

**ENSINO DE GEOMETRIA DESCRITIVA NA ÉPOCA DAS TECNOLOGIAS
DIGITAIS: PRÁTICAS PEDAGÓGICAS NO CURSO DE ARQUITETURA**

***DESCRIPTIVE GEOMETRY TEACHING AT DIGITAL TECHNOLOGIES` TIME:
PEDAGOGICAL PRACTICES IN ARCHITECTURE COURSE***

Alessandra Teribele¹

Izabele Colusso²

Resumo

Com o surgimento das tecnologias digitais, novas possibilidades de visualização e criação da forma foram criadas apoiadas pelo uso de programas gráficos. Neste contexto, a disciplina de geometria descritiva passa por ajustes de sua abordagem, sendo questionada inclusive a sua utilização nos dias atuais. Entretanto, apesar de os avanços tecnológicos estarem mudando a forma de conceber, representar e fazer arquitetura, o desenho bidimensional ainda faz parte das atividades dos profissionais envolvidos na Arquitetura, Engenharia e Construção e seu estudo melhora a intuição espacial. Além disso, os programas gráficos seguem as solicitações do usuário que devem dominar os conceitos geométricos e sistemas de representação para operá-los. Esse artigo relata as experiências das disciplinas Geometria Descritiva Fundamentos e Geometria Descritiva Superfícies do curso de Arquitetura e Urbanismo da Unisinos. Ambas disciplinas buscam integrar conteúdos e abordagens atuais com os objetivos tradicionais desse estudo, ao mesmo tempo em que apresentam relações de transdisciplinaridade com outras atividades ao longo da grade curricular do curso.

Palavras-chave: geometria descritiva; representação bidimensional; visualização digital; raciocínio espacial; transdisciplinaridade.

Abstract

With the emergence of digital technologies, new possibilities for answers and creation of the shape were supported by the use of the software. In this context, the discipline of descriptive geometry undergoes adjustments of its approach, being questioned even by its use today. However, despite technological advances, the change of conception, execution and architecture, the two-dimensional design is still part of the activities of professionals involved in architecture, engineering and construction and their study improves the spatial intuition. Besides, the software follows user requests that master geometric concepts and representation systems to manipulate it. This article related the experiences of the disciplines Descriptive Geometry Fundamentals and Descriptive Geometry Surfaces of the Unisinos Architecture and Urbanism course. Both disciplines seek to integrate current content and

¹ Professora Doutora, UNISINOS – Mestrado Profissional em Arquitetura e Urbanismo, São Leopoldo, RS, Brasil. aleteribele@unisinos.br; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9562-1664>

² Professora Doutora, UNISINOS – Mestrado Profissional em Arquitetura e Urbanismo, São Leopoldo, RS, Brasil. icolusso@unisinos.br; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1802-6818>.

approaches with the traditional objectives of this study while presenting transdisciplinary relationships with other subjects throughout the course curriculum.

Keywords: descriptive geometry; two-dimensional representation; digital visualization; spatial reasoning; transdisciplinarity.

1. Introdução

Visualização e criação da forma fazem parte do fazer arquitetônico e as novas tecnologias digitais que permeiam a contemporaneidade estão trazendo possibilidades inovadoras para este campo de conhecimento. Neste contexto, a disciplina de geometria descritiva, responsável por desenvolver esses conhecimentos, sofre com mudanças na sua abordagem, sendo sua necessidade questionada atualmente. Ao mesmo tempo em que apoiam a manutenção da disciplina no currículo dos cursos, os autores Bokan, Ljucović e Vukmirović (2009) afirmam que o uso de programas CAD/CAM por profissionais da área torna o conhecimento prático dessa disciplina menos importante (BOKAN; LJUCOVIĆ; VUKMIROVIĆ, 2009).

