

Spatial skills and the education of architecture and urbanism: use of Minecraft game for shape and geometry study

Carlos Eduardo da Rocha Santos¹, Maria Angela Dias¹, Frederico Braida²

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil
carlos.rocha@arquitetura.ufjf.br
magedias@gmail.com

² Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil
frederico.braida@arquitetura.ufjf.br

Abstract. The focus of this article is to highlight the use of digital games as a tool for developing of spatial skills, due to their immersive, playful character and for generating environments with creative possibilities through a digital platform, aspects amplified in the simulated environment. As part of ongoing research, the present work presents an experience of the application of the Minecraft game in the first-year class of an Architecture and Urbanism course. As a methodology, the application took place in two meetings, in which, following the structure of Bloom's taxonomy, students developed three creative activities relating to architecture and geometry. What was observed was that the students demonstrated development in the knowledge of the geometry of the architectures studied, creating new relationships between abstract forms and the possibilities of materialization of the built environment.

Keywords: Digital education, Digital games, Spatial skills, Architecture and Urbanism, Teaching Observation

1 Introdução

Ao longo da história, o estudo da compreensão e representação do espaço evoluiu conforme os seres humanos foram sendo capazes de sistematizar esse conhecimento. Nos últimos anos, constantes debates buscavam responder qual era a geometria necessária para a arquitetura da atualidade, o que permitiu uma ampliação do campo de estudo.

Habilidades como visão espacial, capacidade de representar objetos no plano bidimensional, interpretação de desenhos e resolução de problemas espaciais, devem ser estimuladas ao se ensinar Geometria Descritiva,

segundo Valente (2018). A visão espacial se destaca como a principal habilidade para que seja possível adquirir as demais e essencial para compreender o ensino de geometria para projetistas, complementa Valente (2018). Martín-Gutiérrez et al. (2010) destacam que um dos pontos relevantes da geometria, para o ensino de arquitetura, é desenvolver a visão espacial, ou seja, o conhecimento geométrico aplicado a operações espaciais. À construção desses conhecimentos, atribui-se o termo habilidades espaciais.

O presente artigo apresenta uma experiência de atividade, proposta com jogos digitais, utilizando o Minecraft, para o desenvolvimento das habilidades espaciais no ensino de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Juiz de Fora. A atividade foi realizada no ano de 2022 e foi voltada especificamente para os alunos recém-ingressos no curso (alunos do primeiro período). O principal objetivo é evidenciar o uso dos jogos digitais como uma ferramenta para o desenvolvimento das habilidades espaciais, principalmente por seu caráter imersivo, lúdico e, por meio da plataforma digital, gerar ambientes com possibilidades criativas além dos limites dos recursos físicos, que se estendem através do ambiente simulado.

Através de um processo de revisão de literatura, reunindo um conjunto de referências bibliográficas, foi obtido com o intuito de formar uma base referencial e conceitual para a pesquisa. Os principais canais de busca de artigos foram os bancos de dados Periódicos CAPES, Google Acadêmico, Banco de Teses da Capes e o SCIELO.

O artigo está dividido em 5 itens que compreendem: conceituação das habilidades espaciais; importância dos jogos digitais e o desenvolvimento das habilidades espaciais, metodologia da atividade proposta, discussão dos resultados e considerações finais.

2 Habilidades espaciais

A compreensão do espaço arquitetônico e urbano envolve diferentes tipos de habilidades ligadas à percepção do espaço e de como as formas se relacionam. Montenegro (2005) situa as habilidades espaciais no intermédio entre a representação geométrica 2D e 3D e a fantasia, ocupando um espaço entre a lógica e a fantasia.

A habilidade espacial é uma capacidade humana que pode ser estimulada ou abandonada, afirma Montenegro (2005). A estimulação constante promove uma melhoria do raciocínio espacial e pode se dar através de exercícios que envolvem rotação mental de figuras, orientação espacial, reconhecimento de rostos, leitura de mapas, analogia de formas, vistas ou perspectivas de outro ângulo, interpretação múltipla de uma mesma figura, a percepção de padrões que parecem confusos, a velocidade e compreensão da visualização espacial e outros aspectos. (Montenegro, 2005, p. 8)

A habilidade espacial de um indivíduo pode ser influenciada por diversos fatores, alguns presentes nas experiências de vida, como apontado por Marunic e Glazar (2014). Para os autores, entre algumas experiências que auxiliam no processo de desenvolvimento da criança estão brincar com blocos de construção, desenhar ao longo da infância e adolescência, jogar jogos de computador que utilizem recursos tridimensionais, praticar esportes e praticar as habilidades matemáticas. Fatores como idade e sexo são reconhecidos como fatores que também podem influenciar no desenvolvimento das habilidades espaciais.

