

ARTIGO

REALIDADE VIRTUAL COMO FERRAMENTA DE APRENDIZAGEM ATIVA EM CURSOS DE ARQUITETURA E URBANISMO SOB A ÓTICA DO PENSAMENTO COMPLEXO

Danielle SKUBS²⁴

Resumo

A crescente inserção de discentes com expressiva vivência digital impõe desafios significativos ao engajamento e à retenção em métodos de ensino universitário tradicionais. Particularmente no ensino de Arquitetura e Urbanismo, a natureza da concepção espacial, a visualização tridimensional e a abstração de conceitos complexos exigem um elevado grau de interatividade entre o objeto de estudo e o aprendiz. A adoção de metodologias ativas, potencializadas por sistemas como os de realidade virtual, pode promover uma aprendizagem ativa e imersiva. Tais sistemas oferecem visualização interativa e dinâmica, conferindo significado prático a conceitos teóricos e facilitando a abstração, promovendo engajamento e motivação discente. As práticas ativas, dinâmicas e interativas, convergem com o referencial do pensamento complexo, de alta relevância para a construção do conhecimento transdisciplinar. Dessa forma, o presente estudo, por meio de uma revisão de literatura, analisou convergências e contribuições pedagógicas da integração entre a realidade virtual, a transdisciplinaridade e as metodologias ativas, sob a lente do pensamento complexo. A análise demonstrou que essa integração estabelece um ecossistema de aprendizagem que não apenas otimiza a abstração espacial, mas também fomenta a formação de um profissional de Arquitetura e Urbanismo com maior capacidade de adaptação e resolução de problemas complexos na contemporaneidade.

Palavras-chave: Realidade virtual; Realidade expandida; Metodologias ativas; Pensamento complexo; Ensino de arquitetura; Visualização arquitetônica; Ensino reflexivo.

Abstract

The increasing enrollment of students with extensive digital experience poses significant challenges to engagement and retention in traditional university teaching methods. Particularly in Architecture and Urbanism education, the nature of spatial conception, three-dimensional visualization, and the abstraction of complex concepts demand a high degree of interactivity between the object of study and the learner. The adoption of active methodologies, enhanced by systems such as virtual reality, can foster active and immersive learning. Such systems offer interactive and dynamic visualization, providing practical meaning to theoretical concepts and facilitating abstraction while promoting student engagement and motivation. Active, dynamic, and interactive practices converge with the framework of complex thinking, which is highly relevant to the construction of transdisciplinary knowledge. Therefore, this study, through a literature review, analyzed the

²⁴ Coordenadora e docente de Arquitetura e Urbanismo do UniAnchieta. Mestre em Conforto Ambiental pela Unicamp.

pedagogical convergences and contributions of integrating virtual reality, transdisciplinarity, and active methodologies under the lens of complex thinking. The analysis demonstrated that this integration establishes a learning ecosystem that not only optimizes spatial abstraction but also fosters the development of Architecture and Urbanism professionals with greater adaptability and capacity for solving complex problems in contemporary contexts.

Keywords: Virtual reality; Extended reality; Active methodologies; Complex thinking; Architecture education; Architectural visualization; Reflective teaching.

Introdução

A educação é um valioso tema de estudo, uma vez que nossa sociedade é amplamente baseada na formação de crianças e adolescentes através do ensino em escolas. Tradicionalmente, desde a fundação de universidades na Europa ocidental há 900 anos, tem-se como método de ensino principal a exposição de conhecimento pelo professor ou mestre, denominado comumente de palestras ou ensino instrucional (Brockliss, 1996 *apud* Freeman *et al.*, 2014). Importantes nomes na área da educação vêm promovendo discussões sobre os métodos de ensino e de aprendizagem desde o último século, trazendo a ideia de que o aprendiz pode construir seu próprio conhecimento, e não depende apenas da exposição de seus mestres, o que questiona fortemente os métodos do ensino tradicionais (Piaget, 1926; Vygotsky, 1978 *apud* Freeman *et al.*, 2014).

O uso de sistemas imersivos no ensino tem sido o foco de diversos estudos (Stals; Caldas, 2020), em especial a realidade virtual (RV), um sistema composto por um conjunto de tecnologias que promovem a visualização imersiva de informações digitais em um mundo virtual (Azuma, 1997; Milgram; Colquhoun, 1999; Kipper; Rampola, 2013). Atualmente, o termo realidade expandida vem sendo amplamente difundido, pois engloba diversas realidades, como a RV, a realidade aumentada e a realidade misturada (Al-Adhami; Wu; Ma, 2019; Stals; Caldas, 2020; Lee; Yoo, 2021).

