

Entre a proposta docente e a percepção discente: reflexões sobre a tomada de consciência para o desenvolvimento do raciocínio espacial

Luciana Sandrini Rocha - PPGIE UFRGS / IFSul - lucianarocha@ifsul.edu.br -

<https://orcid.org/0000-0003-0944-0849>

Adriane Borda Almeida da Silva - UFPel - adribord@hotmail.com -

<http://orcid.org/0000-0001-6760-6566>

Márcia Rodrigues Notare - UFRGS - marcia.notare@ufrgs.br -

<https://orcid.org/0000-0002-2897-8348>

Luisa Felix Dalla Vecchia - UFPel - luisa.vecchia@ufpel.edu.br -

<https://orcid.org/0000-0001-5745-2719>

Resumo. *O desenvolvimento do raciocínio espacial constitui um desafio aos estudantes ingressantes dos cursos de arquitetura e urbanismo. Este artigo relata um estudo que se aproveita do contexto de ensino remoto (ER) para refletir sobre o processo de ensino e aprendizagem deste tipo de raciocínio. A ação docente se apoia no conceito de tomada de consciência de Piaget e na Taxonomia Revisada de Bloom para estruturar atividades que buscam promover o desenvolvimento de pensamentos de ordem superior em uma disciplina da formação inicial. A proposta docente foi comparada com produções e depoimentos dos estudantes. Os resultados apontam para fraquezas e oportunidades do ER para observar a evolução do desenvolvimento do raciocínio espacial dos discentes, e em particular, para auxiliar a ação docente no aperfeiçoamento das propostas didáticas.*
Palavras chave: *raciocínio espacial e geométrico, tomada de consciência, Taxonomia Revisada de Bloom, ensino remoto.*

Between the teaching proposal and the student's perception: reflections on grasp of consciousness for the development of spatial reasoning

Abstract. *The development of spatial and geometric reasoning is a challenge for students entering architecture and urbanism programs. This paper reports on a study that takes advantage of this moment of remote teaching to reflect on the process of teaching and learning of this type of reasoning. The teaching action is supported by Piaget's concept of grasp of consciousness and Bloom's Revised Taxonomy to structure activities that seek to promote the development of higher order thoughts in a discipline of the initial training process. The didactic proposal was compared with the students' productions and testimonies. The results contribute in recognizing weaknesses and opportunities of remote education to observe the development of the students' spatial reasoning, and to assist in the improvement of didactic proposals.*

Keywords: *spatial and geometric reasoning, grasp of consciousness, Bloom's Revised Taxonomy, remote learning.*

1. Introdução

Projetar em arquitetura é um ato complexo de representar. Envolve tanto a mobilização de habilidades e conhecimentos subjetivos (relacionados às necessidades psicológicas, sociais, históricas e culturais dos usuários) quanto técnicos (relativos aos desempenhos das edificações, em termos de conforto ambiental, de adaptação de materiais e técnicas construtivas, entre outros). A formação do profissional de arquitetura depende do grau de desenvolvimento dessas e outras habilidades, dentre elas a capacidade de conceber e comunicar suas ideias por meio do desenho técnico (DT), que está fundamentado sobre os conhecimentos advindos da geometria. Por estes motivos, o processo de ensino e

aprendizagem em geometria é fundamental para a formação de arquitetos.

A disciplina de Geometria Gráfica e Digital (GGD), ofertada no primeiro semestre do curso de arquitetura e urbanismo da Universidade Federal de Pelotas - UFPel, tem como objetivos: a) desenvolver o raciocínio espacial, por meio de representações cilíndrico-ortogonais, para a compreensão das formas tridimensionais em seus aspectos geométricos e suas potencialidades de aplicação na arquitetura e urbanismo; b) promover o desenvolvimento da vocação extensionista, buscando identificar no conhecimento construído durante a disciplina oportunidades de interação com a sociedade; e c) resgatar e/ou construir conceitos de geometria plana e espacial dos ensinamentos fundamental e médio.

Destaca-se, pela experiência docente e estudos como o de Rosa et al (2020), que muitos estudantes ingressam na universidade com carências na formação em geometria, o que pode prejudicar a permanência e o êxito deles no curso em questão.

O desenvolvimento cognitivo como um todo, e do raciocínio espacial em particular, inicia-se na infância, desde as primeiras percepções sensorio-motoras do bebê. Este raciocínio é tão importante que Piaget & Inhelder (1993) explicam o próprio desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático a partir das relações e representações que a criança constrói interagindo *no* e *sobre* o espaço. Isto também explica as dificuldades de aprendizagem neste domínio matemático: o raciocínio espacial e geométrico demanda construções formais com elevados níveis de abstrações.

Para sanar possíveis carências na fundamentação dos conceitos em geometria, os estudantes ingressantes precisam dedicar-se a compreender terminologias, conceitos e procedimentos, e praticá-los tanto no espaço concreto quanto no digital, ou correm o risco de não acompanharem as disciplinas do curso de arquitetura e urbanismo.

