

# APLICAÇÃO DA MANUFATURA ADITIVA NO DESENVOLVIMENTO DE JOGOS DE CONCEPÇÃO PARA DINÂMICAS DE ENSINO

**Thiago Barboza Crespo (UFRJ)**

thiagobc1988@gmail.com

**Joao Marcos Viana de Quadros Bittencourt (UFRJ)**

jotabittencourt@yahoo.com.br

**Francisco Jose de Castro Moura Duarte (UFRJ)**

duarte@pep.ufrj.br



*A utilização de jogos em cursos de graduação estimula os alunos a incorporem conceitos através da vivência simulada. Esses jogos são utilizados para o aprendizado, é uma técnica para reforçar os conceitos discutidos em aulas expositivas, permitindo uma imersão dos alunos no tema. A concepção destes jogos, contudo, demandam trabalho na elaboração de dinâmicas que permitam colocar em evidências os conteúdos da disciplina, além de exigir suportes adequados para que esses jogos possam ser postos em prática e jogados pelos participantes. A proposta deste trabalho foi analisar a utilização de um jogo de concepção com o objetivo de verificar qualitativamente o quão bem os alunos incorporam os conceitos propostos e a adequação do suporte para o uso do jogo. O caso analisado envolveu uma maquete produzida para discutir temáticas de ergonomia com turmas de graduação e pós-graduação. Para o jogo em questão, foi usada a tecnologia de prototipagem rápida para a produção de uma maquete de escritório de atendimento a clientes de uma repartição pública. A utilização da prototipagem rápida permitiu a produção de elementos plásticos personalizados a partir de modelagens virtuais feitas especialmente para este jogo: trata-se da construção sobre medida de um tabuleiro de plástico. O método do estudo é o Estudo de Caso, sendo do tipo descritivo. As unidades de análise do estudo serão: o aprendizado dos alunos, descrevendo os conceitos mais bem incorporados pelos estes após a proposta e comparando com os objetivos dos professores; e a utilização do tabuleiro, observando como a técnica de produção do mesmo impõem limites à dinâmica ou permite ações que reforçam a proposta do jogo. Essas informações foram obtidas através da análise dos jogos durante a aplicação,*

*assim como em reuniões de debriefing com os alunos e professores envolvidos na dinâmica. O estudo foi realizado com utilização de um primeiro jogo-protótipo em fase de testes dentro do grupo de pesquisa, foi posteriormente utilizado com turmas de graduação e pós-graduação no primeiro período de 2016. Com base neste trabalho esperou-se gerar aprendizados e referências para a criação de novos jogos de concepção. No caso particular deste jogo, desejou-se também avaliar a utilização da prototipagem para esse objetivo, colocando em destaque as possibilidades e restrições deste tipo de técnica na produção de jogos. Esperou-se com este trabalho estimular a criação de novos jogos para serem usados em salas de aula e tornar os cursos mais dinâmicos na transferência de seus conteúdos.*

*Palavras-chave: manufatura aditiva, jogos de concepção*

## 1. Introdução

A utilização de jogos de concepção em cursos de graduação é uma forma de propor aos alunos incorporarem conceitos através da vivência simulada. Jogos educativos ajudam os alunos a integrar diferentes conhecimentos passados em sala em situações práticas, e a interatividade com a situação requer uma reflexão sobre os temas discutidos antes, de modo que eles mobilizem conceitos e modelos aprendidos para formular suas decisões Braghirolli *et al.* (2016) Neste trabalho será apresentado o planejamento e execução de jogo que simula uma situação de projeto utilizando uma maquete feita com prototipagem rápida. Aspectos como adequação do suporte e eficiência da dinâmica no que tange a compreensão dos conceitos pelos alunos serão colocados em discussão.