Figura 1 - Expansão do conceito do contínuo de realidade.



Fonte: adaptado de Al-Adhami, Wu e Ma (2019).

Segundo Schnabel e Wang (2009), dentre as diversas escalas e realidades entre um ambiente real e um ambiente virtual, a RV está associada à possibilidade de total imersão em um mundo virtual, mais próxima do ambiente virtual e mais distante do real. Milgram *et al.* (1994) citam em seu estudo a forma como esse sistema é capaz de extrapolar limites do mundo real físico, criando ambientes imersivos. Extensas pesquisas validam a eficácia de métodos ativos na educação (Freeman *et al.*, 2014; Pellicer; Sierra; Yepes, 2016; Aricò; Lancaster, 2018), e algumas já mostram os benefícios do uso de sistemas de RV como ferramentas de apoio às aulas, tornando-as mais dinâmicas e ativas (Miyata; Umemoto; Higuchi, 2010; Rodriguez, 2016; Takala, 2016).

Dessa forma, este artigo visa a apontar conexões entre o uso de RV no ensino de Arquitetura e Urbanismo (AU) como ferramenta para a aplicação de metodologia ativa para o ensino e a aprendizagem, em convergência com o estudo da neurociência na educação, através de conceitos como o pensamento complexo de Edgar Morin, o ensino reflexivo e o ensino baseado no cérebro. Para tal, desenvolveu-se uma revisão de literatura, com a busca de artigos na consolidada base acadêmica SCOPUS, com o recorte dos termos: ensino ativo, metodologias ativas, realidade virtual, Arquitetura e Urbanismo e pensamento complexo.

Metodologias ativas

Muito se fala, hoje, em *metodologias ativas*, também identificadas como *escola ativa* ou *escolanovismo*. Esses termos surgem de discussões sobre a escola tradicional e de estudos de nomes expressivos como James (1890), Dewey (1922), Ferrière (1932) e Claparède (1950), que compreendem o papel do estudante como o centro do aprendizado, como

autoaprendizes dos saberes oferecidos (Araújo, 2015). O autor ressalta, ainda, que o termo “ativa” liga-se à ação, prática e realização, como divisor em relação às metodologias tradicionais.

Importantes teóricos, como Dewey (1959), Freire (2009), Rogers (1973) e Novak (1984), citam há bastante tempo a ideia de que a educação tradicional deve ser superada, levando o foco do processo de aprendizagem para a interação com o aluno, através de motivação, diálogo e engajamento (Morán, 2015). Ademais, pesquisas em psicologia mostram que o processo de aprendizagem tem ganhos expressivos com o engajamento ativo, quando os alunos praticam investigação, debates e averiguação, que são ações em atividades de abordagens construtivas dentro dessa metodologia (Fadel; Bialik; Trilling, 2016).

Uma importante forma de se construir o conhecimento por meio de atividades pedagógicas voltadas ao ensino através de métodos ativos é utilizar-se de processos dinâmicos e colaborativos, uma vez que trabalhos em grupos são uma importante ferramenta para a construção da aprendizagem através da interação, trazendo resultados expressivos na aprendizagem, pois os alunos trocam informações, debatem e ensinam uns aos outros (Johnson; Johnson; Smith, 1991).

O professor e o professor reflexivo

Um dos maiores estudiosos em educação, John Dewey, indicava que um processo de ensino e de aprendizagem deveria envolver experiências através da resolução de situações problemas (Dewey, 1930). Assim, o autor aponta ser possível aos aprendizes reconstruir e reorganizar as experiências por meio de seus sentidos, vivenciando situações para a melhor absorção do conhecimento. Ademais, acreditava que esse processo se daria ao longo de toda vida e não apenas no momento da atividade.

Dewey foi um dos pioneiros no conceito de que a reflexão é indispensável para o desenvolvimento de métodos de aprendizagem, além de opositor ao ensino baseado em disciplinas segmentadas, como vemos nas escolas e universidades (Shihgunov; Fortunato, 2017). Segundo Shihgunov e Fortunato (2017), Dewey influenciou grandemente o movimento da Escola Nova no Brasil, em 1930, e, após a década de 80, foi o maior influenciador para a difusão do conceito de Donald Schon de professor reflexivo.