Esta pesquisa tem como objetivo geral analisar e avaliar o quanto as atividades propostas na primeira metade na disciplina de GGD apresentam potencial para desencadear processos de tomada de consciência (TC) na compreensão de terminologias, conceitos, procedimentos e promoção de metacognição. Para tal, nos apoiamos na teoria da equilíbrio de Jean Piaget (1976), e também na Taxonomia Revisada de Bloom - TRB (Anderson & Krathwohl, 2001) como auxiliar no planejamento de objetivos educacionais focados no desenvolvimento de pensamentos de ordem superior. Esta pesquisa faz parte do estágio docente de uma das professoras, cujo projeto de doutoramento tem como objetivo geral compreender como ocorre o desenvolvimento do raciocínio espacial e geométrico em adolescentes.

Este artigo está estruturado da seguinte forma: a seção 2 evidencia as relações entre a teoria da equilíbrio e os processos de TC; a seção 3 estabelece paralelismos entre os pensamentos de ordem superior da TRB e o conceito de TC. A quarta seção apresenta o percurso metodológico da pesquisa, e a quinta os resultados e discussões. A seção 6 apresenta as considerações finais.

2. Equilíbrio e tomada de consciência

O Construtivismo piagetiano buscou compreender como o ser humano constrói conhecimento, ou seja, como as pessoas passam de um estado de compreensão do mundo a outro, mais complexo. Para explicar este processo, Piaget (1976) propôs a teoria da equilíbrio das estruturas cognitivas. É importante destacar a diferença entre 'equilíbrio' e 'equilíbrio', pois esta última remete a um equilíbrio dinâmico. O sujeito está constantemente exposto a desequilíbrios cognitivos que provocam reconstruções e reorganizações, em novos patamares, de suas estruturas cognitivas.

Os processos de equilíbrio ocorrem por meio de assimilações, acomodações e adaptações. A assimilação advém da interpretação de uma novidade do meio, de algo singular que gera instabilidade ou desequilíbrio nas estruturas existentes. A acomodação

consiste na geração de um novo patamar de equilíbrio, e a adaptação é a recuperação do equilíbrio perdido em função da assimilação, porém num patamar superior ao anterior. Estes processos ocorrem indefinidamente, de modo sequencial e cíclico, “passando por múltiplos desequilíbrios e reequilibrações” (PIAGET, 1976, p.11), o que caracteriza nossa capacidade de construir conhecimento ao longo da vida.

O conceito de abstração, por sua vez, explicita a dinâmica da equilibração das estruturas cognitivas. Observadas em todos os estádios de desenvolvimento, as abstrações podem ser empíricas ou reflexionantes. “A abstração "empírica" (empírique) tira suas informações dos objetos como tais, ou das ações do sujeito sobre suas características materiais; de modo geral, pois, dos observáveis" (Piaget, 1995, p. 274). Já na abstração reflexionante do tipo pseudo-empírica o sujeito ainda apoia a coordenação de suas ações nos observáveis, mas não se limita a isto, retirando qualidades dessas coordenações e generalizando-as. Quando uma abstração reflexionante se torna consciente ela é chamada “abstração refletida” (“réflechie”), ou pensamento reflexivo (“réflexive”) (Piaget, 1995).

Podemos afirmar, portanto, que o processo de abstração refletida caracteriza a tomada de consciência, que é desencadeada quando as regulações automáticas não são mais suficientes e fazem-se necessárias regulações mais ativas, deliberadamente escolhidas, que reformulam o conhecimento num plano consciente, conceituando-o. Ela acontece tanto como resultado do processo assimilador quanto por inaptações, que ocorrem quando um esquema de ação não resulta em êxito. Inaptações podem levar à TC pois o sujeito vai investigar possíveis causas e soluções para o problema, buscando corrigi-lo e, assim, construindo um novo esquema de ação. Desse modo, o mecanismo da TC pode ser definido como “um processo de conceituação que reconstrói e depois ultrapassa, no plano da semiotização e da representação, o que era adquirido no plano dos esquemas de ação” (Piaget, 1977, p. 204).

É possível estabelecer paralelismos entre o pensamento reflexivo que caracteriza os processos de TC e o conceito de pensamentos de ordem superior referenciados na TRB. A próxima seção destina-se a elucidar melhor essas relações, e também mostrar como a TRB pode auxiliar a atividade de planejamento docente.

3. A Taxonomia Revisada de Bloom e a tomada de consciência

A taxonomia dos objetivos educacionais, ou Taxonomia de Bloom (TB), teve como objetivo auxiliar no planejamento e análise do nível de profundidade de currículos, atividades pedagógicas e avaliações. A TB foi dividida em três grandes domínios (cognitivo, afetivo e psicomotor), e o domínio cognitivo classificado em seis categorias: conhecimento, compreensão, aplicação, análise, síntese e avaliação. Estas categorias estão organizadas hierárquica e cumulativamente, partindo dos pensamentos de ordens inferiores até os pensamentos de ordens superiores (Anderson & Krathwohl, 2001).