Howard Gardner (1994) aborda o conceito do desenvolvimento das habilidades espaciais, que define o conceito das múltiplas inteligências. Dentre elas, a inteligência espacial é apontada, a qual, para Gardner (1994), envolve as “capacidades de perceber o mundo visual com precisão, efetuar transformações e modificações sobre as percepções iniciais e ser capaz de recriar aspectos da experiência visual, mesmo na ausência de estímulos físicos relevantes.” (Gardner, 1994, p. 156)

Segundo Gardner (1994), a inteligência espacial é importante para se orientar pelas localidades e espaços. É bastante utilizada em representações gráficas bidimensionais ou tridimensionais, sejam artísticas, como artes gráficas e esculturas, ou técnicas como plantas, mapas, diagramas e forma geométricas.

3 Jogos digitais e o desenvolvimento das habilidades espaciais

Os jogos eletrônicos (ou digitais), segundo Petry (2016), são frequentemente utilizados na educação básico e médio, mas poucas experiências são focadas no ensino superior. Chandrasekharan et al. (2010) salientam que o jogo utilizado em sala de aula permite experiências que abstraem o indivíduo da realidade, assim como aumentam a correlação entre a narrativa e o aprendizado.

Green e Bavelier (2003) e Spence e Feng (2010) indicam quais são os gêneros de jogos considerados mais efetivos no desenvolvimento das habilidades espaciais. Santos, Dias e Braida (2020), ao analisarem estes dados, apontam que são os de ação, condução, quebra-cabeça, labirinto, sandbox e mundo aberto.

Richardson e Collaer (2011) salientam que as diferenças de habilidades espaciais entre indivíduos desaparecem com a aplicação de atividades com jogos, algo também reconhecido por Lin, Chen e Lou (2014) e Cherney (2008). Já Jirout e Newcombe (2015) indicam que os jogos diminuem, mas não eliminam tais diferenças.

Além disso, Bowman et al. (2014) salientam que videogames menos difíceis são mais prazerosos e efetivos em indivíduos que não são jogadores

frequentes. Cubukcu (2010) também apresenta uma importante contribuição no que tange ao desenvolvimento das habilidades espaciais, ao apontar que não existe diferenças significativas no uso de jogos com gráficos mais ou menos fiéis à realidade, pois a interação com a forma e com o espaço é mais importante do que o aspecto gráfico.

Dos estudos encontrados, apenas o de Valente (2018) estava diretamente relacionado ao tema das habilidades espaciais e o ensino da Arquitetura e Urbanismo, pois as pesquisas, em geral, referem-se, principalmente, a cursos de tecnologia, como no caso de Martin-Dorta et al. (2013) e Lamb, Akmal e Petrie (2014), ou a estudos com alunos de ensino básico e médio, como Kell, Lubinski e Benbow (2014) e Hung et al. (2012). Ainda, de forma indireta, pode-se mencionar as pesquisas de Braida et al. (2015; 2016) sobre o uso dos jogos *Minecraft* e *LEGO Digital Designer* para a concepção de projetos arquitetônicos e para o estudo da forma. Portanto, o direcionamento para Arquitetura e Urbanismo, assim como no processo de manipulação das formas, é um campo ainda em estudo.

4 Metodologia da proposta de atividades com jogos digitais

Os resultados apresentados neste artigo decorrem da experiência de aplicação de atividades para o desenvolvimento das habilidades espaciais com alunos do primeiro período do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Juiz de Fora, no ano de 2022. Esta atividade faz parte da pesquisa de doutorado do primeiro autor deste artigo, sob orientação da segunda autora e coorientação do terceiro autor.

Como o objetivo é desenvolver as habilidades espaciais de estudantes que ainda não se aprofundaram nos conhecimentos sobre a forma da arquitetura, por estarem no início do curso, o jogo digital *Minecraft* se mostrou adequado, mesmo possuindo formas simples.