Dewey (1930) define duas formas de pensar: a da rotina, que ocorre por impulso, tradição ou autoridade, e outra diferente, a do pensamento reflexivo. No pensamento

reflexivo, como argumenta o autor, “as partes sucessivas derivam umas das outras e sustentam-se umas às outras [...] , ligadas entre si de tal forma que o resultado é um movimento continuado para um fim comum”. Assim, para o autor, o pensamento reflexivo traz em si a necessidade de se observar uma situação e refletir sobre ela, através da junção de fatos e ideias, por meio da qual se alcança um objetivo e se faz o pensamento intelectual, que é ainda mediador entre ensino e ação.

Donald Schon, por sua vez, baseado nas ideias de Dewey, traz um estudo profundo sobre o professor reflexivo, com o contraponto de que seu estudo não apresenta ideias novas e sim um resgate de conceitos há muito tempo estudados: “antes de me debruçar mais profundamente sobre esta ideia, é preciso dizer que ela nada tem de novo” (Schon, 1992, p. 78). A contribuição de Schon está justamente em levantar questões fundamentais para os processos de ensino e de aprendizagem, que, ainda na década de 80, se traduzia apenas em intenções por diversas instituições de ensino, mesmo com os estudos de Dewey já consolidados (Shigunov; Fortunato, 2017). Além disso, segundo Alarcão (1996), seus estudos culminaram no termo “professor reflexivo”, que se fortalece dentro da relação teoria x prática x reflexão. O autor cita ainda que Schon traz, na figura do professor reflexivo: a importância da formação continuada docente; a prática e os saberes; formação para pesquisa; prática e ética; identidade e autonomia.

Pimenta (2002) reforça que o termo professor reflexivo não deve ser entendido como um adjetivo simples e precisa carregar toda a teoria e estudo dos movimentos teóricos que o traduzem, trazendo o pensamento reflexivo de Dewey como forte aliado. Além disso, Schon (2000) critica a prática docente da solução de problemas por meio de soluções técnicas, uma vez que o pensamento reflexivo nos mostra formas de pensar e enxergar soluções além das pré-concebidas em ambientes que são apenas previsíveis e controlados. Isso traz ao aprendiz a oportunidade de extrapolar soluções através de experiências anteriores, talentos e competências, que os ajudem a lidar com incertezas dentro de suas profissões.

Aprendizagem baseada no cérebro

A forma como o aprendizado de alunos acontece nas estruturas cerebrais tem sido amplamente estudada, a partir de diferentes aproximações ao assunto, sendo uma delas a *aprendizagem baseada no cérebro*, de Caine e Caine (2002), que objetiva entender a ligação entre a aprendizagem e o cérebro. Os autores, citam essa aprendizagem como uma forma de

nos guiarmos para novos métodos e programas de educação, diferentes dos tradicionais, por meio de doze princípios:

- I. o cérebro é um processador paralelo;
- II. aprender envolve toda a fisiologia;
- III. a busca por significado é inata;
- IV. a busca por significados acontece através de padrões;
- V. emoções são críticas para padronização;
- VI. cada cérebro percebe o todo e as partes simultaneamente;
- VII. aprender envolve atenção focada e percepção periférica;
- VIII. aprendizagem sempre envolve processos conscientes e inconscientes;
- IX. temos dois tipos de memória, a espacial e a mecânica;
- X. o cérebro aprende mais quando fatos e habilidades são integrados à memória espacial;
- XI. a aprendizagem é aprimorada por desafios e inibida por ameaças;
- XII. cada cérebro é único.

Para os autores, os métodos através da aprendizagem baseada no cérebro auxiliam na mudança da prática de memorização de conteúdos para a significação. Ademais, exigem para o processo: a imersão, o estar alerta, mas com certo grau de relaxamento e o processamento ativo. Assim, acreditam que experiências com significado possam ser vivenciadas de formaativa e que o aprendiz pode usar suas habilidades para interagir com pessoas e objetos de estudo, internalizando e consolidando o aprendizado proposto.