A modelagem 3D permitiu ampliar o uso de formas complexas, ou livres, que apesar de ser possível utilizá-las com ferramentas analógicas, as ferramentas CAD facilitam a sua realização em todas as etapas de projeto (MARCONE, 2017). Entretanto, é necessário ter em mente que os programas gráficos seguem as solicitações do usuário e, por isso mesmo, este deve dominar os conceitos geométricos e sistemas de representação (VIVÓ; BERNAL, 2006). Não se pode negligenciar o conhecimento geométrico, pois é com ele que são fundamentadas as operações realizadas por esses aplicativos (MARCONE, 2017) e desenvolvidas as competências dos alunos, ao utilizarem essas novas ferramentas (VIVÓ; BERNAL, 2006).

A representação de formas tridimensionais apoiada em desenho bidimensional é o propósito da geometria descritiva, aplicada para o estudo das formas geométricas, superfícies e suas características, em forma gráfica e visual (MIGLIARI, 2012; VIVÓ; BERNAL, 2006). Por isso, apesar dos avanços tecnológicos estarem mudando a forma de conceber, representar e fazer arquitetura, o desenho bidimensional continua integrando as atividades dos profissionais envolvidos na AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção). Além disso, outras técnicas bidimensionais são necessárias na produção, e nem sempre a fabricação direta a partir do computador é possível. Mesmo se fosse, a interpretação de objetos no espaço e as possibilidades de fabricação digital como corte a laser de formas bidimensionais exigem uma compreensão tridimensional transitando para o bidimensional ambas no domínio espacial. "(...) a geometria permeia todo o processo da arquitetura; desde a concepção, por meio da representação, até a construção." (GANI, 2016, p. 171). Soma-se a isso o fato de o estudo da geometria descritiva melhorar significativamente a intuição espacial (BOKAN; LJUCOVIĆ; VUKMIROVIĆ, 2009), contribuindo com a prática profissional. Considerada uma ciência que ensina a construir formas de três dimensões, por meio de uma solução gráfica que controla simultaneamente os aspectos métrico, formal e perceptivo, é útil e aberta a um desenvolvimento ainda maior (MIGLIARI, 2012, p.568).

Em razão desses aspectos, mesmo na época das tecnologias digitais, sua aplicabilidade e contribuição para o saber arquitetônico continuam fundamentais, ao mesmo tempo em que devem englobar novos conceitos que surgem juntamente com as mudanças tecnológicas. Percebendo essa realidade, inúmeros profissionais vêm adequando o ensino dessa disciplina, vinculando-a com as novas técnicas disponíveis (GANI, 2016), sendo que vários estudos buscam inovar no ensino da Geometria Descritiva. Como exemplo, Vivó e Bernal (2006)

utilizam exemplos arquitetônicos reais para analisar a geometria e resoluções de problemas espaciais. Marcone (2017) aborda experiências de ensino e pesquisa, que cumpram etapas desde a concepção até a construção, chegando algumas até à vivência da forma arquitetônica, com formatos de workshop, atividades intensivas e a montagem rápida de estruturas efêmeras, assim como o uso da modelagem digital e de técnicas mistas analógicas e digitais.

Integrar abordagens atuais com abordagens tradicionais da geometria mantém seus objetivos, que são ainda atuais e necessários, além de incluir aspectos da realidade contemporânea e ampliar o conteúdo estudado. Esse artigo relata as experiências das disciplinas Geometria Descritiva Fundamentos e Geometria Descritiva Superfícies do curso de Arquitetura e Urbanismo da Unisinos. Nos dois casos citados, as atividades propostas visam instruir e explorar os objetivos tradicionais desse estudo juntamente com a inserção de conteúdos e abordagens presentes na arquitetura contemporânea. Soma-se a isso as relações de transdisciplinaridade estabelecidas com outras matérias ao longo da grade curricular do curso. As práticas pedagógicas aplicadas são descritas a seguir.

2. A Geometria Descritiva na Grade Curricular e Competências Esperadas

A geometria descritiva tem por objetivo desenvolver uma maior percepção espacial por meio do desenho geométrico, utilizando o estudo de objetos de três dimensões em um plano bidimensional, e uma maior compreensão dos meios de expressão e de representação gráfica. Dentro do contexto trabalhado no curso de Arquitetura e Urbanismo na Unisinos, a geometria descritiva é dividida em duas disciplinas. Geometria Descritiva Fundamentos, no 1º semestre do curso, e Geometria Descritiva Superfícies, no 2º semestre do curso.

