APLICAÇÃO DE UM MODELO DE REFERÊNCIA PARA O DESENVOLVIMENTO DE UM JOGO REMOTO PARA O ENSINO DE LOGÍSTICA DE TRANSPORTE E DISTRIBUIÇÃO

Thiago Schaedler Uhlmann – thiago.uhlmann@pucpr.edu.br
Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Rua Imaculada Conceição, 1155, Prado Velho
CEP: 80215-901 – Curitiba – Paraná

Luciano Antonio Mendes – l.mendes@pucpr.br
Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Rua Imaculada Conceição, 1155, Prado Velho
CEP: 80215-901 – Curitiba – Paraná

Eduardo Henrique Rufcca – rufcca.eduardo@gmail.com
Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Rua Imaculada Conceição, 1155, Prado Velho
CEP: 80215-901 – Curitiba – Paraná

Giulio de Lima Matos – matos_giulio@gmail.com
Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Rua Imaculada Conceição, 1155, Prado Velho
CEP: 80215-901 – Curitiba – Paraná

Resumo: *O presente estudo propõe a aplicação de um modelo de referência para o desenvolvimento de jogos remotos voltados para a educação em engenharia. Primeiramente, descreve-se o conceito de jogos remotos – experimentos remotos baseados no conceito de aprendizagem baseada em jogos. A seguir, propõe-se um modelo de referência voltado ao desenvolvimento de tais jogos a partir da adaptação de um modelo de referência genérico voltado ao desenvolvimento de experimentos remotos, sendo tal adaptação realizada com base em uma revisão sistemática em bases de dados de artigos de engenharia. Em seguida, descreve-se uma aplicação-piloto deste modelo de referência no desenvolvimento de um jogo remoto no contexto de um programa de iniciação em tecnologia e inovação em uma universidade brasileira, para o ensino de conceitos relacionados a logística de transporte e distribuição em modal ferroviário.*

Palavras-chave: *Aprendizagem baseada em jogos, Educação em engenharia, Experimentação remota, Jogos sérios, Modelos de referência.*

1 INTRODUÇÃO

O uso de métodos e ferramentas relacionados à aprendizagem ativa representa uma tendência crescente na educação em engenharia. O presente estudo possui como objetivo principal estabelecer relações positivas entre dois destes paradigmas – a experimentação

remota e a aprendizagem baseada em jogos – por meio da proposta de um modelo de referência para o desenvolvimento de experimentos remotos baseados em jogos, ou jogos remotos. Tal modelo de referência possui a finalidade de auxiliar na construção de experimentos voltados para cursos de engenharia, contemplando aspectos relativos ao desenvolvimento do sistema físico e das tecnologias da informação – *hardware* e *software* – a serem considerados nestes experimentos.

O estudo se encontra segmentado em três partes. Primeiramente, o conceito de jogos remotos é apresentado com base em conceitos relacionados a experimentação remota e aprendizagem baseada em jogos. Com base em uma revisão sistemática em artigos relacionados a tais conceitos, o processo de desenvolvimento do modelo de referência proposto neste estudo. A seguir, descreve-se uma aplicação-piloto deste modelo de referência no contexto do projeto relativo a um programa de iniciação científica em uma universidade brasileira, o qual contemplou o desenvolvimento de um jogo remoto voltado ao ensino de logística de transporte e distribuição.

2 JOGOS REMOTOS: UMA MODALIDADE DE EXPERIMENTAÇÃO REMOTA PARA O ENSINO DE ENGENHARIA

A pesquisa descrita neste artigo apresenta uma das possíveis modalidades de aplicação do conceito de experimentação remota para a educação em engenharia: a aprendizagem baseada em jogos. Especificamente, propõe um modelo de referência considerando etapas e requisitos a serem aplicados para o desenvolvimento de experimentos remotos voltados para a aprendizagem baseada em jogos.