Evidências mostram que aprendemos mais com as experiências vivenciadas, e que o aprendizado com significado é mais completo (Caine; Caine, 2002). Contudo, introduzir um processo de aprendizagem baseado no cérebro envolve a mudança da instituição de ensino como um todo e em suas ferramentas, sua forma de gestão, sua interação com a sociedade e comunidade e sua formação do professor.

A complexidade, o ensino e a Arquitetura e Urbanismo

Complexus significa: que está tecido junto. Assim, há complexidade quando diferentes elementos são inseparáveis, constitutivos do todo (Morin, 2007). Há críticas no ensino segmentado por disciplinas em função do pensamento complexo de Morin, uma vez que esse

ato provoca uma desconexão com o todo, dificultando a compreensão do complexo e simplificando o estudo. Para o autor, a ciência moderna aponta para o paradigma de eliminar tudo o que traz desordem, para nosso entendimento. Estrada (2009) cita que a ideia de complexidade de Morin não deseja substituir as ideias de ordem e certeza pela desordem ou incertezas. Porém, indica que deve haver interação e convivência entre elas, considerando a clareza, a ordem e o determinismo insuficientes para verdades universais.

Morin propõe, com o pensamento complexo, uma abordagem livre do determinismo atual, na qual a transdisciplinaridade permite que o aprendiz compreenda o objeto de estudo de forma plural, como resposta ao método de divisão do ensino por disciplinas (Rocha Júnior, 2019). Segundo Rocha Júnior, Morin mostra que toda visão parcial é superficial, uma vez que se isola de outras dimensões, assim como a economia não deveria se isolar da sociologia, da biologia, da psicologia, da cultura. Esse todo nos faz seres complexos e traz a necessidade da consciência da multidimensionalidade de um sistema (Estrada, 2009). Para Morin (2001), a complexidade é a união entre a unidade e a multiplicidade, e a educação precisa promover a inteligência geral de modo multidimensional.

Rocha (2015) cita que a inovação, a interatividade e a indeterminação são parte da formação da nova identidade da inteligência projetual contemporânea do arquiteto e urbanista, e que problemas complexos se caracterizam pela imprevisibilidade de seus elementos causais, esforço em propor soluções e ausência de soluções válidas e aplicáveis, que requerem habilidades cognitivas, como a emergência criativa, a constante adaptação, a integração com outras inteligências e a ação transformadora. Os problemas a se resolver no dia a dia em um canteiro de obras, corroboram para esse pensamento.

Morin frequentemente sugere, através da dialógica, que a imprevisibilidade dos fenômenos se integra à lógica clássica (Rocha, 2015). Podemos notar esse pensamento no *design thinking*, por exemplo, que exige raciocínio intuitivo, pensamento tácito e subjetivo, reforçando a ideia de seu trabalho, que analisa a complexidade e improvisação em AU. Os cursos de AU são fundamentalmente organizados através de divisão de disciplinas dentro de matrizes que obedecem às normas e regimentos do Ministério da Educação (MEC). Contudo, nota-se que os cursos começam a abrir espaço para os projetos e práticas interdisciplinares e multidisciplinares, forçando o olhar do discente a partir de um tema sobre o todo estudado.

Alguns cursos de AU já trabalham projetos verticais, nos quais os discentes de diferentes semestres interagem e trabalham em colaboração, alinhados ao pensamento

complexo de Morin no ensino, ao pensamento reflexivo para solução de problemas e às práticas de atividades desafiadoras, propostas pela aprendizagem baseada no cérebro. Ademais, o ensino base dos cursos de AU, que acontecem nos ateliês de projeto, são fundamentalmente compostos por práticas ativas e resolução de problemas, exigindo dos alunos conhecimentos acumulados de outras disciplinas, corroborando com as discussões deste estudo.

Realidade virtual no ensino de Arquitetura e Urbanismo

Sherman e Craig (2003) destacam a importância da RV como meio de imersão, interação e presença em um ambiente modelado que detecta a movimentação do participante, estimulando um ou mais sentidos humanos. Morán (2015) cita que as instituições de ensino encontram cada vez mais jovens hiperconectados e imersos em tecnologias, diante de processos de ensino e de aprendizagem que se dão entre o mundo físico e digital. Assim, o autor sugere que as tecnologias de comunicação e informação (TICs) se tornam importantes ferramentas aliadas ao processo de aprendizagem para esses alunos e para o professor como mediador do ensino através de metodologias ativas.