Anderson & Krathwohl (2001) revisaram o domínio cognitivo da TB, propondo uma abordagem bidimensional. Eles argumentam que “a declaração de um objetivo contém um *verbo* e um *substantivo*. O verbo geralmente descreve o processo cognitivo pretendido e pode ser hierarquizado frente ao estímulo de promover pensamentos de ordem superior, desde lembrar, entender, aplicar, analisar, avaliar até o criar. O substantivo geralmente descreve o conhecimento que se espera que os alunos adquiram ou construam” (Anderson & Krathwohl, 2001, p. 4-5). Este conhecimento evolui do concreto ao abstrato, também de maneira hierárquica, desde o factual, conceitual, processual ao metacognitivo. A TRB, por meio desta bidimensionalidade, apresenta hierarquia menos rígida, pois os organizadores reconhecem que, em alguns casos, conhecimentos procedimentais podem ser mais concretos do que os conceituais. As inter-relações entre as dimensões da TRB são representadas na Figura 1.

Evolução do concreto ao abstrato	TAXONOMIA REVISADA DE BLOOM	Dimensão do processo cognitivo (verbos)					
	Dimensão do conhecimento (nomes)	Lembrar	Entender	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
	Conhecimento Factual	A7		A1-A2-A3-A4-A5-A6			
	Conhecimento Conceitual	A0	A0-A1-A2-A3-A7-A8-AF	A1-A2-A3-A4-A5-A6-AF	A3-A5-A6-A8	E1-E2	E2
	Conhecimento Processual		A4- A7	A7-A8	A5-A6-A7-A8	A7-A8	A8
	Conhecimento Metacognitivo	A0				AF	AF

Pensamentos de ordem superior

Figura 1 - Taxonomia Revisada de Bloom (adaptado de Anderson & Krathwohl, 2001).

A ‘dimensão do conhecimento’ foi assim organizada: a) conhecimento factual: elementos básicos que os alunos devem saber para se familiarizar ou resolver problemas numa disciplina (terminologias, detalhes); b) conhecimento conceitual: inter-relações entre elementos básicos dentro de uma estrutura maior que os habilita a funcionarem juntos (classificações, categorias, generalizações, teorias, modelos e estruturas); c) conhecimento processual: diz respeito a como se faz algo, métodos de investigação e critérios para o uso de habilidades, algoritmos, técnicas e métodos (critérios para determinar quando utilizar um dado procedimento); e d) conhecimento metacognitivo: conhecimento da cognição em geral; consciência da própria cognição (conhecimento estratégico, sobre tarefas cognitivas, contextual e condicional, autoconhecimento). A ‘dimensão cognitiva’, por sua vez, arranja-se conforme segue: a) lembrar: recuperar conhecimento relevante (reconhecer, recordar); b) entender: determinar o significado de mensagens instrutivas, incluindo comunicação oral, escrita e gráfica (interpretar, exemplificar, classificar, resumir, inferir, comparar, explicar); c) aplicar: realizar ou utilizar um procedimento em uma determinada situação (executar, implementar); d) analisar: quebrar o material em suas partes constituintes e detectar como se relacionam umas com as outras e com uma estrutura ou propósito geral (diferenciar, organizar, atribuir); e) avaliar: fazer julgamentos com base em critérios e padrões (verificar, criticar); f) criar: juntar elementos para formar um todo novo e coerente ou fazer um produto original (gerar, planejar, produzir) (Anderson & Krathwohl, 2001).

Percebe-se que ao sistematizar e hierarquizar os objetivos educacionais, é possível estabelecer relações entre a TRB e os processos de abstração reflexionante e tomada de consciência, o que pode auxiliar no planejamento de atividades pedagógicas que evoluam a níveis de abstração mais elevados, visando os pensamentos de ordem superior e os processos metacognitivos.

4. Percurso metodológico

O presente relato de experiência ocorreu na UFPel, ao longo da metade do primeiro semestre letivo de 2021, em disciplina formativa inicial do curso de arquitetura e urbanismo. Adaptada para o ER em função da pandemia da COVID 19, a disciplina contou com 35 estudantes frequentes divididos em três turmas, duas professoras efetivas e uma em estágio docente. Os encontros síncronos, ocorridos ao longo de 17 semanas, tiveram duração de 2,5 h e suas gravações ficaram disponíveis no Moodle. Os objetivos da disciplina foram relatados na introdução deste artigo.

A pesquisa, de natureza qualitativa, foi dividida em sete etapas. Na primeira etapa as atividades foram planejadas e adaptadas para o ER, uma vez que muitas delas já vinham sendo aplicadas anteriormente. Dentre as adaptações, podemos citar: a necessidade institucional de migrar a disciplina para um novo ambiente virtual de aprendizagem (AVA), pois o anterior era utilizado apenas como apoio ao modo presencial; a elaboração de materiais tutoriais e explicativos (textos, representações

gráficas e principalmente vídeos); e, principalmente, o enfrentamento do que Perrenoud (2001) alertava: ensinar é “agir na urgência, decidir na incerteza” para traduzir, em meio a uma pandemia, e por professoras que não são nativas digitais, uma disciplina introdutória e prática de desenho para o ER.

Houve também a preocupação em se estabelecer meios de comunicação efetivos com os estudantes como forma de vencer as limitações do ER. Por conta de muitas atividades envolverem a produção de modelos digitais tridimensionais, anteriormente a disciplina já incorporava o uso da ferramenta fórum para as entregas dos trabalhos. Neste semestre seu uso foi ampliado para contemplar também o registro digitalizado de atividades que envolvem desenhos a mão. A utilização dos fóruns sempre foi justificada sob a alegação de que os comentários específicos sejam publicizados a todo o grupo e, com isto, possam promover a construção de conhecimento de maneira coletiva. Como, em geral, os objetos a serem representados e os parâmetros de resolução são diferentes para cada estudante, os problemas com cópias são minimizados.