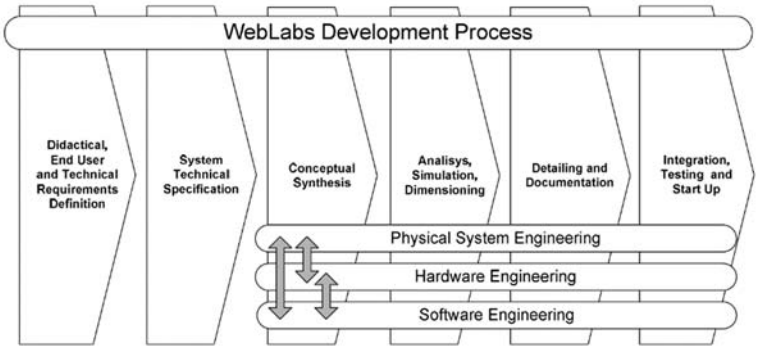
A aprendizagem baseada em jogos representa uma tendência crescente na educação em engenharia. Uma revisão sistemática realizada por Bodnar et al (2016), evidenciou a aplicação de técnicas lúdicas de ensino e aprendizagem para diferentes modalidades de engenharia, como da computação, mecânica, civil, elétrica, química e de manufatura. Dentre as modalidades de jogos descritas nas publicações, foram evidenciadas tanto a aplicação de jogos digitais, como jogos de tabuleiro e aplicação de técnicas lúdicas para finalidades não lúdicas, prática também conhecida como gamification (Deterding et al, 2011). Com relação a práticas que podem ser realizadas com a aplicação da aprendizagem baseada em jogos, voltadas a atividades de engenharia ou relacionadas, foram encontrados estudos que destacam atividades de geração de ideias para a solução de problemas (Agogué et al, 2015), jogos que simulam atividades de logística de transporte e distribuição de produtos (Braghirolli et al, 2016), jogos que simulam relações interpessoais em organizações inseridas no contexto de uma cadeia de suprimentos (Uhlmann et al, 2014), e jogos que auxiliam no processo de desenvolvimento de software (Triantafyllakos et al, 2011). Tais estudos ressaltam, dentre os benefícios do uso de jogos na educação, o aumento na motivação e do interesse, por parte dos alunos, nos diferentes temas apresentados, bem como a melhoria na interação entre docentes e discentes.

Pretende-se, neste estudo, a aplicação dos conceitos relativos a aprendizagem baseada em jogos por meio da experimentação remota, com vistas a se obter os mesmos benefícios anteriormente citados. O conceito de Jogos Remotos (Uhlmann & Mendes, 2016) consiste na aplicação combinada do conceito de experimentação remota e da aprendizagem baseada em jogos no ensino de engenharia, por meio da manipulação de objetos reais em um ambiente controlado por elementos computacionais. Propõe-se assim, uma abordagem caracterizada pelo desenvolvimento e aplicação de um jogo híbrido (Magerkurth, 2012), sendo que tais jogos, conforme o referido autor, combinam o uso da tecnologia da informação com a manipulação de objetos físicos. Na proposta deste conceito, o referido autor defende a

ampliação do conceito de jogos de tabuleiro com a inserção de sistemas ciberfísicos, proporcionando tais jogos experiências como interação social, experiências hápticas (manipulação de objetos tangíveis), e a utilização de parâmetros do mundo real (e, portanto, não simulados), como luz, som, gravidade, dentre outros. No caso de um jogo remoto, tais experiências podem ser proporcionadas por meio de interações do participante com os objetos físicos de um jogo sem a necessidade da presença deste no ambiente físico onde o jogo está ocorrendo.

Sendo ferramentas voltadas para o ensino e a aprendizagem, o processo de desenvolvimento de experimentos remotos deve se encontrar em consonância com os objetivos e práticas pedagógicas para os quais tais objetos se encontram destinados, bem como atender a requisitos técnicos essenciais. A partir dessa premissa, um modelo de referência é proposto por Mendes, Debner e Siqueira (2010), o qual se encontra ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Modelo de referência para o desenvolvimento de experimentos remotos (Mendes, Debner e Siqueira, 2010)



No modelo de referência anteriormente citado, os autores sugerem a realização de seis etapas para o desenvolvimento de experimentos remotos, considerando os diferentes aspectos relativos a tecnologias da informação envolvidos no processo de desenvolvimento deste experimento (*hardware*, *software*, telecomunicações, gestão de dados e infraestrutura). Neste artigo, apresenta-se um modelo de referência que possui como principal propósito contribuir para a sistematização e a efetividade no processo de desenvolvimento de jogos remotos, sendo uma adaptação do modelo de referência anteriormente descrito, de abordagem mais genérica.