Estudos recentes indicam o ganho de aprendizagem através da aplicação de métodos ativos em aulas de Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática, em relação a métodos tradicionais (Freeman *et al.*, 2014). Nota-se um número expressivo de pesquisas para validar a eficácia de métodos ativos de aprendizagem, sendo algumas focadas no uso de sistemas de RV como ferramentas de apoio às aulas (Miyata; Umemoto; Higuchi, 2010; Rodriguez, 2016; Takala, 2016).

Wang *et al.* (2018) mostram que experiências de estudo de AU amparado por RV auxiliam de forma expressiva os alunos a absorverem o princípios, assim como docentes a perceberem problemas nos projetos desenvolvidos em aula, ampliando discussões, parte importante do processo de ensino em AU. Uma vez que o ensino dessas temáticas envolve o desenvolvimento e a visualização de objetos em três dimensões, o uso da tecnologia RV tem potencial para melhora no processo de aprendizagem do discentes, visto que trabalha com atividades de imersão e interação com cenários e edifícios complexos e objetos ou itens de interesse (Bashabsheh; Alzoubi; Mostafa, 2019). Através da visualização de elementos do mundo real em formato virtual durante as aulas, o aprendiz imerge em um ambiente digitalmente modelado, ampliando ainda o processo colaborativo e de projeto (Davidson;

Campbell, 1996). Assim, a evolução das TICs e de ambientes virtuais sugere a oportunidade de desenvolvimento de processos de ensino em AU, através de aprendizagem mais efetiva e dinâmica.

A comercialização de dispositivos móveis e o aumento no desenvolvimento de aplicações têm possibilitado maior acesso às tecnologias de RV. Segundo Milovanovic *et al.* (2017), a comercialização de dispositivos de RV como Oculus Rift, HTC Vive, Samsung Gear VR ou até mesmo o Google CardBoard, de tecnologia simples e acessível, tornam mais viáveis promossão de experiências em RV em universidades, faculdades e escritórios de projetos. Isso tem o potencial de ampliar os processos colaborativos e aproximar o aluno das aprendizagens ativas, não mais como expectador, mas como protagonista de seu aprendizado.

Discussão

Através do estudo do referencial teórico, da abdução e experiência tácita da pesquisadora, foi possível perceber relações importantes entre: o pensamento complexo, multidisciplinar e integrado, no qual as partes não se dissociam do todo; o pensamento reflexivo, no qual se observa, reflete e une ideias, para resolução de um problema através do pensamento intelectual; a aprendizagem baseada no cérebro, em que as experiências ganham significado e o aprendiz internaliza e consolida o aprendizado. Estudos corroboram para a ideia de que experiências inovadoras, interativas, imersivas e dinâmicas, nas quais os discentes imergem em ambientes virtuais e vivenciam experiências em sala de aula, trabalhando de forma engajada e colaborativa, promovem o pensamento complexo, o ensino reflexivo e a aprendizagem baseada no cérebro.

Ademais, estudos já mostraram resultados positivos do uso de ferramentas tecnológicas como os sistemas de RV para um ensino mais efetivo em AU, em que não há necessidade de abstração de elementos espaciais complexos, uma vez que o estudante pode interagir com esses, como se fossem reais. Isso ocorre principalmente quando as experiências são propostas para a resolução de problemas, estimulando a aprendizagem baseada no cérebro e o pensamento reflexivo. Em geral, os objetos de estudo em AU são disponibilizados somente através de imagens em apresentações de aulas expositivas, como comumente acontece nas disciplinas de história da AU, tradicionalmente teóricas e instrucionais. Claramente, as experiências em RV não se comparam às viagens de estudo e visitas presenciais, porém, a modelagem de objetos em 3D junto à tecnologia de RV permite, inclusive, visitas a edificações

já não mais existentes. Além disso, possibilita inclusão, pois promove acesso a todos, mesmo os que não tem condições de participar de viagens de estudo por condições financeiras ou outras quaisquer.