A segunda etapa se caracterizou pela classificação, conforme a TRB, das oito atividades já realizadas e da atividade final. Na terceira etapa foi selecionada uma atividade para análise, sob o critério de classificação compatível com pensamentos de ordem superior, elevado nível de abstração e disponibilidade de dados para o estudo proposto. Na etapa subsequente as oito atividades listadas foram avaliadas qualitativa e quantitativamente, com o intuito de sinalizar aos estudantes os critérios a serem considerados para a emissão de conceitos. Esta etapa não está relatada no presente documento, pois é dirigida exclusivamente aos estudantes. Na quinta etapa, foi solicitado que os estudantes gravassem um relato sobre seus processos de aprendizagem, a qual, após concluída, fez-se uma comparação entre as avaliações das produções da referida atividade pelas professoras, as impressões dos estudantes, bem como a verificação se havia uma associação entre a classificação prévia dessas atividades na TRB e as produções e impressões dos estudantes. A sétima e última etapa compreendeu a análise dos resultados, apresentados e discutidos a seguir.

5. Resultados e discussão

Conforme já relatado, a disciplina de GGD tem como objetivo geral promover o desenvolvimento do raciocínio espacial, bem como a compreensão das formas tridimensionais e a potencialidade de sua aplicação na arquitetura por meio de representações cilíndrico-ortogonais. Isso significa aproximar o ensino da geometria gráfica (descritiva e cotada) da prática projetual em arquitetura.

A intenção é que os estudantes se familiarizem com conceitos, procedimentos e terminologias próprios da linguagem dos métodos projetivos que embasam os processos representacionais de arquitetura. Para tal, partindo-se do reconhecimento de suas experiências prévias em desenho, foram elaboradas estratégias pedagógicas que objetivaram auxiliar na construção dos conhecimentos e habilidades espaciais. No início foram atividades mais simples e que se apoiam em representações analógicas e observações concretas (com uso de papel, lapiseira e compasso), que evoluíram para representações mais complexas de obras de arquitetura em espaço digital (com o uso de *software* Sketchup¹ e de apresentações). As atividades referentes a esta pesquisa e seus objetivos educacionais são descritos brevemente na Figura 2. Estas atividades pretendem delinear um percurso formativo de modo que, ao final da disciplina, os estudantes sejam capazes de interpretar e representar formas arquitetônicas poliédricas complexas no sistema paralelo ortogonal. A classificação das atividades em questão conforme a Taxonomia Revisada de Bloom foi apresentada na Figura 1.

Código e enunciado da atividade	Objetivos educacionais gerais (conhecimentos e habilidades)
A0 Apresentação e relato de experiências prévias e desenho de um cubo, uma esfera e uma árvore em perspectiva e em três pontos de vista diferentes	Conhecer o perfil dos estudantes, verificar os conhecimentos prévios a respeito dos sistemas de representação e introduzir o conceito de sólido envolvente.
A1 Representação de um cubo em perspectiva, a mão livre e com o uso do compasso, a partir de um sistema de projeção cônica ou paralelo (ortogonal ou oblíquo).	Revisar conceitos de bisettriz e mediatriz, sistemas de projeção cônica ou paralelo (ortogonal ou oblíquo), conceito de sólido envolvente, traçado a mão, uso do
A2 Representação de uma esfera em perspectiva, a mão livre e com o uso do compasso, a partir de um sistema de projeção cônica ou paralelo (ortogonal ou oblíquo).	Revisar conceitos de bisettriz e mediatriz, sistemas de projeção cônica ou paralelo (ortogonal ou oblíquo), conceito de sólido envolvente, traçado a mão, uso do
A3 Representação de uma árvore em perspectiva, a mão livre e com o uso do compasso, a partir de um sistema de projeção cônica ou paralelo (ortogonal ou oblíquo).	Revisar conceitos de bisettriz e mediatriz, sistemas de projeção cônica ou paralelo (ortogonal ou oblíquo), conceito de sólido envolvente, traçado a mão, uso do
A4 Elaboração de um vídeo de até 5 minutos mostrando a execução do desenho da esfera ou da árvore (A2 ou A3)	Verificar a aprendizagem das atividades A1, A2 e A3 (conceitos e sistematização de procedimentos)
A5 Representação de um cubo em cotada e bi-projetivo a mão livre observando que as representações sejam correspondentes em termos de escala e de posição do objeto no espaço.	Conhecer e aplicar terminologias, conceitos e procedimentos de representação em cotada e bi-projetivo, traçado a mão, uso do compasso, legendas, cotas, escala gráfica, correspondência entre os sistemas
A6 Representação de um tetraedro regular em cotada e bi-projetivo a mão livre observando que as representações sejam correspondentes em termos de escala e de posição do objeto no espaço.	Conhecer e aplicar terminologias, conceitos e procedimentos de representação em cotada e bi-projetivo, traçado a mão, uso do compasso, legendas, cotas, escala gráfica, correspondência entre os sistemas
A7 Representações no bi-projetivo da projeção superior e de 8 vistas em projeção vertical do entorno da vista superior de uma obra de arquitetura (com geometria poliédrica complexa)	Conhecer e aplicar terminologias, conceitos e procedimentos de representação no sistema biprojetivo, rotação de objeto em meio digital e geração de vistas, utilização de software gráfico e de apresentações
A8 Projeto e execução de uma pirâmide: Representação em cotada e biprojetivo de pirâmide irregular, de base horizontal e retangular, realizar a planificação e executar a maquete física (atividades à mão livre com uso do compasso).	Conhecer e aplicar terminologias, conceitos e procedimentos de representação em cotada e bi-projetivo, traçado a mão, uso do compasso, legendas, cotas, escala gráfica, correspondência entre os sistemas, planificação, verdadeira grandeza, proporções.
AF Criação, aplicação e avaliação de um jogo cujo repertório e regras estejam associados à compreensão da forma de uma determinada obra de arquitetura com geometria poliédrica complexa	Compreender a lógica formal e compositiva de uma obra de arquitetura que apresente forma poliédrica complexa e, a partir daí criar, aplicar e avaliar um jogo físico.
E1 Coleta e seleção de informações teóricas, conceituais e documentais sobre obra de arquitetura que será utilizada na atividade de extensão (jogo)	Introdução ao conceito de projeto arquitetônico: questões formais, partido arquitetônico, inserção na malha urbana, realação entre a forma e o programa
E2 Produção de um vídeo de até 15 minutos com a síntese das informações coletadas sobre a obra	Conhecer e compreender os vários aspectos e enfoques que envolvem um projeto de arquitetura