3 CONSTRUÇÃO DO MODELO DE REFERÊNCIA

O modelo de referência proposto neste artigo representa uma adaptação do proposto por Mendes, Debner e Siqueira (2010), a partir de estudos relacionados ao desenvolvimento de sistemas relacionados a aprendizagem baseada em jogos com possíveis aplicações em engenharia, obtidos por meio de revisão sistemática. O processo de revisão sistemática contemplou três etapas, sendo estas a construção da abordagem de busca, a realização das buscas nas bases de dados, e a seleção e análise dos artigos tendo como base as abordagens definidas na primeira etapa.

A primeira etapa, de construção da abordagem de busca, consistiu na definição das palavras-chave a serem utilizadas para a realização das buscas nas bases de dados, conforme três eixos principais de pesquisa, sendo tais eixos referentes a conceitos-chave relacionados à definição do modelo de referência.

O primeiro eixo definido para a realização da busca foi a aprendizagem baseada em jogos, tendo em vista que o modelo de referência a ser desenvolvido deverá ser aplicado segundo tal conceito. O segundo eixo, de experimentação remota em engenharia, foi definido segundo a finalidade de aplicação do modelo de referência desenvolvido – a construção de ferramentas para a promoção do ensino e aprendizagem em engenharias. O terceiro eixo, por sua vez, contemplou a definição do escopo da busca – modelos de referência – buscou-se, com a definição deste eixo, eliminar a maior quantidade possível de artigos que não contemplassem assuntos relativos ao propósito do processo de busca: encontrar modelos de referência ligados a engenharia e aprendizagem baseada em jogos.

Uma vez os eixos principais de pesquisa definidos, escolheram-se palavras-chave com possibilidades de relação direta com cada abordagem, e assim definiu-se os termos utilizados para as buscas conforme cada base de dados. A tabela 1 descreve as palavras-chave utilizadas para cada eixo de busca, bem como os termos de busca definidos com base nestas.

Tabela 1 – Definição da abordagem de busca

EIXO 1 Aprendizagem Baseada em Jogos	EIXO 2 Experimentação Remota em Engenharia	EIXO 3 Definição do escopo de busca: modelos de referência
"Serious Game" "Game-Based Learning" Gamification "Hybrid Game")	Engineering Remote Laborator*	Reference Model Framework

A segunda etapa da revisão sistemática consistiu na realização das buscas nas bases de dados. O escopo de busca contemplou bases de dados disponíveis no Portal de Periódicos CAPES/MEC, abrangendo bases de dados de periódicos na área de Engenharia de Produção (*ScienceDirect, EBSCO* e *Wiley*) e uma base de publicações de artigos de conferências (*IEEE Xplore*). Delimitou-se nas buscas também o período de tempo, contemplando apenas artigos publicados entre os anos de 2000 e 2016.

A terceira etapa, relativa à seleção e análise dos resultados encontrados, foi realizada com a aplicação de três critérios consecutivos de filtragem, sendo estes: a leitura do título, resumo e palavras-chave, a classificação dos artigos conforme temas específicos, e a leitura detalhada do conteúdo dos artigos. A classificação dos artigos, após o primeiro processo de filtragem, deu-se pela classificação destes segundo quatro temáticas, sendo estas: artigos conceituais (que descrevem conceitos teóricos gerais), artigos que descrevem modelos de referência, artigos que descrevem revisões bibliográficas, e artigos que, embora a temática não seja diretamente relacionada ao tema-alvo da busca (modelos de referência para aprendizagem baseada em jogos em engenharia), apresentam similaridades a este. A tabela 2 resume os resultados referentes às buscas e à aplicação dos processos de filtragem.