O método complementar de ensino contribui em transmitir os conceitos em sala de aula, buscando despertar maneiras diferentes o entendimento e compreensão de conceitos e abordagens de trabalho. Segundo Braghirolli *et al.* (2016) os jogos são um novo método para atrair novos alunos na aprendizagem dos conceitos, despertar interesse e motiva-los a aprender o conteúdo ao longo do curso. O aspecto motivacional é uma das principais contribuições dos jogos educativos, predominantemente para os alunos na participação da atividade educativa. A variedade de formatos de jogos e objetivos de ensino é grande, por exemplo, o jogo Delta Design desenvolvido por Bucciarelli (1991), apresenta uma situação hipotética de projeto em que um grupo formado por integrantes com atribuições diferentes deverão negociar e colaborar para atingir um objetivo comum. Outro jogo desenvolvido por Braatz *et al.* (2016), apresenta uma proposta de jogo que coloca em conflito a dificuldade de atender demandas de trabalho de uma sala de controle com os limite espaciais e financeiros presente em qualquer projeto de sistemas de trabalho.

O jogo educacional aqui apresentado foi confeccionado utilizando manufatura aditiva, especificamente da tecnologia FDM (*Fused Deposition Modeling*), tendo as peças plásticas em ABS (Acrilonitrila butadieno estireno). Segundo Volpato (2006) o que caracteriza esse

tipo de tecnologia é a conformação de geometrias através da adição de camadas. Essas tecnologias apresentam facilidade de sua automatização, dispensando moldes e ferramentas, minimizando consideravelmente a intervenção do operador durante o processo.

Modelos físicos feitos a partir de manufatura aditiva são obtidos a partir de modelos virtuais que são elaborados em softwares CAD (*computer aided design*) e convertidos em formato STL (*stereolithography*), obtendo-se fisicamente as peças com o apoio ferramental de impressoras 3D tendo pouca ou nenhuma interferência humana. O protótipo de um produto ou componente é parte essencial no seu processo de desenvolvimento, pois possibilita que a análise de sua forma e funcionalidade seja feita numa fase anterior à produção de ferramental definitivo (VOLPATO, 2006).

Apesar da manufatura aditiva - inicialmente denominada prototipagem rápida; ter sido desenvolvida para apoiar o processo de desenvolvimento de produto; existe hoje uma variedade de aplicações que nada tem a ver com obtenção de protótipos. Na literatura é possível encontrar aplicações na área médica, como na confecção de próteses e órteses na área médica (Meurer *et. al.*, 2008), estudos anatômicos para planejamento de cirurgias (Vyas, 2016) que permitem a redução do tempo de cirurgia e, conseqüentemente, reduzem a chances de infecção ou exposição de médicos a situações de risco (Tack, 2016). As áreas de paleontologia e arqueologia também apresentam utilizações interessantes na reprodução de fósseis ou objetos raros para estudo ou exposição (Azevedo e Carvalho, 2009).

Segundo Berman (2011) a manufatura aditiva também permite a produção produtos personalizados feitos sob encomendas, como dispositivos dentários e peças de substituição de baixo volume de produção, são normalmente encomendados em configurações únicas e em quantidades muito pequenas tendo como vantagem a capacidade de fornecer peças de baixa demanda com rapidez e baixo custo, sem o risco de formar estoque e não serem vendidas. Os exemplos acima servem para ilustrar a variedade de utilidades supridas pela manufatura aditiva. Dentre uma dela se insere seu uso para confecção das peças utilizadas no jogo de concepção aqui abordado.

O jogo utilizado neste projeto foi adaptado de uma criação dos professores Pascal Béguin e Joel Maline, e trazido por alunos de pós-graduação que fizeram sua formação na França com um destes professores. O jogo simula o projeto de integração de escritórios diferentes atribuições de atendimento da previdência social. Nos próximos itens deste texto, serão apresentados mais detalhes do funcionamento do jogo, de sua aplicação seguido da discussão do trabalho com base no que foi observado.