No *Minecraft*, o jogador, com a visão em primeira pessoa, deve explorar ambientes inóspitos, coletar recursos e construir estruturas que o permitam sobreviver e prosperar. Quase todos os elementos do jogo são baseados em cubos regulares e suas transformações, desde o ambiente, elementos naturais e paisagens até os personagens e animais.

Como base temática para o estudo geométrico com a interface do *Minecraft*, foram utilizadas as operações formais definidas por Di Mari e Yoo (2018). Trata-se de verbos que definem operações sobre a forma, definidas em ações aditivas, subtrativas e de deslocamento, baseando-se nas transformações observadas nas composições.

Com estas questões, os exercícios propostos foram agrupados, em momentos distintos, em dois encontros. Estes dois grupos foram divididos, segundo a taxonomia de Bloom et al. (1956) revisada por Anderson et al.

(2001), que descreve os passos que um aluno deve percorrer para alcançar o desenvolvimento de um conhecimento. A taxonomia compreende as etapas de recordar, compreender, aplicar, analisar, avaliar e criar.

O primeiro encontro compreendeu as etapas de recordar, compreender e aplicar. Neste encontro, foram propostos exercícios que apresentassem as operações formais e desenvolvessem atividades lúdicas de composição de formas arquitetônicas, utilizando as operações formais. O uso do Minecraft, neste encontro, visou explorar exemplos práticos mais simples, antes do exercício de desenvolvimento de uma residência, para que os alunos se familiarizassem tanto com as operações formais quanto com a interface do jogo.

O segundo encontro englobou, primeiramente, as etapas de analisar e avaliar. Focou-se na compreensão e reprodução das formas geométricas das arquiteturas através da identificação das operações formais que as sustentam, passando pelo processo de identificação e análise das descrições obtidas. Neste encontro, foram apresentadas arquiteturas prontas em arquivos salvos de Minecraft, os quais os alunos deveriam, através da observação da interface dos jogos, identificar e postular os princípios das operações formais que as regem. Foram entregues manuais com algumas operações estudadas, para que servissem como guia para o estudo. Ainda no segundo encontro, foi estimulada etapa de criação da taxonomia. Nesta etapa foram avaliadas as operações identificadas sob suas variações, demandando dos alunos decomposição, recombinação e reinterpretação das operações formais, demonstrando, portanto, seu conhecimento das informações absorvidas.

O que o jogo escolhido oferece de mais interessante é que todas estas etapas descritas ocorreram em um ambiente narrativo, onde as formas estão situadas em terrenos que possuem vegetação, água, árvores, sol, chuva e noite, ou seja, não serão formas vazias em um espaço hermético e “frio”, além de ser possível aplicar materiais e texturas. A escolha da temática e do terreno foi essencial em todas as etapas, bem como lidar com as consequências da passagem do tempo. Além disto, o jogo, a todo o momento, coloca o indivíduo na escala do observador, portanto as manipulações formais da arquitetura aproximaram a forma da pessoa, o que se configura como um dos princípios das qualidades dos jogos para o desenvolvimento das habilidades espaciais. Por fim, sobre o jogo, todo o processo é essencialmente ativo, não existindo o aluno passivo (desde que deseje participar do estudo), portanto, configurando o processo de busca por conhecimento atrelado à ação, o que pode tornar a experiência mais memorável.

5 Discussão dos resultados

A aplicação ocorreu no primeiro semestre de 2022, com 23 alunos do primeiro período do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal

de Juiz de Fora, de forma presencial. A aplicação se deu na disciplina de Estudo da Forma, que tem por ementa: “percepção espacial e manipulação formal. Aportes conceituais da análise bi e tridimensional da forma dos objetos arquitetônicos e urbanísticos. Objetos tridimensionais como ferramentas de concepção e representação projetual em arquitetura e urbanismo”. (UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA, 2018, P.6).

Os dois encontros, anteriormente mencionados, foram assim estruturados:

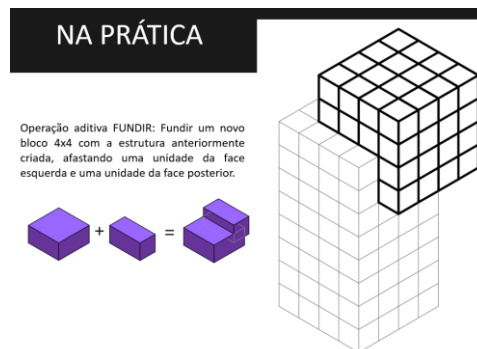


Figura 1. Instruções para a construção da casa 4x4. Fonte: autores.