Tabela 2 – Busca, filtragem e classificação dos artigos encontrados nas bases de dados.

Base de Dados	Resultados das Buscas	Classificação dos dados				Resultado da Filtragem
		Artigos Conceituais	Modelos de Referência	Revisões Sistemáticas	Similaridades	
EBSCO	8	0	5	0	0	5
ScienceDirect	901	7	12	5	2	26
Wiley	516	6	6	3	1	16
iEEE Xplore	53	1	6	0	6	13

O processo de construção do modelo de referência foi realizado a partir da síntese do modelo genérico definido por Mendes, Debner e Siqueira (2010) com elementos referentes a outros modelos de referência, genéricos ou aplicados, relacionados a engenharia e design, sendo estes produtos da busca nas bases de dados descritas.

Uma das referências utilizadas consistiu em um processo para desenvolvimento voltado para a aprendizagem baseada em jogos (Nagalingam & Ibrahim, 2015). O processo descrito pelos autores é composto por quatro etapas, sendo estas denominadas como *Discover* (planejamento e análise de requisitos interacionais e técnicos), *Dream* (desenvolvimento do contexto de aprendizado e das especificações do jogo a ser desenvolvido), *Design* (design, desenvolvimento e integração da estrutura do jogo) e *Delivery* (formatação de uma versão definitiva do jogo, realização de testes com usuários e distribuição do jogo). Embora os referidos autores destinaram este processo para uso em dispositivos moveis, as atividades referentes a estas etapas de desenvolvimento também foram consideradas na elaboração do modelo de referência proposto neste estudo.

No desenvolvimento do modelo de referência, também foram utilizados como base estudos que descrevem processos de pesquisa e desenvolvimento de jogos – em especial, jogos sérios (*serious games*). Um destes modelos (Mayer et al, 2014) descreve um método de pesquisa e avaliação de jogos sérios composto por oito etapas: enquadramento (*framing*), fundamentos e requisitos (*foundations and requirements*), estruturação (f*ramework*), design de pesquisa quase-experimental (*quasi-experimental research design*), contextualização, definição de hipóteses e questões de pesquisa, operacionalização e análise e redução de dados (*data reduction and analysis*). Tal modelo ressalta a necessidade do desenvolvimento de métodos estruturados para a pesquisa e avaliação de jogos destinados ao aprendizado.

Foram evidenciados, adicionalmente, estudos que mapeiam elementos de mecânica a serem considerados no desenvolvimento de jogos sérios. Arnab et al (2015) destaca o relacionamento existente entre as mecânicas de jogos sérios com padrões de desenvolvimento de jogos, e padrões relacionados a aspectos pedagógicos, estabelecendo relações entre mecânicas de aprendizado (participação, observação, modelagem, exploração, demonstração, motivação, dentre outras) e mecânicas de jogo (representação, colaboração, competição, recompensas, gestão de recursos, feedback, dentre outras).

Tendo como base os estudos anteriormente descritos, um novo modelo, com a finalidade de desenvolvimento de experimentos remotos voltados à aprendizagem baseada em jogos, foi organizado em quatro fases principais.

A primeira fase do modelo de referência consiste na pesquisa e definição dos aspectos pedagógicos referente ao experimento remoto que será desenvolvido (pedagogical briefing), por meio da realização de duas atividades essenciais: o levantamento dos requisitos pedagógicos e, mais especificamente, de aprendizagem baseada em jogos.

Uma vez os aspectos pedagógicos definidos, a segunda etapa consiste na realização de um processo cíclico de desenvolvimento do experimento remoto, contemplando seis atividades essenciais: a revisão dos requisitos do experimento definidos na etapa anterior, a definição das especificações técnicas, a modelagem conceitual do experimento remoto, a prototipação do experimento, a documentação das especificações do experimento e a avaliação do experimento e do processo de desenvolvimento como um todo. Após a realização das seis atividades, o ciclo de desenvolvimento se reinicia, até que um protótipo funcional e executável deste experimento seja possível de ser viabilizado.