## **2. Metodologia**

O método utilizado para analisar a execução do jogo pelos alunos foi baseado no Estudo de Caso (Yin, 2003). O método do Estudo de Caso se adequa para estudos de fenômenos contemporâneos que ocorrem sem controle experimental, no caso, a aplicação de um jogo de concepção em diferentes turmas de graduação. O levantamento do material empírico foi feito por observação direta durante a aplicação do jogo, seguido de entrevistas com alunos e os professores sobre suas percepções da atividade.

### **2.1 Organização do caso**

A proposta do jogo envolve o agrupamento de unidades de atendimento da previdência social que vinham trabalhando em locais diferentes e que, a partir agora, passariam a trabalhar no mesmo ambiente. A proposta apresentada para equipe de projeto é de agrupar dentro de um espaço de determinado 23 trabalhadores de diferentes áreas de atendimento (saúde, atendimento para idoso, afastamento por doença e cotização social), quatro gerentes de cada uma das áreas e um profissional que atua no recebimento e postagem de dossiês pelo correio. Além do agrupamento, espera-se que a equipes de trabalho apresente uma proposta de layout que favorece a comunicação e que contribua para que os profissionais de diferentes especialidades se tornem polivalentes ao longo do tempo.

O material apresentado ao grupo é uma maquete de 80x44cm com conjunto de mesas, armários e cadeiras em escala 1/25. A estrutura da maquete foi feita em impressão em papel com indicação de janelas, portas e paredes. Os móveis, por sua vez, reproduzidos utilizando software de modelagem 3D e reproduzidos utilizando equipamento de manufatura aditiva, em

FDM com material ABS.

O jogo foi aplicado em duas turmas tendo perfis diferentes, primeiramente o jogo foi aplicado em uma turma com vinte e três alunos do quarto período de graduação de Terapia Ocupacional. A segunda aplicação do jogo ocorreu com doze alunos de graduação do quarto período de Desenho industrial Projeto de Produto.

Os alunos foram apresentados às prerrogativas do jogo em uma introdução de cerca de vinte e cinco, quando foram apresentados às regras, objetivos e possíveis dúvidas. O tempo de execução do jogo foi de quarenta e cinco minutos para os alunos. Em seguida, cada grupo apresenta sua proposta mostrando como abordou cada objetivo no projeto e as vantagens e funcionamento das soluções pensadas e respondem a dúvidas e provocações feitas pelos demais colegas e professores. Em seguida, é feita uma discussão dos principais pontos de aprendizado do jogo e conclusões que os professores gostariam que os alunos chegassem com o jogo.

Figura 1 - Aplicações do jogo



Fonte: Acervo do autor (2016)

## 2.2 Análise

Esse estudo teve o objetivo de avaliar a compreensão dos conceitos apresentados em aula através do jogo e avaliar a adequação do tabuleiro de feto de manufatura aditiva. Para ambos os focos, dados foram obtidos no acompanhamento do jogo e, posteriormente, com entrevistas com alguns participantes.

A discussão dos grupos de alunos foi acompanhada por observação direta não participativa do aluno de iniciação científica tendo compilados dados e os principais pontos de discussão debatidos em intervalos de cinco minutos cada. Esses pontos de discussão são a chave para saber se o grupo estava abordando os temas discutidos no curso em relação a organização do trabalho e trabalho em colaboração, tal como se era esperado pelos professores. Os pontos de discussão fora divididos em: compreensão da proposta do jogo, debate sobre aspectos físicos da organização do espaço, formas possíveis de trabalho na nova situação proposta e estratégias para tornar as pessoas polivalentes. Os dados foram compilados em uma tabela, mostrando nos intervalos sequências de 5 minutos em que ponto focal a discussão do grupo ficou concentrada. Os quadros dos diferentes grupos foram então comparados com o quadro referente à expectativa dos professores representando o que eles considerariam um grupo bem sucedido.

A adequação do tabuleiro de prototipagem foi analisada durante o uso, procurando observar a facilidade dos alunos em reconhecer e compreender as situações propostas, se o material resiste ao manuseio e se de alguma maneira gera algum tipo de dificuldade ao uso. Essa adequação foi observada durante a aplicação do jogo, e posteriormente, discutida em entrevistas com alunos e professores.