Figura 2 - Atividades e objetivos educacionais.

Destaca-se que as atividades localizadas mais à direita e abaixo na planilha da Figura 1 configuram pensamentos de ordem superior e mais abstratos, caracterizando o tipo de prática desejado como objetivo final. Exercícios de autoria, como a produção de vídeos e projetos, localizam-se nesta porção da planilha. Foi percebida também uma predominância de atividades nos níveis intermediários e superiores da planilha da TRB, o que corrobora o que se pretendia na etapa de planejamento. A atividade A7 será analisada a seguir para explicitar como a TRB, bem como o conceito de tomada de consciência, pode auxiliar as ações docentes.

5.1. A7: Passeio ao redor de uma obra de arquitetura por meio do sistema biprojetivo

A atividade final (AF) da disciplina de GGD consiste na criação, aplicação e avaliação de um jogo cujo repertório e regras estejam associados à compreensão da forma de uma obra de arquitetura com geometria poliédrica complexa (envolvendo as seguintes dimensões do processo cognitivo: ‘entender’, ‘criar’, ‘aplicar’ e ‘avaliar’). Os estudantes podem escolhê-la dentre um conjunto de obras previamente selecionado pelo corpo docente ou podem propor outra, desde que atenda aos critérios de complexidade geométrica e tenha um modelo digital tridimensional disponibilizado em repositórios gratuitos, como o Armazém 3D. Esta escolha é feita no início das aulas, pois a geometria do objeto deve ser estudada e compreendida durante as atividades da disciplina.

Na atividade A7, os estudantes devem aprender a manipular a obra no espaço digital e controlar o sistema de projeção adotado (‘entender o conceito’). É solicitada a obtenção, em projeção ortogonal, de 8 vistas em projeção vertical (de 45 em 45 graus), a partir de uma única projeção horizontal, constituindo assim, no biprojetivo, 8 pares de imagens de correspondência biunívoca (épura) (‘aplicar’ e ‘analisar’ o procedimento). A proposta é que este exercício constitua um passeio de reconhecimento e investigação da obra, bem como de compreensão sobre como corresponder as projeções obtidas por procedimentos de rotação no espaço digital para representar as mudanças de plano vertical no sistema biprojetivo (‘avaliar um procedimento’). Deve-se destacar também a conveniência, desde este primeiro momento, em associar a nomenclatura das oito vistas frontais aos pontos

cardeais ('lembrar terminologias'). O resultado deve contemplar a representação em *épura*. Busca-se provocar também a reflexão sobre a dificuldade de sobrepor desenhos a mão para executar o procedimento de rotação (traçados densos e confusos quando se trata de geometrias complexas) e promover a compreensão de como os meios digitais potencializam a ação de representar pela automatização do procedimento projetivo ('entender procedimentos'). Esta disciplina tem um histórico, anterior à disponibilização dos meios digitais, de envolver exercícios sintéticos, pela dificuldade de uso aplicado. Entretanto, hoje é possível transitar, de maneira didática e simultânea, entre e a representação a mão e a digital; entre a representação de ponto, reta, plano e objeto arquitetônico complexo e tridimensional. É possível assim, por meio do potencial disponibilizado no repositório do software, que os estudantes manipulem formas complexas no espaço digital sem a necessidade inicial de representá-las, o que permite a eles gradativamente problematizá-las ao ponto de reconstruí-las e "jogar" com elas. Em contrapartida, há ainda o propósito de detectar o quanto o processo automatizado de representação deixa de promover desequilíbrios cognitivos, característicos dos processos de assimilação.