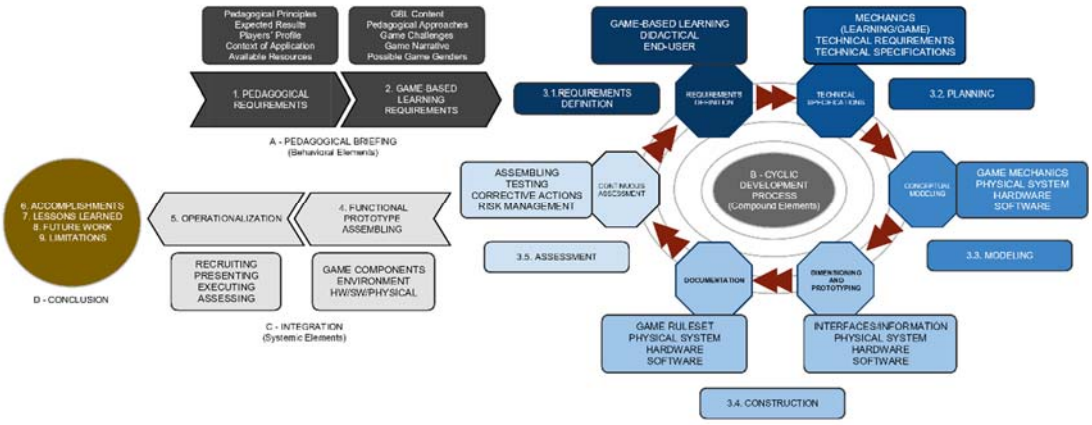
Uma vez o protótipo funcional definido, a terceira etapa consiste nos processos de integração deste protótipo, ou seja, a construção em definitivo e a operacionalização deste. Nesta etapa, o protótipo funcional é construído com seus componentes definitivos, e testes

com usuários são realizados. Selecionam-se voluntários para tais testes, e o jogo remoto é executado sucessivas vezes, enquanto dados relativos ao seu desempenho são coletados e analisados visando futuras melhorias.

A quarta e última etapa do modelo de referência consiste em atividades conclusivas do projeto do jogo remoto. Relatam-se as lições aprendidas durante o processo de desenvolvimento, as conquistas realizadas, as limitações do processo de desenvolvimento, e sugerem-se ações para futuros trabalhos de forma a facilitar o desenvolvimento de novas versões de jogos remotos.

A figura 2 detalha cada etapa do modelo de referência anteriormente descrito, bem como o detalhamento das atividades de cada etapa, e sugestões de considerações a serem feitas com relação a sistemas e processos durante a execução de cada atividade.

Figura 2 – Modelo de referência para o desenvolvimento de jogos remotos.
Fonte: Elaborado pelos autores.



O processo de construção e aprimoramento deste modelo de referência foi também realizado a partir da aplicação deste, em caráter de testes durante um programa de iniciação científica em uma universidade brasileira, com a participação de alunos de cursos de engenharia. Esta aplicação se encontra descrita a seguir.

4 APLICAÇÃO DO MODELO DE REFERÊNCIA

Uma vez o modelo de referência desenvolvido em sua primeira versão, este foi aplicado em caráter experimental pelos pesquisadores, com o apoio de um aluno de graduação em engenharia, durante a vigência de um PIBITI – Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação em uma universidade brasileira, com vistas a detectar oportunidades de melhoria para futuras aplicações no desenvolvimento de experimentos remotos para esta universidade.