Vale ressaltar que, nos cursos de AU, no desenvolvimento de projetos nas disciplinas de ateliê, existe a possibilidade dos discentes experienciarem, através da RV, passeios virtuais por meio dos modelos desenvolvidos pelos próprios alunos. Isso promove a interação com o próprio projeto e a visualização de erros e acertos ali experimentados, possibilitando discussões entre os grupos de projetos, junto aos docentes, proporcionando um ensino reflexivo, colaborativo e participativo. Esses processos podem ser mais expressivos para o desenvolvimento do ensino e da aprendizagem do que apenas as apresentações comumente utilizadas em pranchas e com modelos físicos em escala menor que a real. Além disso, podemos citar também conceitos da neurociência, como a importância das vivências e emoções para uma experiência marcante de aprendizagem, dentro do uso de RV no ensino de AU, reforçado pela aprendizagem baseada no cérebro.

Dentro da ótica da complexidade, é fundamental apontar que atividades integradoras de todas as disciplinas estudadas ao longo do curso de graduação são fundamentais para maior compreensão do discente para o ato projetual, o principal tema do curso. É possível enxergar o ato projetual como o tema principal, que engloba todas as disciplinas fragmentadas ao longo do curso. Isso dificulta a compreensão do aprendiz quando se encontra frente a um problema projetual a resolver e que demanda o aprendizado de diversas disciplinas que ficaram distribuídas e segmentadas ao longo do curso. O aluno de projeto sevê frente à necessidade de solucionar um problema complexo, que envolve temas como conforto ambiental, estruturas, história da arquitetura, teoria da arquitetura e representação gráfica, mas não é capaz de integrar todo o aprendizado, uma vez que pode não ser capaz de absorver todas as informações tratadas separadamente.

Dessa forma, é importante conscientizar as instituições de ensino da importância de se amarrar conteúdos dispersos através da aplicação de atividades ativas e interdisciplinares. Como essas afetam de forma positiva a experiência do aluno com o objeto de estudo, assim como as atividades apoiadas em RV, pode-se proporcionar resultados mais expressivos de aprendizagem e retenção de conteúdo pelos discentes.

Considerações finais

A partir do levantamento dos temas tratados no referencial teórico deste artigo, foi possível identificar uma relação entre o pensamento complexo, o pensamento reflexivo, a aprendizagem baseada no cérebro e as metodologias ativas de ensino e de aprendizagem, como experiências didáticas integradas à RV para o ensino de AU. Contudo, ainda é nítida a dispersão e divisão de conteúdos nos cursos de AU, que distanciam o ensino da possibilidade de aplicação de fato do pensamento complexo no curso.

Vale ressaltar que, apesar dessa dispersão de conteúdos, muitos cursos de AU já aplicam ferramentas ativas de ensino, que relacionam o objeto de estudo ao ensino reflexivo, à aprendizagem baseada no cérebro e aos estudos da neuroeducação, uma vez que promovem imersão e provocam os sentidos dos estudantes, criando significados e ampliando a retenção de aprendizagem. Assim, o uso de ferramentas inovadoras, imersivas e tecnológicas, como os sistemas de RV integrados às aulas de AU, têm o potencial de ampliar formas engajadoras e motivadoras de ensino e de aprendizagem. Isso pode ser uma solução enquanto ainda não podemos vivenciar processos de aprendizagem indissociados e que atendam à teoria do pensamento complexo de forma a visualizar-se o todo, inseparável das partes.

Referências bibliográficas

- AL-ADHAMI, M.; WU, S.; MA, L. Extended reality approach for construction quality control. *In: CIB WORLD BUILDING CONGRESS*, Hong Kong, 2019. **Anais** [...]. Hong Kong: CIB, 2019.
- ALARÇÃO, I. (Org.). **Formação reflexiva de professores**: estratégias de supervisão. Porto: Porto Editora, 1996.
- ARAÚJO, J. C. S. Fundamentos da metodologia de ensino ativa (1890-1931). *In: REUNIÃO ANUAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM PESQUISA*, 37., Florianópolis, 2015, Florianópolis, SC. **Anais** [...]. Florianópolis: ANPED, 2015.
- ARICÒ, F. R.; LANCASTER, S. J. Facilitating active learning and enhancing student self-assessment skills. **International Review of Economics Education**, v. 29, p. 6-13, 2018. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S147738801830046X>. Acesso em: 4 nov. 2024.
- AZUMA, R. T. A survey of augmented reality. **Presence: Teleoperators and Virtual Environments**, v. 6, n. 4, p. 355-385, 1997. Disponível em:

<https://www.cs.unc.edu/~azuma/ARpresence.pdf>. Acesso em: 4 nov. 2024.