A proposta da atividade foi demonstrada em aula online gravada, com arquivo de apresentação e vídeo de apoio, a qual inclui os seguintes procedimentos: demonstração de comandos básicos de seleção e visualização do Sketchup; escolha do modelo de uma obra no repositório digital; ajuste das cenas no modo de projeção paralela; posicionamento do objeto para definir o primeiro sistema de projeção (para obtenção da *épura* com o par de imagens de vista superior e vista frontal); captura da imagem, no SketchUp, em vista superior e colagem desta imagem em projeção horizontal da obra num editor de apresentações; captura da projeção frontal (fachada sul) e colagem no editor de apresentações, sem mudanças de escala (destaque para não utilizar a ferramenta zoom, para que todas as projeções sejam correspondentes, vértices a vértices da obra); este procedimento de obtenção de projeção frontal da obra é realizado mais 7 vezes, cada uma delas após rotacionar o modelo tridimensional, em vista superior, a 45 graus, para contemplar os 360 graus de "giro" do objeto. No editor de apresentações, todas as imagens são agrupadas para manter a mesma escala entre elas e proceder a organização de todas as projeções verticais sob a linguagem do sistema biprojetivo.

As produções e eventuais dúvidas foram postadas no fórum correspondente à atividade e comentadas pelo corpo docente. Mantendo o foco no processo de aprendizagem, a atividade ficou aberta para ajustes após os comentários. Nem sempre os pareceres são individualizados, pois pretende-se a promoção de deslocamentos e posturas analíticas e comparativas por parte dos estudantes, uma vez que os erros se repetem. Os estudantes devem observar os trabalhos dos colegas e refletir sobre seus questionamentos. Entretanto, eles relataram dificuldade em transpor os comentários para sanar suas próprias dúvidas. As docentes, na medida do possível, mantiveram a estratégia sob o argumento de que o exercício reflexivo provoca tomadas de consciência.

A Figura 3 exemplifica os tipos de resultados produzidos pelos 32 estudantes que concluíram a atividade. Dentre as dificuldades mais comuns, foram destacadas: a) estudante não ajusta a visualização no sistema de projeção paralelo e executa toda a atividade no sistema cônico (4/32 ou 12%). Também utiliza uma vista frontal do objeto no lugar da vista superior, demonstrando total desconhecimento dos conceitos do sistema biprojetivo, pois é impossível fazer a correspondência biunívoca entre as imagens: apenas 1 caso; b) problemas na compreensão da lógica da representação de um objeto situado no primeiro diedro, (plano de projeção atrás do objeto). Estudante inverte a posição do observador nas vistas (em amarelo): 11/32 ou 34%; executa erroneamente o ajuste da obra aos eixos de correspondência, pois as linhas de chamada deveriam respeitar giros de 45

graus entre si (em azul): 9/32 ou 28%; e também demonstra incompreensão do conceito de sólido envolvente e correspondência entre vistas, pois apresentam incoerência entre si (em vermelho): 1 caso; c) problemas de deformação das imagens durante a manipulação do objeto: a escala da altura do objeto não está uniforme nas diferentes imagens (em vermelho): 14/32 ou 44%; d) dificuldade em estabelecer uma escala gráfica: 32/32 ou 100% não incluíram a escala gráfica na primeira postagem. Observou-se também que apenas 22% (7/32) utilizaram o auxílio da representação do sólido envolvente (recurso automático do software que reduz o problema de leitura da posição de geometrias complexas, por meio de um poliedro reto que tangencia a obra, como exemplificado na imagem b).