A atividade Geometria Descritiva Fundamentos intenciona, de acordo com o Projeto Político Pedagógico do curso, subsidiar conhecimentos sobre as técnicas de representação gráfica, comunicação usada entre os profissionais da área, bem como de metodologias para resolução de problemas envolvidos e que serão utilizados na prática profissional. Ao final da atividade, o aluno deve ser capaz de conhecer métodos de representação gráfica para elaboração de projetos e métodos descritivos para resolução de problemas de projeto, gerar e manipular formas geométricas a partir da representação gráfica obtida com o sistema de projeção ortogonal, para elaboração de croquis bidimensionais da proposta arquitetônica bem como visualizar e interpretar os elementos geométricos para desenvolvimento do raciocínio espacial.

A atividade Geometria Descritiva Superfícies trata de gerar e manipular superfícies geométricas, tanto em nível bidimensional como tridimensional, para auxiliar a elaboração criativa e expressiva de volumes e superfícies modeladoras dos espaços arquitetônicos, sendo que os alunos são capazes de reconhecer as formas geométricas em projetos e edificações existentes para raciocinar espacialmente na intervenção projetual, além de relacionar a geometria com a fabricação digital para aplicar na execução de propostas arquitetônicas.

Estes conhecimentos de base espacial são considerados pré-requisitos para outras atividades acadêmicas, como as do eixo de desenvolvimento de projeto (Atelier de Projeto) do curso.

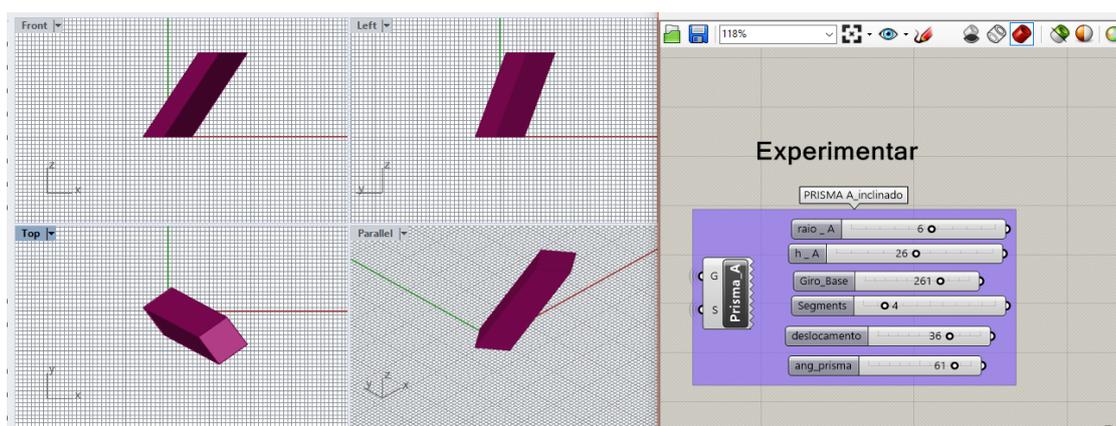
3. A Proposta da Geometria Aplicada à Arquitetura

Considerando que a representação bidimensional e a compreensão de conceitos de métodos descritivos fazem parte da realidade profissional, a disciplina de Geometria Descritiva

Fundamentos explora a prática bidimensional e o raciocínio espacial estudando a representação dos entes geométricos por meio do Método de Monge e métodos descritivos (mudança de plano de projeção, rotação e rebatimento) (BARISON, [s.d.]; BORGES; BARRETO; MARTINS, 1998; PRINCIPE JÚNIOR, 1995). O aluno aprende a desenvolver a compreensão de representações de projetos; conhecer métodos descritivos para a resolução de problemas; visualizar e interpretar elementos geométricos visando a elaboração criativa de projetos bem como o desenvolvimento do raciocínio espacial.