## 3. Resultados

O ponto de partida para entender a aplicação do jogo e seus resultados é compreender a expectativa dos professores que aplicaram o jogo. O jogo apresenta uma proposta de projeto com dois objetivos: agrupar as equipes em um novo layout de escritório e que com o tempo as diferentes equipes se tornem polivalente. A questão principal do jogo não passa pelo layout

em si: as mesas, janelas, portas e as metragens de estoque de armário são apenas uma distração. O foco da discussão precisa ser a organização do trabalho em torno do aprendizado dos atendentes nas demais especialidades. Sem a discussão desta organização, não é possível atender a demanda do projeto. A distração visa que os alunos observem que: sem a discussão do conteúdo do trabalho não é possível pensar soluções de projeto do espaço de trabalho.

A expectativa dos professores é que a discussão passe pelo seguinte desenvolvimento: compreensão das regras e alinhamento da demanda do grupo seguido da discussão de possíveis soluções de projeto. Os critérios para definir onde localizar os móveis depende da construção de um referencial de como os especialistas vão trabalhar no futuro. Por fim, esse referencial não pode ser simplesmente uma transferência do trabalho atual, em que os especialistas trabalham isolados; mas uma nova organização do trabalho em que esperasse um aprendizado entre os especialistas que os tornem polivalente. Discutido esse ponto, esperasse então um retorno à organização do espaço para concluir uma proposta a ser apresentada.

A tabela 1 traduz essas expectativas dos professores diante da abordagem esperada pelos alunos ao longo do tempo de execução do jogo. O período de tempo é analisado em intervalos de 5 min, cruzando essa informação temporal com o principal tema de discussão durante o intervalo.

Tabela 1 - Expectativa do professor/aplicador para o desenvolvimento do jogo pelos alunos

Tema \ Período	5	10	15	20	25	30	35	40	45
O trabalho de forma polivalente					X	X	X		
Trabalho no futuro				X				X	
Soluções físicas posição do mobiliário		X	X				X	X	X
Compreensão da proposta.	X	X							



Fonte: Criação do autor (2016)

A primeira aplicação foi com a turma de Terapia Ocupacional que contou com vinte e três alunos divididos em dois grupos. Observou-se no grupo acompanhado que não se atentaram a questão da polivalência como esperado, não tendo sido o principal foco de discussão durante o jogo. A questão da polivalência foi abordada no sentido de oferecer cursos e treinamentos para equipes. Também se observou dificuldades de interação, conflitos e discordância entre os participantes; como seria esperado em uma situação de projeto. No fim, ambos os grupos apresentam uma proposta de layout do escritório atendendo de maneira satisfatória a demanda quanto aos objetivos propostos. Na tabela a seguir é apresentado o desenvolvimento da discussão do grupo acompanhado durante a aplicação do jogo:

Tabela 2 - Desempenho da turma de Terapia Ocupacional

Tema \ Período	5	10	15	20	25	30	35	40	45
O trabalho de forma polivalente									
Trabalho no futuro				X	X	X	X	X	
Soluções físicas posição do mobiliário		X	X	X		X			X
Compreensão da proposta.	X	X							

Fonte: Criação do autor (2016)

A segunda aplicação ocorreu com a turma de Desenho Industrial, que contou com um grupo de doze alunos. Possivelmente, pelo perfil da formação voltada para o projeto, a turma avançou mais rápido na proposta e na apropriação do jogo. Rapidamente, propostas de organização do layout foram sendo sugeridas e debatidas no grupo. No momento em que a discussão se voltou para a polivalência, o grupo debateu como organizar esse aprendizado e as propostas anteriores foram rapidamente alteradas. Houve também preocupações, desde o início do jogo, relativas à forma como o fluxo de informações se daria pelos profissionais.