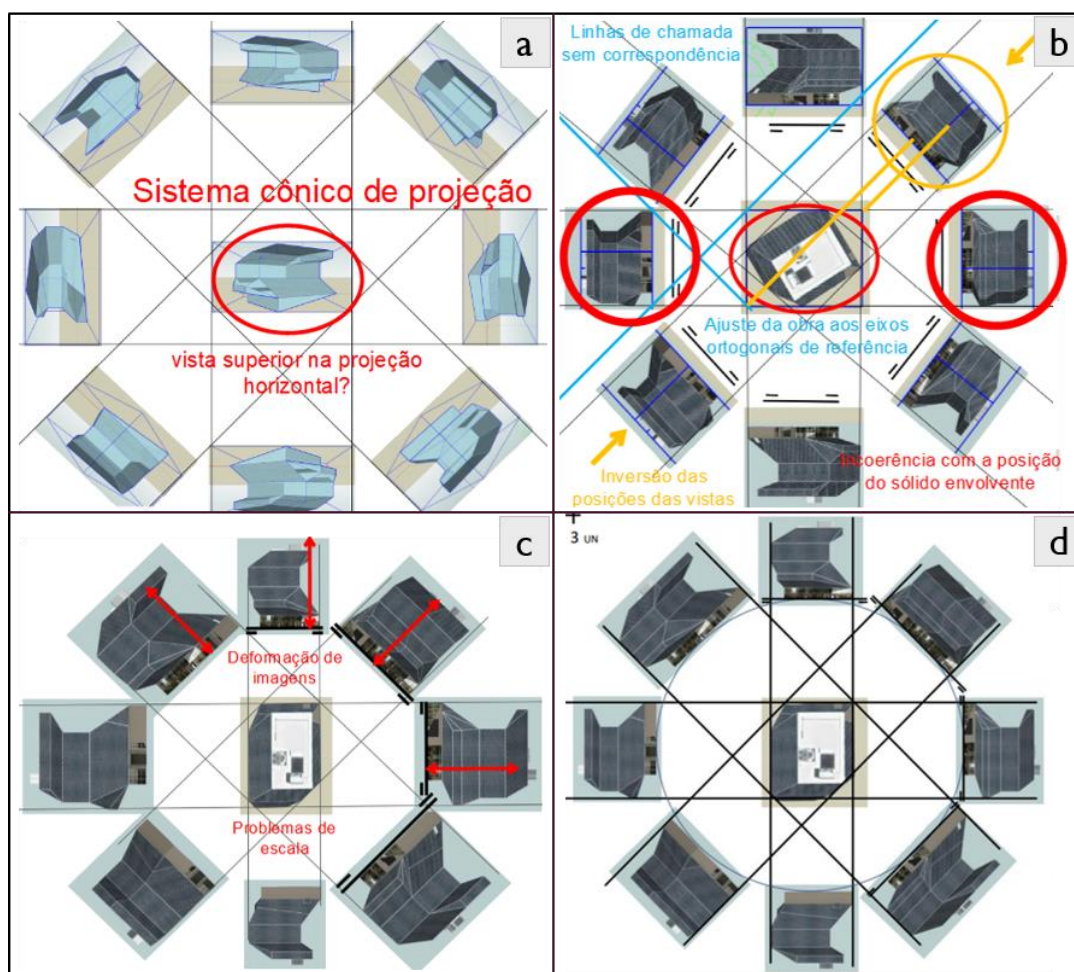


Figura 3 - Atividade A7 resolvida por estudantes.

Analisando-se os processos cognitivos envolvidos na atividade, provavelmente o fato de poder manipular os objetos no espaço digital (conhecimento processual) torna-se mais concreto que o conceito de projeção ortogonal (conhecimento conceitual). Eles dominam o processo mas não o conceito, já que o software automatiza o conceito que existe por trás do procedimento. No desenho a mão, para gerar a imagem é necessário a apropriação do conceito para guiar paralelismos ou convergências.

O fórum desta atividade teve 60 postagens de 32 alunos às professoras, portanto dos 35 alunos assíduos, 3 não fizeram a atividade, 11 entregaram apenas uma vez o exercício, 14 entregaram duas vezes e 7 fizeram 3 entregas. As professoras fizeram 47 comentários com orientações, o que deve ter colaborado para 65% dos alunos que realizaram a tarefa a tenham refeito pelo menos uma vez, demonstrando que houve dificuldades mas também comprometimento por parte dos discentes.

5.2. O que dizem os discentes

Os estudantes foram convidados a elaborar um relato aberto em áudio ou vídeo a respeito de seus processos de metacognição, sobre suas experiências de aprendizagem, avaliando dificuldades e avanços. Também foi solicitado que explicitassem materiais didáticos de sua preferência. 19 estudantes postaram esta tarefa, cerca de 54% do total.

Quase a metade dos estudantes (9/19 ou 47%) relataram que a disciplina tem sido difícil e desafiadora, e 4/19 ou 21% disseram nunca ter tido aulas de geometria antes.

Em relação aos materiais didáticos, 14/19 ou 74% dos estudantes relataram que preferem consultar os vídeos disponibilizados pelas professoras aos materiais escritos. As estatísticas do Moodle corroboram com esta informação, pois os fóruns (onde estão localizados os vídeos) foram expressivamente mais acessados do que os recursos em documentos de texto e imagens.

Eles também ressaltam a importância das atividades semanais para a compreensão dos conceitos e procedimentos abordados nos encontros síncronos, bem como dos feedbacks recebidos nos fóruns em relação às postagens de tarefas ou dúvidas. Alguns relataram, entretanto, ter dificuldade em avaliar se um comentário dirigido a um colega estaria ou não relacionado ao seu trabalho, apesar de frequentemente os erros serem comuns a vários estudantes. A estudante Carla ² relata: *“Eu adoro quando falam das minhas atividades porque eu consigo realmente saber se aquilo que eu estava pensando está certo ou errado. Eu fico vendo o feedback dos meus colegas mas é muito difícil eu achar que aquilo está aplicável para o meu desenho (...) daí eu não sei se isso está certo ou sou eu que não estou entendendo realmente”*. Os relatos indicam que os estudantes ainda não atingiram o nível de TC necessário para conseguir fazer esta análise, tanto que duas estudantes afirmaram ter dificuldade até mesmo em compreender o que foi solicitado em algumas atividades, mesmo com as aulas e vídeos explicativos. Outras duas relataram que só entenderam o propósito de algumas atividades depois de refazê-las, evidenciando a importância das regulações ativas, motivadas pela correção de erros, no processo de TC.