Como a instrumentação em programas de modelagem ocorre no 2º semestre do curso, e esta disciplina é ministrada no 1º semestre, os alunos usam as ferramentas tradicionais de desenho e utilizam programas de computador apenas para visualização. Optou-se por explorar a compreensão das projeções ortogonais, a visualização dos elementos formais, bem como sua relação com objetos tridimensionais por meio de uso de aplicativo previamente preparado pelo professor, não sendo necessário o ensino da utilização do programa computacional em si. Na prática pedagógica proposta, os alunos visualizam na tela do computador dois quadros principais, um com o software *Rhinceros* e o outro com o plugin *Grasshopper* como demonstra a Figura 1. No quadro da esquerda, no *Rhinceros*, estão posicionadas as três vistas que foram adequadas para ficarem na mesma posição da épura tradicional. No quadro da direita, *Grasshopper*, ficam as barras com os parâmetros, escala de números previamente programados para os alunos movimentarem com o uso do mouse. Conforme as alterações são realizadas nessas barras, as quatro imagens movimentam-se simultaneamente, mostrando aos alunos as relações entre as vistas, assim como na perspectiva disponibilizada em uma das imagens. A alteração dos valores das barras ocorre nos objetos visualizados no software *Rhinceros* e o aluno visualiza as suas projeções instantaneamente. Com o auxílio desse programa, os alunos manipulam os parâmetros para posicionar os desenhos bidimensionais corretamente, ou seja, vão analisar as projeções resultantes, simultaneamente, a partir de suas ações nos parâmetros.

Figura 1: Estudo de prismas explorando parâmetros desenvolvidos no *Grasshopper* e visualizados no *Rhinceros*.



Fonte: Elaborado pelos Autores

O objetivo do exercício é que, por meio da manipulação dos parâmetros, os alunos consigam uma solução de imagens próxima aos desenhos bidimensionais realizados por eles no caderno de exercícios, conforme Figuras 2 e 3. Dessa forma, conseguem analisar a relação

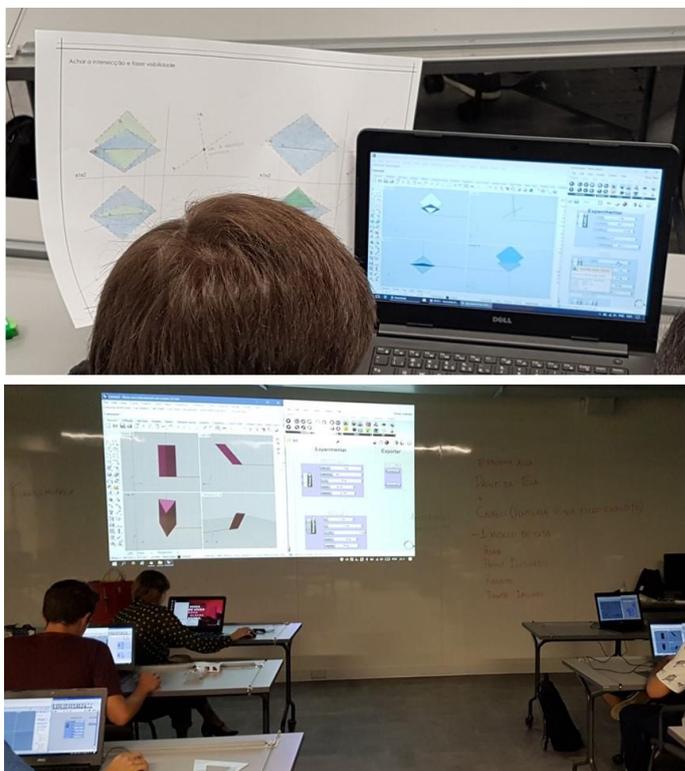
entre as diferentes vistas disponibilizadas em *épura* e como uma alteração afeta as demais projeções. É necessário interpretar os desenhos bidimensionais realizados no caderno de exercícios para realizar corretamente os ajustes nas barras de valores. Assim, comparam as imagens disponibilizadas pelo software com os desenhos feitos em *épura*. Manipulando os parâmetros e visualizando as alterações ocorridas nos desenhos disponibilizados pelo *Rhinoceros*, o aluno entende a relação entre as diversas vistas de um mesmo elemento geométrico e/ou conjunto de objetos, bem como desenvolve seu raciocínio espacial.