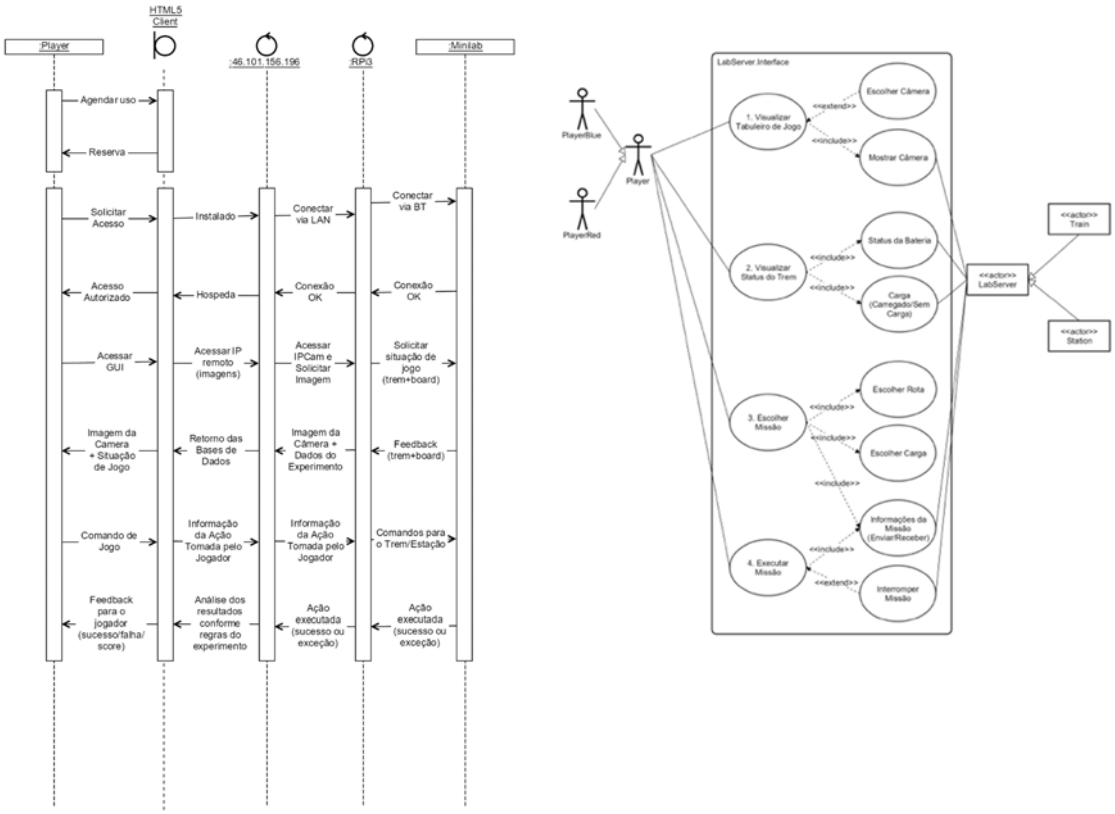
A primeira fase deste modelo, referente à definição de aspectos pedagógicos foi aplicada com a definição do escopo do experimento remoto a ser desenvolvido e construído. Tendo em vista as necessidades pedagógicas do curso de Engenharia de Produção desta instituição de ensino, decidiu-se por desenvolver um jogo remoto que contemplasse um dos assuntos tratados por este curso: problemas de transporte no contexto de logística de distribuição.

Definiu-se, como proposta pedagógica para este jogo remoto, o desenvolvimento de uma ferramenta auxiliar para a simulação, em ambiente controlado remotamente, de situações diversas relacionadas a Logística de Transporte e Distribuição. Neste caso, decidiu-se pela simulação do transporte ferroviário de cargas, por questões de viabilidade de construção do experimento nos prazos estipulados pelo programa de iniciação científica (um ano). Como resultados esperados, espera-se o conhecimento, por parte do estudante, de questões e características relacionadas ao transporte de diferentes modalidades de carga, assim como o contato inicial deste com o conceito de experimentação remota, elementos integrantes de uma graduação em engenharia.

Adicionalmente, foram definidos requisitos com relação à aprendizagem baseada em jogos para este jogo remoto – especialmente desafios a serem enfrentados pelos estudantes – estes organizados em equipe, e a narrativa do jogo remoto em si. No jogo, cada equipe controla uma organização especializada no transporte de cargas pelo modal ferroviário. O jogo é composto de um tabuleiro contendo uma maquete simulada de uma rede ferroviária, com estações automatizadas localizadas pelo tabuleiro, sendo que algumas das estações contém cargas (representadas por objetos esféricos). O objetivo dos jogadores é mobilizar o transporte das cargas, por meio de trens localizados no tabuleiro, de um determinado local a outro, considerando desafios como relevo, quantidade de energia disponível para a movimentação dos trens, e o tempo de transporte. O vencedor do jogo é a equipe que realizar, no menor tempo possível, a maior quantidade de operações de transporte.