BROCKLISS, L. Curricula. In: BROCKLISS, L. **A History of the University in Europe**. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. v. 2. p. 565-620.

CAINE, R. N.; CAINE, G. Learning about accelerated learning. **Training & Development Journal**, v. 43, n. 5, 1989.

CAINE, R. N.; CAINE, G. **Brain based learning**. Ankara: Nobel Publishing, 2002.

CLAPARÈDE, E. **A educação funcional**. 3. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1950.

DAVIDSON, J. N.; CAMPBELL, D. A. Collaborative design in virtual space - Greenspace II: a shared environment for architectural design review. In: MCINTOSH, P. G. (Ed.) **Design computation, collaboration, reasoning, pedagogy**: proceedings of the ACADIA 1996 Conference, University of Arizona, Tucson, Arizona, October 31-November 2, 1996. Tucson: Association for Computer Aided Design, 1996. v. 31. p. 165-179.

DEWEY, J. **Como pensamos**. São Paulo: Nacional, 1953.

DEWEY, J. **L'école et l'enfant**. 2. ed. Paris, França: Éditions Delachaux, 1922.

DEWEY, J., **Vida e Educação**. Tradução de Anísio Teixeira. São Paulo: Melhoramentos, s/d [1930]. v. 12.

DEWEY, J. **Vida e Educação**. São Paulo: Nacional. 1959.

ESTRADA, A. A. Os fundamentos da teoria da complexidade em Edgar Morin. **Akrópolis Umuarama**, v. 17, n. 2, p. 85-90, 2009. Disponível em:
<https://revistas.unipar.br/index.php/akropolis/article/view/2812>. Acesso em: 4 nov. 2024.

FADEL, C.; BILIAK, M.; TRILLING, B. **Educação em quatro dimensões**: as competências que os estudantes precisam ter para atingir sucesso. Tradução de Lilian Bacich. São Paulo: Instituto Ayrton Senna, 2016.

FERRIÈRE, A. **La escuela activa**. 2. ed. Madri: Francisco Beltrán Librería Española y Extranjera, 1932.

FREEMAN, S.; EDDY, S. L.; McDONOUGH, M.; SMITH, M. K.; OKOROAFOR, N.; JORDT, H.; WENDEROTH, M. P. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 111, n. 23, p. 8410-8415, 2014. Disponível em:
<https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.1319030111>. Acesso em: 4 nov. 2024.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia**. 36. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2009.

JAMES, W. **The principles of Psychology**. v. 2. Nova York: Holt, 1890.

JOHNSON D. W.; JOHNSON R. T.; SMITH K. A. **Cooperative learning**: increasing college faculty instructional productivity. ASHE-ERIC Higher Education Report No. 4, 1991. Washington, DC: George Washington University, 1991.

KIPPER, G.; RAMPOLLA, J. **AUGMENTED REALITY**: An Emerging Technologies Guide to AR. Waltham: Elsevier, 2013.

LEE, Y.; YOO, B. XR collaboration beyond virtual reality: work in the real world. **Journal of Computational Design and Engineering**, v. 8, n. 2, p. 756-772, 2021. Disponível em: <https://academic.oup.com/jcde/article/8/2/756/6175348>. Acesso em: 4 nov. 2024.

MILGRAM, P.; COLQUHOUN, H. A taxonomy of real and virtual world display integration. **Mixed reality: Merging real and virtual worlds**, v. 1, 2001, p. 1-26, 1999. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-642-87512-0_1. Acesso em: 4 nov. 2024.

MILIGRAM, P.; KISHINO, F. A taxonomy of mixed reality visual displays. **IEICE Transactions on Information Systems**, v. E77-D, n. 12, p. 1-15, 1994.

MILOVANOVIC, J.; MOREAU, G.; SIRET, D.; MIGUET, F. Virtual and augmented reality in architectural design and education: an immersive multimodal platform to support architectural pedagogy. **CAADFutures**, p. 513-532, 2017.

MORÁN, J. M. Mudando a educação com metodologias ativas. In: SOUZA, C. A. De; MORALES, O. E. T. (Orgs.). **Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania**: aproximações jovens. (Coleção Mídias Contemporâneas). v. 2. Ponta Grossa: UEPG, 2015. Disponível em: http://www2.eca.usp.br/moran/wpcontent/uploads/2013/12/mudando_moran.pdf. Acesso em: 22 ago. 2020.