Tabela 3 - Desempenho da turma de Desenho Industrial Design de Produto

Tema \ Período	5	10	15	20	25	30	35	40	45
O trabalho de forma polivalente							X		
Trabalho no futuro						X			
Soluções físicas posição do mobiliário	X	X	X	X	X			X	
Compreensão da proposta.	X								

Fonte: Criação do autor (2016)

Ao final do jogo, foi realizado entrevistas com alunos sobre a aplicação do jogo. Alguns alunos da turma de Terapia Ocupacional manifestaram a dificuldade de se localizar no espaço. Alguns requisitos envolviam áreas de arquivo, exigindo medições e cálculos em escala, o que levou a propostas de marcação quadriculada na proporção da escala 1/25 na qual auxiliaria no planejamento do espaço. Quanto à identificação e manuseio das peças em manufatura aditiva, todos os grupos se demonstraram favoráveis ao uso e assimilação da proposta. Não houve peças danificadas ou deformadas durante o jogo (mesmo quando derrubadas), e todos os elementos foram reconhecidos com facilidade. Alguns alunos manifestaram que representações bidimensionais serviriam da mesma maneira. Outros acharam que representações bidimensionais iriam desfavorecer colegas com menos facilidade de

visualização espacial, enquanto a representação tridimensional facilitou a visualização das propostas e dos espaços disponíveis para todos de uma maneira geral. Quando perguntados sobre qual aprendizado é obtido com jogo, um dos alunos ressaltou a maior compreensão quanto à composição de um ambiente de trabalho. Os entrevistados também afirmam que planejar o trabalho futuro é mais complexo que apenas montar o ambiente físico, necessitando compreensão do trabalho desempenhado para desenvolver novas formas de trabalhar e não somente planejar a posição de móveis.

#### 4. Discussão

Com relação ao uso do jogo faz-se pertinente observar que as peças tridimensionais facilitam a imersão e reconhecimento dos elementos. Não sendo observadas dificuldades quanto ao manuseio das peças, posicionamentos, reconhecimento ou interferência na capacidade de distribuições ou arranjos. Sendo feitas por manufatura aditiva permitiu que o material fosse feito sob medida no que tange quantidade e características dos elementos. A tecnologia também permitiu produzir elementos mais figurativos que feitos a mão, tornando os elementos mais facilmente reconhecido e identificados de acordo com o que se propunham, tendo sido observada a rápida aprovação e apressado dos alunos pelas peças. As peças se demonstraram resistentes a impactos e a utilização durante os jogos não havendo identificação de avarias físicas ou mecânicas.

Quanto à escala escolhida, 1/25, alguns alunos apresentaram problemas com o entendimento da redução. Alguns alunos encontraram dificuldades na prática projetual do jogo. As turmas de diferentes cursos de graduação partiram de uma mesma proposição verbal, mas com dinâmicas variadas. A questão imaterial da discussão não avançou como esperado, um dos grupos de Terapia Ocupacional se fixou a movimentação das peças para dimensão do trabalho, quando se ativeram a polivalência aos dez minutos finais do jogo gerando modificações expressivas no arranjo final na proposta.

O fato dos alunos terem poucas informações a respeito do trabalho desenvolvido na repartição pública fictícia foi apontado por todos os grupos como um fator limitante para a discussão. No

entanto essa limitação é proposital no jogo, para que se perceba a importância de se conhecer o trabalho desenvolvido em buscar a polivalência. Apesar da dificuldade de apreender esse aspecto durante o jogo, os alunos declaram que durante a discussão esses aspectos ficaram claros e perceberam, com a vivência do jogo, a importância e dificuldade de apreender a dimensão do trabalho durante o projeto.