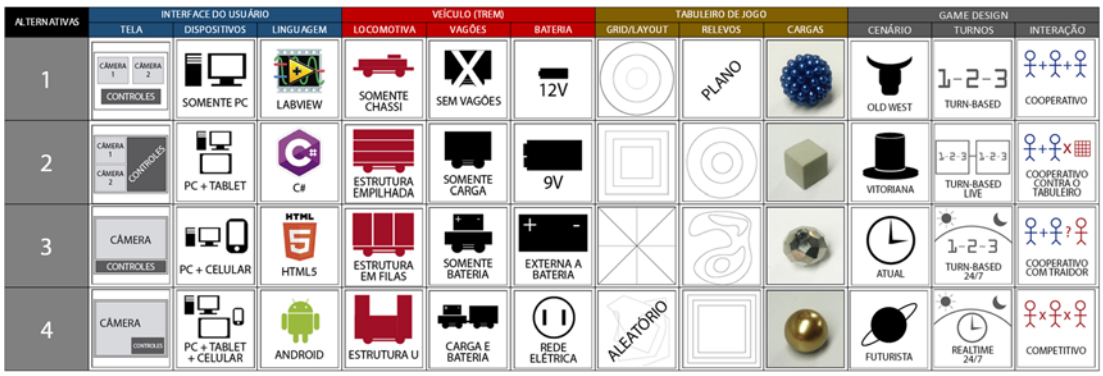
Uma vez os aspectos pedagógicos definidos, a segunda etapa do modelo de referência, contemplando o processo cíclico de desenvolvimento do jogo remoto, foi aplicada. Os requisitos técnicos do jogo remoto, contemplando aspectos técnicos e de usabilidade, foram desenvolvidos e documentados por meio de Diagramas UML (OMG, 2015). A Figura 3 ilustra dois destes diagramas (Diagrama de Casos de Uso e Diagrama de Sequência).

Figura 3 – Diagramas UML do Jogo Remoto
Fonte: Elaborado pelos autores.



Considerando os requisitos técnicos mencionados anteriormente, o projeto conceitual do jogo remoto foi desenvolvido utilizando-se como ferramenta principal a Matriz Morfológica (Back et al, 2008). Estudou-se diferentes possibilidades de abordagem relativas a interface do usuário, as características do veículo de carga (trem), a formatação do tabuleiro de jogo, e aspectos de mecânicas de jogo. A figura 4 ilustra os elementos considerados na Matriz Morfológica.

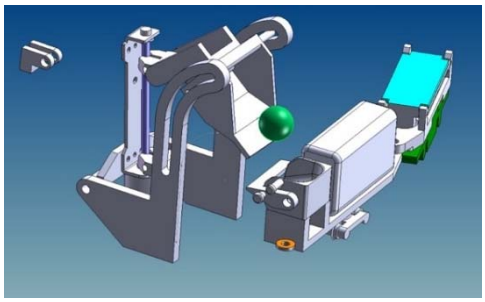
Figura 4 – Matriz Morfológica do Jogo Remoto
Fonte: elaborado pelos autores.



A prototipagem do jogo remoto, por sua vez, foi realizada na instituição de ensino onde o jogo remoto se encontra hospedado, como parte do programa PIBITI. Foram desenvolvidos

protótipos funcionais do trem, das estações de armazenagem das cargas, e do tabuleiro de jogo. Paralelamente, foi desenvolvida a arquitetura de comunicação e trocas de dados em rede para a viabilização do jogo como um experimento remoto. A Figura 5 ilustra o desenho técnico da estação de transporte de cargas e da estrutura do trem utilizado no jogo remoto.

Figura 5 – Projeto da estação de carga e do trem
Fonte: elaborado pelos autores.