No primeiro encontro com duração de 3 horas, os alunos foram, inicialmente, introduzidos ao tema das operações formais, composição geométrica aplicada à arquitetura e ao estudo das relações da forma e do espaço. Após essa introdução, os alunos exercitaram o uso do Minecraft, entrando em contato com a sua interface, com a mecânica do jogo e seus princípios básicos. Essas duas etapas iniciais foram essenciais para que os alunos compreendessem as características da atividade que iriam realizar e conhecessem as “regras do jogo”. Todas as atividades utilizaram a escala 1:1 do Minecraft, respeitando, portanto, a escala do personagem controlado. Este ponto é essencial para colocar o aluno no ponto de vista do observador.

Após o primeiro momento, os alunos desenvolveram uma pequena atividade, para que pudessem exercitar a interação com o jogo, na qual, apenas com a construção de cubos, executaram a forma simplificada da Casa 4x4 de Tadao Ando, localizada em Hyogo, Japão. Através de uma narração descrita das operações formais, os alunos puderam fazer a composição (Figura 1). Nesta atividade não foi solicitada a escolha de um terreno, pois se configurava apenas como uma atividade preliminar.

Após a execução, houve discussões acerca da composição da forma da arquitetura estudada. Foram levantadas questões de proporção, medidas, erros e acertos dos alunos. Em geral, utilizando-se da linguagem tridimensional, os alunos conseguiram desenvolver bem e rapidamente a atividade, porém, alguns alunos tiveram dificuldades na execução, errando proporção ou encaixe das peças (Figura 2).

No segundo momento do primeiro encontro, ocorreu o processo de execução de uma arquitetura narrada através das operações formais. A arquitetura escolhida foi Los Miradores, de Andrés Alonso, localizada na Argentina. Salienta-se que, por conta do caráter cúbico do Minecraft, as formas são simbólicas, mas o objetivo era a composição geral, entendimento do terreno e materialidade.

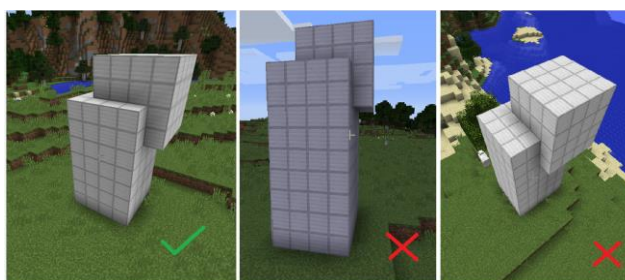


Figura 2. Erros encontrados na primeira atividade. Imagem da esquerda: forma correta. Imagem central: erro na altura do bloco vertical. Imagem da direita: erro no encaixe do bloco superior que está duas unidades afastada da borda. Fonte: autores.

Para a segunda arquitetura, o estudo deveria observar três momentos: 1) escolha de um terreno que atendesse à demanda solicitada (Figura 3); 2) indicação dos materiais que deveriam ser utilizados; e 3) narrativa da forma através das operações formais. Esta narrativa se deu de diferentes formas, alternando entre representações tridimensionais e bidimensionais, com o intuito de verificar o entendimento, dos alunos, das representações dadas. Nota-se, na Figura 3, a imagem da direita representa uma fachada dividida pelos blocos unitários do Minecraft. Após esta etapa, foi desenvolvida uma discussão acerca da composição desta forma, os pontos necessários e os erros e acertos dos alunos.

CASA DO MIRANTE
O TERRENO

A edificação se encontra em um terreno de planalto, em que a casa mira a paisagem ao se debruçar sobre a borda deste declive, mantendo sua altivez, como alguém que observa do alto.

CASA DO MIRANTE
OPERAÇÕES FORMAIS

Operações 02 E 03 – ESCULPIR E EXTRUDAR

Se olhar a fachada frontal de frente (a que está voltada para o declive), faça reentrâncias, conforme o esquema abaixo, para marcar as janelas. Em seguida, preencha a reentrância com blocos de vidro.

Figura 3. Exemplo das solicitações feitas em sala de aula. Fonte: autores.