A programação foi realizada pelo professor que disponibilizou na tela somente as barras com os parâmetros para os alunos trabalharem. A programação visual em si ficou escondida para os acadêmicos, pois não é o foco da atividade aprender a usar os programas de modelagem em questão.

Para cada elemento geométrico a ser explorado pelos alunos, há vários itens para serem alterados e manipulados. No caso dos prismas, por exemplo, é possível escolher quantos lados tem o polígono base, o ângulo de rotação desse polígono bem como o seu tamanho. A altura do prisma e ângulos de rotação para sua inclinação também podem ser manuseados pelos acadêmicos. Possibilidades similares foram disponibilizadas para a manipulação de pirâmides.

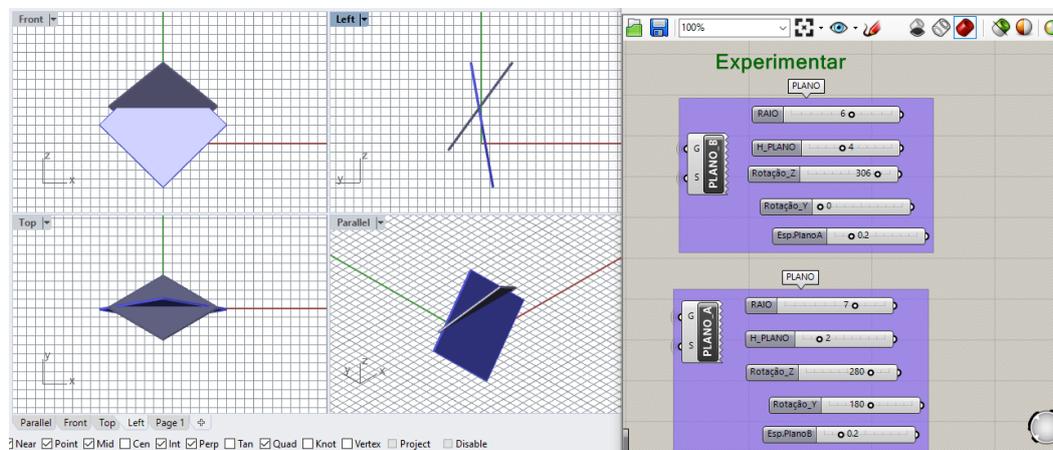
Essa prática é aplicada mais de uma vez durante o semestre, atendendo a vários conteúdos. Inicialmente trabalha-se somente com sólidos: prismas, pirâmides, prismas inclinados e pirâmides inclinadas. Depois explora-se os conteúdos de intersecções como plano com plano e plano com sólido como demonstram as Figuras 2 e 3.

Figura 2: Na imagem superior, alunos exploram intersecção de planos adequando os parâmetros ao modelo disponibilizado no caderno de exercícios, e na imagem inferior alunos exploram os prismas.



Fonte: Elaborado pelos Autores

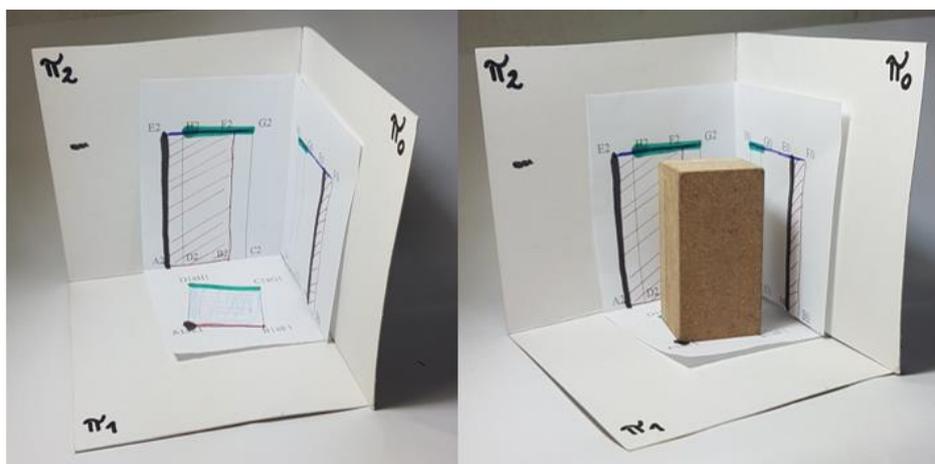
Figura 3: Intersecção de Planos (Plano A e Plano B) explorados com parâmetros desenvolvidos no Grasshopper e visualizados no Rhinoceros.