Atualmente, o protótipo funcional do jogo remoto se encontra no processo de construção em definitivo, para a realização de testes com usuários como parte de um novo programa PIBITI, com vigência a partir do segundo semestre de 2017.

Conforme mostram os resultados acima, a aplicação do modelo de referência representou um fator essencial para o norteamento da construção do jogo remoto descrito, uma vez que auxiliou os pesquisadores a definirem os aspectos pedagógicos, técnicos e relativos às tecnologias da informação utilizadas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo apresentou a aplicação-piloto de uma proposta de um modelo de referência cuja finalidade é nortear o processo de desenvolvimento e construção de experimentos remotos no contexto da aprendizagem baseada em jogos, sendo tais experimentos aplicados a finalidades de ensino em engenharia. Foi também descrita uma aplicação-piloto deste experimento no contexto de um programa de iniciação em tecnologia e inovação de uma universidade brasileira, no desenvolvimento de um jogo remoto para o ensino de conceitos de logística de transporte e distribuição.

Este modelo de referência ainda se encontra em estágio de aperfeiçoamento, tendo em vista a realização de poucas aplicações. Pretende-se, em trabalhos futuros, aplica-lo para o desenvolvimento de jogos remotos voltados ao ensino de tópicos referentes às diversas áreas da engenharia, de forma a posiciona-lo como mais um modelo cientificamente válido para o desenvolvimento de experimentos remotos em engenharia.

6 REFERÊNCIAS

AGOGUÉ, M., LEVILLAIN, K. e HOOGE, S. Gamifcation of Creativity: Exploring the Usefulness of Serious Games for Ideation**. Creativity and Innovation Management 24**, 2015.

ARNAB, S. et al. Mapping learning and game mechanics for serious games analysis. **British Journal of Educational Technology 46**, 391-411, 2015.

BACK, N. et al **Projeto Integrado de Produtos:** planejamento, concepção e armazenagem. Manole, 2008.

BODNAR, C.A., et al. Engineers at Play: Games as Teaching Tools for Undergraduate Engineering Students. **Journal of Engineering Education.** V.5, N.1, 147-200. 2016.

BRAGHIROLLI, L.F. et al. Benefits of educational games as an introductory activity in industrial engineering education. **Computers in Human Behavior 58**, 315-324, 2016.

DETERDING, S., DIXON, D., KHALED, R., & NACKE, L. From game design elements to gamefulness: Defining "gamification". **MindTrek '11**, 2011.

MAYER, I. et al. The research and evaluation of serious games: Toward a comprehensive methodology. **British Journal of Educational Technology 45**, 502-527, 2014.

MAGERKURTH, C. Hybrid gaming environments: keeping the human in the loop within the Internet of things. **Universal Access in the Information Society 11**, N.3, 273-283. 2012.

MENDES, L. A., DEBNER, M. e SIQUEIRA, M. Systematization of the WebLabs Development Process: Towards an Approach Proposal. **International Conference on Engineering Education ICEE**, 2010.

NAGALINGAM, V. & IBRAHIM, R. User Experience of Educational Games: A Review of the Elements. **Procedia Computer Science 72**, 423-433, 2015.

OMG – OBJECT MANAGEMENT GROUP. Unified Modeling Language. Disponível em: www.omg.org/spec/UML/2.5/PDF . Data de acesso: 30 de Março de 2017.

TRIANTAFYLLAKOS, G., PALAIGEORGIOU, G. and TSOUKALAS, I.A. (2011) Designing educational software with students through collaborative design games: The We!Design&Play framework. **Computers & Education 56**, 227-242, 2011.

UHLMANN, T.S., BATTAIOLA, A.L. e HEEMANN, A. Design Thinking e Ciência da Fábrica: uma abordagem centrada no usuário por meio do Roleplaying Game. **Revista Estudos em Design.** v.22, 2014.

UHLMANN, T.S., e MENDES, L. A. Jogos Remotos: perspectivas de aplicação conjunta de Aprendizagem Baseada em Jogos e Experimentação Remota no ensino de engenharia. In: **COBENGE 2016 – XLIV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**, Natal, RN, Setembro de 2016.