Os erros mais recorrentes envolveram a implantação do edifício, por não se localizar sobre superfícies planas, e a indicação dos materiais solicitados. Nos exemplos da Figura 4, pode-se notar que, na forma, os alunos compreenderam

bem os comandos de operações solicitados, como por exemplo extrudar e sobrepor, porém, nas narrativas mais abstratas, os alunos necessitaram, em algumas vezes, de adaptações para se encaixar na descrição solicitada. Ao final do primeiro encontro, os alunos demonstraram e discutiram o trabalho desenvolvido, conheceram a arquitetura estudada no mundo real e deram suas opiniões sobre o resultado obtido. Em geral, os alunos demonstraram satisfação com o resultado e com a discussão desenvolvida.



Figura 4. Exemplo da modelagem desenvolvida pelos alunos. Fonte: autores.

O segundo encontro com duração de 3 horas, que ocorreu uma semana depois do primeiro encontro, teve como objetivo desenvolver o conhecimento das operações formais através dos processos de analisar, avaliar e criar, seguindo, ainda, os princípios da taxonomia de Bloom revisada. Conforme descrito, os alunos foram solicitados a analisar arquiteturas previamente apresentadas e identificar as operações formais que considerassem que se aplicassem melhor à forma estudada.



Figura 5. Arquiteturas dadas: MASP (Lina Bo Bardi), Poli House (Pezo Von Ellrichshausen), Casa Rio Bonito (Carla Juaçaba) e Cliff House (Mackay Lyons Sweetapple Architects). Fonte: autores.

Nesta etapa de identificação, os alunos analisaram as arquiteturas através da interface do jogo, passearam por seus espaços e deliberaram sobre a composição destas arquiteturas (Figura 5). Por ser um processo interpretativo, as discussões não se focaram em certo ou errado, mas sim, na compreensão das forças compositivas, nas relações de proximidade e nas diferenças entre as arquiteturas, bem como na complexidade resultante das soluções identificadas. Objetivou-se uma aproximação dos alunos para com o conteúdo estudado. Esta reflexão compreendeu os princípios de analisar e avaliar as arquiteturas.

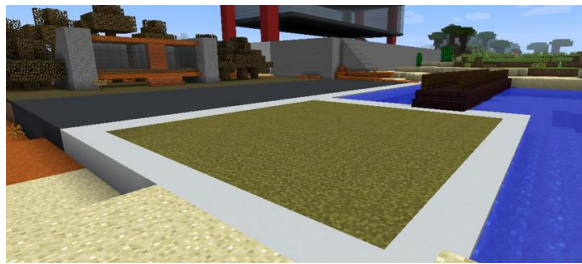


Figura 6. Terreno dado. Fonte: autores.

Por fim, atendendo à etapa de criação, os alunos criaram uma arquitetura utilizando as operações formais que haviam aprendido. Para esta criação, o enunciado dado foi: “Você foi convidado para fazer uma pequena residência na região dos quatro projetos arquitetônicos. A ideia é um projeto que te permita ver as arquiteturas e as paisagens do entorno, tendo por inspiração as formas dos edifícios vizinhos.” E as seguintes regras foram dadas para a realização da atividade em 30 minutos: 1) utilizar o terreno disponibilizado, não passando dos limites da grama 13x13 unidades (Figura 6), 2) escolher três operações formais da lista dada e aplicar na forma final, 3) utilizar no mínimo dois e no máximo quatro materiais diferentes e 4) não é necessário fazer o interior, apenas a envoltória externa (Figura 7).

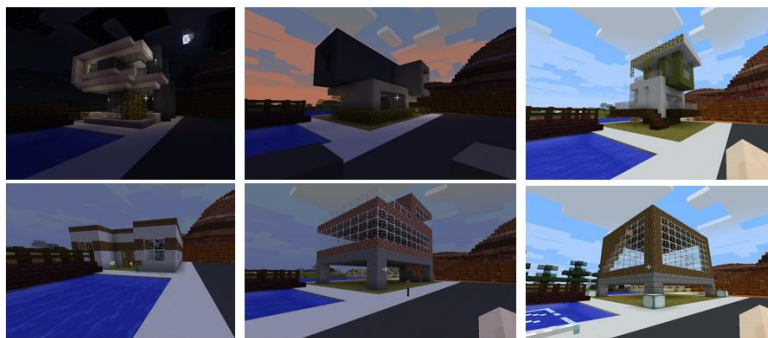


Figura 7. Projetos dos alunos no Minecraft. Fonte: autores.