Fonte: Elaborado pelos Autores

Modelos físicos para auxílio do raciocínio espacial e compreensão dos conteúdos também são utilizados, como ilustra a Figura 4. Além do prisma retangular em madeira, no caderno de exercícios há desenhos para recortes e montagem de elementos geométricos: sólidos planificados indicando linhas de corte e locais para dobra bem como planos usados no conteúdo de intersecção de planos com planos. Nos demais conteúdos de intersecção, os alunos utilizam isopor e palitos de madeira.

Figura 4: Modelos tridimensionais para a compreensão das projeções resultantes.

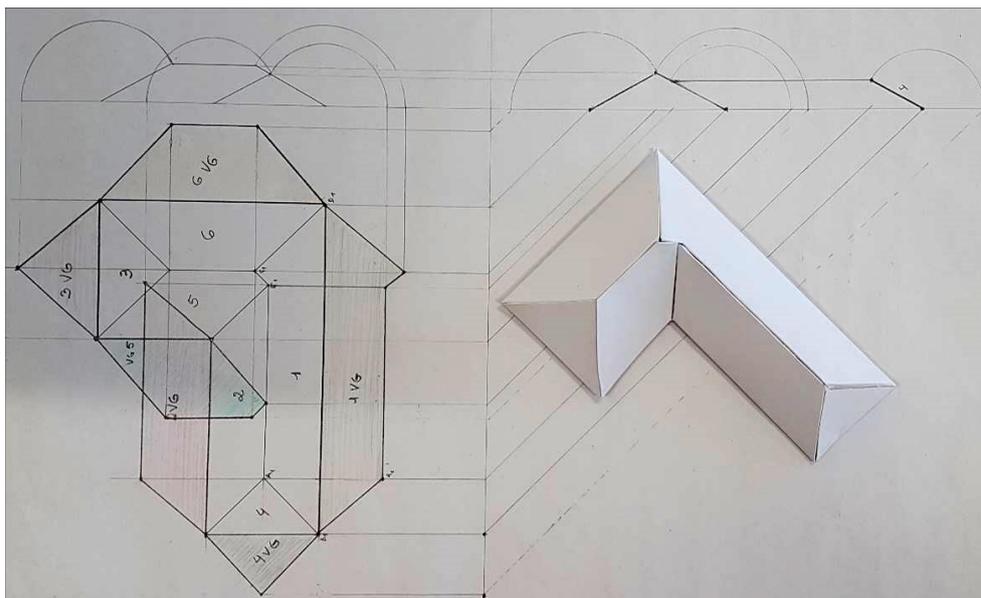


Fonte: Elaborado pelos Autores

Além disso, a disciplina procura a integração com a realidade profissional, deixando a matéria menos abstrata. Pretende-se dar uma concepção concreta para as formas geométricas trabalhadas (MONTENEGRO, [s.d.]). Para atingir esse objetivo, os métodos descritivos são estudados e aplicados em telhados, como ilustra a Figura 5. Estudos de cumeeiras com cotas distintas e as inclinações resultantes nos planos do telhado também são abordados (MACHADO, 1980). Este fato também auxilia a compreensão e interpretação do desenho

bidimensional, elementos em verdadeira grandeza, e outros tipos de projeção. Obras arquitetônicas conhecidas são desenhadas de modo simplificado para reforço do método de monge e sistemas de representação gráfica.