Algumas limitações do trabalho precisam ser observadas. Primeiro que foi apenas possível analisar duas aplicações durante o período do estudo. O registro de outras aplicações poderia dar mais estabilidade ao resultado no sentido de verificar quanto tempo os grupos demoram em chegar à questão da polivalência. Outro fator foi que a diferença de perfil dos alunos das turmas analisadas pode ter interferido em sua compreensão da proposta e, conseqüentemente, nos resultados de aprendizado. O que reforça a importância da discussão a posteriori do jogo, que ajuda a reforçar o aprendizado e nivelar possíveis desentendimentos durante o jogo.

## 5. Conclusão

A expectativa quanto a apropriação do conceito de polivalência não foi totalmente alcançada durante o jogo conforme esperado, apesar das variações de compreensão durante o jogo, o período de discussão após a partida se apresentou essencial para a compreensão e fixação dos conceitos. Esse momento de *debriefing* do jogo é essencial e já foi observado por outros autores. Nesta aplicação, o jogo permitiu uma discussão voltada para explanação dos conceitos de ergonomia, postos de trabalho, objetos intermediários e relações interpessoais.

Os suportes usados feitos de manufatura se apresentaram como uma solução adequada. As peças feitas de plástico foram fáceis de serem produzidas nas quantidades necessárias, sem a necessidade de trabalho manual ou acabamentos elaborados. As peças feitas foram de fácil reconhecimento, resistentes e deram um aspecto de tridimensionalidade ao jogo que foi positiva e apreciada pela turma. A utilização deste tipo de recurso para jogos de ensino poderia ser expandida para criação de novos jogos.

## 6. Agradecimentos

Agradecemos ao programa PIBIC UFRJ pela bolsa de iniciação científica oferecida ao aluno durante o período do projeto

## REFERÊNCIAS

AZEVEDO, S.A.K., CARVALHO, L.B., 2009, O uso da tomografia computadorizada no estudo de vertebrados fósseis. In: H. WERNER JR.; J. LOPES (org.), *Tecnologia 3D Technologies: Paleontologia, Arqueologia e Fetologia*, 1ª ed., Capítulo 1, Rio de Janeiro, Livraria e Editora Revinter.

BERMAN, B., (2013). 3D printing: the new industrial revolution. *IEEE Engineering Management Review*, 41(4), p. 72–80.

BRAGHIROLI, L.F., RIBEIRO, J.L.D., WEISE, A.D., PIZZOLATO, M., (2016). Benefits of educational games as an introductory activity in industrial engineering education. *Jornal of Computer in Human Behavior*, Mai. 31, Vol.58, p. 315 – 324.

BRAATZ, D.; BRITO, E.P.; TONIN, L.A.; SILVA, S.L.. Ensino de ergonomia e projeto: experiências de aplicação de uma dinâmica de concepção de espaço de trabalho. In: Congresso Brasileiro de Ergonomia - ABERGO 2016, 2016, Belo Horizonte. Anais Eletrônico do Congresso Brasileiro de Ergonomia - ABERGO 2016, 2016.

BUCCIARELLI, L. L. "Delta Design Game", MIT, 1991.

MEURER, M.I., MEURER, E., SILVA, J.V.L., BÁRBARA, A.S., NOBRE, L.F., OLIVEIRA, M.G., SILVA, D.N., 2008, "Aquisição e manipulação de imagens por tomografia computadorizada da região maxilofacial visando à obtenção de protótipos biomédicos", *Radiologia brasileira*, v. 41, n.1, p. 49-54.

TACK, P., VICTOR, J., GEMMEL, P., ANNEMANS, L., (2016). 3D-printing techniques in a medical setting: a systematic literature review. *Biomed Eng Online*; 15:115. 10.1186/s12938-016-0236-4

VOLPATO, N. Prototipagem Rápida: Tecnologias e Aplicações. São Paulo: Edgard Blücher, (2007), p. 2 – 3

VYAS, S. G., DHANDEM M. L., JAIN, N. S. (2016). Computerised rapid prototyping of human foot using computed tomography. International Journal of Design Engineering, Mai. 5, Vol.6 (2), p.164

YIN, Robert K. Estudo de caso – planejamento e métodos. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2003, p. 92