Sobre as estratégias que eles têm utilizado na construção de conhecimentos, pode-se citar a execução de maquetes físicas e digitais (no Sketchup) (4/19 ou 21%). Eles explicam que preferem construir e visualizar os objetos em três dimensões (‘concreto’) antes de conseguir representá-los em duas dimensões (‘abstrato’).

Uma questão levantada como positiva é a interação que ocorre nos encontros síncronos, onde os estudantes desenham e tiram dúvidas no quadro branco. Eles também se mostram entusiasmados com a atividade final da disciplina (o jogo), o que os motiva a querer explorar conceitualmente as obras durante as atividades intermediárias.

Os depoimentos sobre conhecimentos prévios revelaram ainda uma turma bastante heterogênea, composta tanto por estudantes advindos de cursos técnicos ou de desenho (14/35 ou 40%) e com algum conhecimento relacionado com GD ou DT, e outros que dizem nunca ter estudado geometria até então (4/35 ou 11%).

6. Considerações finais

A categorização da TRB mostrou-se útil como auxiliar para o docente visualizar o percurso metodológico de construção de conhecimentos, estabelecendo conexões com a teoria da equilibração e o conceito de TC de Piaget. O exercício de avaliar as atividades pela TRB mostrou a importância, no âmbito do planejamento pedagógico, de que as mesmas estejam distribuídas ao longo das dimensões do conhecimento e dos processos cognitivos para que a construção do conhecimento seja gradativa e respeite a individualidade do estudante. Na experiência em questão, as atividades buscaram mobilizar os estudantes a lembrar, aplicar, analisar e avaliar conhecimentos factuais, conceituais, procedimentais, metodológicos e estratégicos relacionados à utilização dos

sistemas de projeção, tanto em meio analógico quanto digital.

Por outro lado, apesar de observarmos avanços ao longo do processo, os níveis de TC ainda permanecem incipientes em muitos estudantes, que reconhecem em seus relatos a dificuldade envolvida nas atividades propostas. Isso é comum em disciplinas que envolvem o raciocínio espacial e geométrico. As turmas são muito heterogêneas e os estudantes com deficiências nos fundamentos da geometria precisam de mais tempo para a construção desses conhecimentos, que constituem um campo que demanda muitos raciocínios abstratos. Além disso, apesar de abrir novas possibilidades de exploração de objetos arquitetônicos complexos, a automatização de procedimentos nos *software* prejudica a generalização dos conceitos pelos estudantes.

O método adotado, de análise de uma atividade didática, apontou fragilidades e potencialidades do ER. Como fragilidades, podemos citar a maior dificuldade em se estabelecer meios de comunicação efetivos com os estudantes. Ainda que os fóruns de atividades configurem-se como ferramentas úteis, não substituem os intercâmbios presenciais. Exemplo disso são as trocas de mensagens entre os estudantes, que não ocorrem espontaneamente no ER. Por outro lado, a execução de maquetes físicas e digitais, bem como os vídeos tutoriais mostraram resultados positivos, sendo estes últimos apontados como o material didático preferido para consulta discente.

Estratégias didáticas que promovam a reestruturação de conceitos em um plano consciente podem desencadear processos de TC, e para isso a sistematização da TRB mostrou-se útil para auxiliar a configuração e planejamento de objetivos educacionais.

Notas

1. O [Sketchup](#) é um programa de modelagem em 3 dimensões, de uso intuitivo, utilizado frequentemente junto ao processo formativo e em projetos de arquitetura e interiores, e que conta com um repositório de modelos de diversas obras de arquitetura no Armazém 3D.
2. Os nomes foram alterados para impedir a identificação dos estudantes.
3. Mesmo no espaço digital, construções tridimensionais podem provocar abstrações pseudo-empíricas, baseadas nas propriedades observáveis ('concretas') dos objetos.

Referências bibliográficas

ANDERSON, L.W. (Ed.), KRATHWOHL, D.R. (Ed.), Airasian, P.W., Cruikshank, K.A., Mayer, R.E., Pintrich, P.R., Raths, J., & Wittrock, M.C. **A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives** (Complete edition). New York: Longman, 2001.

PERRENOUD, Philippe. **Ensinar** : Agir na urgência, decidir na incerteza. Saberes e competências em uma profissão complexa. Porto Alegre : Artmed Editora, 2001.

PIAGET, Jean. **Abstração Reflexionante: Relações lógico-aritméticas e ordem das relações espaciais**. Trad. Fernando Becker e Petronilha G. da Silva, Porto Alegre: Artes Médicas, 1995.

PIAGET, Jean. **A Equilíbrio das Estruturas Cognitivas: problema central do desenvolvimento**. Tradução de Marion Merlone dos Santos Penna. Rio de Janeiro: Zahar, 1976.

PIAGET, Jean; et alii. **A Tomada da Consciência**. Trad. Edson B. de Souza. São Paulo: Melhoramentos e EDUSP, 1977. 211p.

PIAGET, J., & Inhelder, B. **A representação do espaço na criança**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1993.

ROSA, M.; SOUZA, D. & SANTOS, N. **Formação continuada de professores de matemática e o ensino de geometria: um panorama das pesquisas dos últimos anos**. Revista Educação Matemática Pesquisa, 22(2), 635-657, 2020. doi: <https://doi.org/10.23925/1983-3156.2020v22i2p635-657>.