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. Tradução de Eliane Lisboa. 3. ed. Porto Alegre: Sulina, 2007.

MORIN E. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. 4. ed. São Paulo: Cortez; Brasília, DF: UNESCO, 2001.

MIYATA, K.; UMEMOTO, K.; HIGUCHI, T. An educational framework for creating VR application through group work. **Computers and Graphics (Pergamon)**, v. 34, n. 6, p. 811-819, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0097849310001329>. Acesso em: 4 nov. 2024.

NOVAK, J. D. **Aprender a aprender**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1984.

PELLICER, E.; SIERRA, L. V.; YEPES, V. Appraisal of infrastructure sustainability by graduate students using an active-learning method. **Journal of Cleaner Production**, v. 113, p. 884-896, 2016. Dipsonível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095965261501639X>. Acesso em: 4

nov. 2024.

PIAGET, J. **The language and thought of the child**. Londres: Taylor & Francis Ltd, 1926.

PIMENTA, S. G.; GHEDIN, E. (Orgs.). **Professor reflexivo no Brasil: gênese e crítica de um conceito**. São Paulo: Cortez, 2002.

ROCHA, B. M. **Complexidade e improvisação em arquitetura**. 2015. Tese (Doutorado em Design e Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

ROCHA JÚNIOR, R. Edgar Morin e o pensamento complexo: uma possibilidade cognitiva. **Revista Páginas de Filosofia**, v. 8, n. 1-2, p. 63-68, 2019.

RODRIGUEZ, N. Teaching virtual reality with affordable technologies. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMAN-COMPUTER INTERACTION: THEORY, DESIGN, DEVELOPMENT AND PRACTICE, 18., Berlin, v. 9731, 2016. **Anais** [...]. Berlin: Springer-Verlag, 2016. p. 89-97.

ROGERS, C. **Liberdade para aprender**. Belo Horizonte: Interlivros, 1973.

SCHNABEL, M. A.; KVAN, T.; KRUIJFF, E.; DONATH, D. The first virtual environment design studio. In: ECAADE CONFERENCE PROCEEDINGS, 19., Helsinki, Finland, 2001. **Anais** [...]. Helsinki: eCAADe, 2001.

SCHNABEL, M. A.; WANG, X.; SEICHTER, H.; KVAN, T. From virtuality to reality and back. In: INTERNATIONAL ASSOCIATION OF SOCIETIES OF DESIGN RESEARCH, 7., Hong Kong, 2014. **Anais** [...]. Hong Kong: The Hong Kong Polytechnic University, 2007. Disponível em: <https://www.sd.polyu.edu.hk/iasdr/proceeding/papers/From%20Virtuality%20to%20Reality%20and%20Back.pdf>. Acesso em: 4 nov. 2024.

SCHÖN, D. A. **Educando o profissional reflexivo**: um novo design para o ensino e a aprendizagem. Porto Alegre: Artmed, 2000.

SCHÖN, D. A. Formar professores como profissionais reflexivos. In: NÓVOA, A. (Coord.). **Os professores e sua formação**. Tradução de Graça Cunha, Cândida Hespanha, Conceição Afonso e José Antônio Souza Tavares. Lisboa: Dom Quixote, 1992. p. 77-91.

SHIGUNOV NETO, A.; FORTUNATO, I. (Org.). **20 anos sem Donald Schon**: o que aconteceu com o professor reflexivo? São Paulo: Edições Hipótese, 2017.

SHERMAN, W.; CRAIG, A. B. **Understanding virtual reality**: interface, application, and design. São Francisco: Morgan Kaufmann, 2003.

STALS, A.; CALDAS, L. State of XR research in architecture with focus on professional practice—a systematic literature review. **Architectural Science Review**, v. 65, n. 2, p. 138-146, 2020. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00038628.2020.1838258>. Acesso em: 4 nov.

2024.

VYGOTSKY, L. S. Mind in Society. In: VYGOTSKY, L. S. **Mind in Society**: the development of higher psychological process. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1978.

WANG, P.; WU, P.; WANG, J.; CHI, H.-L.; WANG, X. A critical review of the use of virtual reality in construction engineering education and training. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n. 6, 2018. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/15/6/1204>. Acesso em: 4 nov. 2024.