O terreno possuía algumas características, como estar de frente para uma “rua” com arquitetura em seu lado oposto, possuir um lago e uma ponte em suas extremidades. Os resultados desta etapa foram diversos, com a exploração de composições arquitetônicas variadas.

Os principais pontos observados foram que alguns alunos seguiram fielmente as composições pautadas em formas geométricas básicas; outros, principalmente aqueles mais versados no jogo, se atentaram à estética. Algumas residências estavam integradas ao entorno imediato, localizando entradas e saídas em pontos estratégicos, enquanto outras estavam desconexas com o ambiente.

Da forma complexa à mais simples, a maioria dos alunos se atentou ao tema da residência, prevendo suas aberturas, acessos e relações. O ambiente em sala de aula se tornou lúdico e os alunos demonstraram interesse e proatividade em todas as etapas propostas.

6 Considerações finais

Os novos alunos que entram no ensino superior já nascem imersos nas plataformas digitais, e, dentre elas estão os jogos. O contato com o espaço tridimensional virtual se amplifica, criando relações com o chamado ciberespaço. Isto se reflete até mesmo nas plataformas digitais de trabalho do arquiteto e urbanista, como os softwares de representação 3D que aumentam cada vez mais em complexidade e possibilidades.

Nesta experiência, o ambiente virtual, caracterizado pela simulação de algumas características do mundo real, foi essencial para o desenvolvimento das atividades, pois, além de oferecer uma ferramenta de fácil manuseio aos alunos, o processo criativo se tornou imersivo. Os estudos e as criações arquitetônicas estavam permeados pelas condicionantes ambientais, como geografia, clima, vegetação, paisagens e passagem do tempo, criando uma maior complexidade dos estudos em um ambiente lúdico. Além disso, o Minecraft é um jogo digital popular em que os alunos, em geral, possuem experiência prévia, e por sua característica de interatividade com os blocos, foi possível explorar, além da geometria, o uso dos materiais, cores, transparências e implantações da arquitetura, algo de difícil reprodução fora de um ambiente digital.

O que se observou foi que os alunos demonstraram desenvolvimento nos conhecimentos da geometria das arquiteturas apresentadas. A associação das formas arquitetônicas com as ações criativas dos alunos leva mais clareza e compreensão de como o estudo dos conteúdos de geometria é importante para a formação de arquitetos e urbanistas. Compreender que a geometria não se limita à representação das projeções, e, conseqüentemente, plantas, cortes e fachadas, mas sim como meio para a atuação do arquiteto no mundo, através da criação de espaços, que por sua vez, são construídos por formas. Isto

promove a racionalização do processo de manipulação formal arquitetônica, a qual pressupõe o desenvolvimento das habilidades espaciais.

Como possíveis desdobramentos, a proposta das atividades permite a variabilidade de aplicação, explorando novos jogos, novas arquiteturas e novos ambientes digitais. O ponto principal caracterizado é a imersão e a associação entre a forma e o objeto construído.

Referências

- Anderson, L. W., & AI, E. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: a revision of Bloom's*. Pearson.
- Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational goals*. Handbook 1, Cognitive Domain. Longman.
- Braida, F., Rosa, A. A., Silva, I. F., Homem, D. M., & Jardim, A. da S. (2015). A exploração do mundo projetual dos blocos de montar por meio do jogo digital interativo Minecraft.. In *Anais do Congresso da Sociedade Iberoamericana de Gráfica Digital* (pp. 371–377). Edgard Blücher.
- Braida, F., Castro, J. M., Pires, L., Pereira, L., & Cardoso, M. (2016). Projetando com blocos de montar digitais: possibilidades e limitações do jogo LEGO Digital Designer. In *Anais do Congresso da Sociedade Iberoamericana de Gráfica Digital*, 3, 244–251.
- Bowman, N. D., Weber, R., Tamborini, R., & Sherry, J. (2013). Facilitating Game Play: How Others Affect Performance at and Enjoyment of Video Games. *Media Psychology*, 16(1), 39–64. <https://doi.org/10.1080/15213269.2012.742360>
- Chandrasekharan, S., Mazalek, A., Nitsche, M., Chen, Y., & Ranjan, A. (2010). Ideomotor design: Using common coding theory to derive novel video game interactions. *Pragmatics and Cognition*, 18(2), 313–339. <https://doi.org/10.1075/pc.18.2.04cha>
- Cherney, I. D., Bersted, K., & Smetter, J. (2014). Training Spatial Skills in Men and Women. *Perceptual and Motor Skills*, 119(1), 82–99. <https://doi.org/10.2466/23.25.pms.119c12z0>
- Cubukcu, E. (2011). Does the level of visual detail in virtual environments affect the user's spatial knowledge? *Environment and Planning B: Planning and Design*, 38(4), 741–752. <https://doi.org/10.1068/b37079>
- Di Mari, A. & Yoo, N. (2018). *Operative design: a catalogue of spatial verbs*. Bis Publishers.
- Gardner, H. (1994). *Estruturas da mente: A teoria das inteligências múltiplas*. Artes Médicas.
- Hung, P.-H., Hwang, G.-J., Lee, Y.-H., & Su, I-Hsiang. (2012). A cognitive component analysis approach for developing game-based spatial learning tools. *Computers & Education*, 59(2), 762–773. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.03.018>

- Jirout, J. J., & Newcombe, N. S. (2015). Building Blocks for Developing Spatial Skills: Evidence from a Large, Representative U.S. Sample. *Psychological Science*, 26(3), 302–310. <https://doi.org/10.1177/0956797614563338>
- Kell, H. J., Lubinski, D., Benbow, C. P., & Steiger, J. H. (2013). Creativity and Technical Innovation. *Psychological Science*, 24(9), 1831–1836. <https://doi.org/10.1177/0956797613478615>
- Lamb, R., Akmal, T., & Petrie, K. (2015). Development of a cognition-priming model describing learning in a STEM classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(3), 410–437. <https://doi.org/10.1002/tea.21200>
- Lin, C. H., Chen, C. M., & Lou, Y. C. (2014). Developing Spatial Orientation and Spatial Memory with a Treasure Hunting Game. *Educational Technology & Society*, 3(17).
- Martin-Dorta, N., Sanchez-Berriel, I., Bravo, M., Hernandez, J., Saorin, J. L., & Contero, M. (2013). Virtual Blocks: a serious game for spatial ability improvement on mobile devices. *Multimedia Tools and Applications*, 73(3), 1575–1595. <https://doi.org/10.1007/s11042-013-1652-0>
- Martín-Gutiérrez, J., Gil, F. A., Contero, M., & Saorín, J. L. (2010). Dynamic three-dimensional illustrator for teaching descriptive geometry and training visualisation skills. *Computer Applications in Engineering Education*, 21(1), 8–25. <https://doi.org/10.1002/cae.20447>
- Marunić, G., & Glažar, V. (2014). Improvement and assessment of spatial ability in engineering education [Review of Improvement and assessment of spatial ability in engineering education]. *Engineering Review*, 23(2), 139–150.
- Montenegro, G. (2005). *Inteligência Visual e 3-D*. Edgard Blücher.
- Petry, A. dos S. (2016). Jogos digitais e aprendizagem: algumas evidências de pesquisa. In: ALvez, L & Coutinho, I. (Org.). *Jogos digitais e aprendizagem: fundamentos para uma prática baseada em evidências*. (p. 43-60). Papirus.
- Richardson, A. E., & Collaer, M. L. (2011). Virtual Navigation Performance: The Relationship to Field of View and Prior Video Gaming Experience. *Perceptual and Motor Skills*, 112(2), 477–498. <https://doi.org/10.2466/22.24.pms.112.2.477-498>
- Santos, C. E. R., Dias, M. A., & Braidá, F. (2020). Geometria, habilidade espacial e jogos digitais: contribuições para o ensino de arquitetura e urbanismo. *Revista Brasileira de Expressão Gráfica*, 8(1), 1–25.
- Universidade Federal de Juiz de Fora. Coordenadoria de Assuntos e Registros Acadêmicos. (2018). *Plano de Ensino: AUR077 – Estudo da Forma para Arquitetura e Urbanismo*. Disponível em: <https://www.ufjf.br/estudodaforma/files/2013/05/AULA01.pdf>.
- Valente, V. (2018). *Desenvolvimento da Visão Espacial por Games Digitais*. Appris Editora E Livraria Eireli.