Figura 5: Construção de maquete do telhado usando métodos descritivos. Trabalho de alunos do semestre 2019.2.



Fonte: Elaborado pelos Autores

Na disciplina Geometria Descritiva Superfícies, que ocorre posteriormente à Geometria Descritiva Fundamentos, a integração do desenho bidimensional e do tridimensional é realizada por meio da integração analógica-digital. O desenho bidimensional e o raciocínio espacial são explorados por meio de exercícios de desenhos analógicos bidimensionais representados em *épura*. Os desenhos tridimensionais são desenvolvidos com o uso do software *SketchUp*, explorando e ampliando os conteúdos trabalhados bidimensionalmente. Além disso, nessa disciplina são acrescentados outros elementos geométricos não estudados anteriormente como toro; cilindroide; conoide; parabolóide hiperbólico, entre outros (POTTMANN et al., 2007; RODRIGUES, 1960).

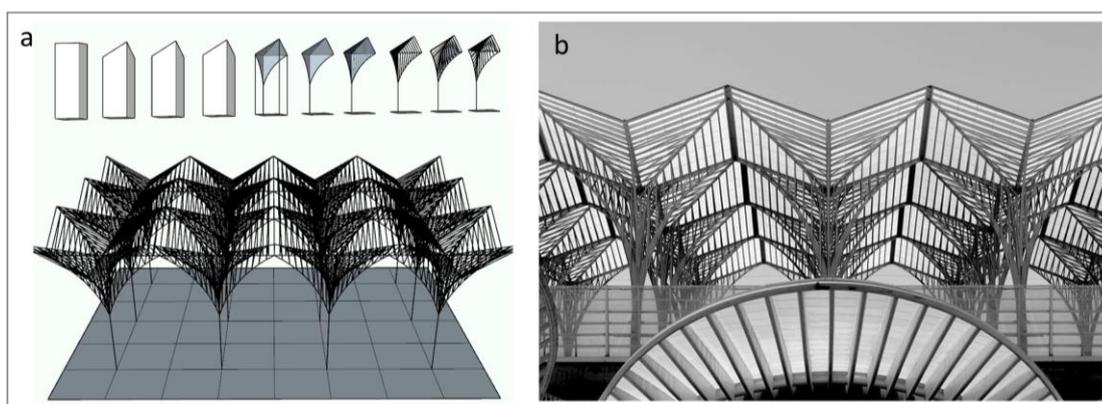
O estudo das superfícies geométricas inclui: conceito, processo de geração da forma, intersecções, bem como relação com obras arquitetônicas existentes e que estão sendo trabalhadas simultaneamente em outras disciplinas, como Teoria e História, ou Expressão Gráfica. Explora-se o processo de geração formal relacionando com possibilidades construtivas por meio dos conceitos geométricos abordados como o conceito de superfícies regradadas. Além de aprofundar a compreensão espacial, nessa disciplina o aluno explora a composição arquitetônica por meio da geração e manipulação das superfícies e elementos geométricos, contribuindo para o pensamento criativo e projetual. Conhece de que maneira as novas tecnologias aplicadas na arquitetura, e sua relação com a geometria, podem auxiliar na resolução de problemas, tanto de projeto como de edificações.

4. A Proposta de Transversalidade

As competências exploradas em ambas disciplinas servem como base para a prática projetual desenvolvida nas disciplinas de Atelier de Projeto bem como para as disciplinas de Expressão Gráfica. Além dos conceitos que tradicionalmente abrangem essas disciplinas e as apoiam, outras práticas pedagógicas são desenvolvidas para ampliar essa relação de transversalidade. De acordo com Guattari (1985), a noção de transversalidade surge para o ensino em oposição à verticalidade e à horizontalidade de conhecimentos, sendo uma raiz da mobilidade necessária à abrangência de visão do horizonte de eventos das diversas áreas do saber, integrando-as de maneira ampla, possibilitando conexões não pensadas anteriormente e utilizando-se dos paradigmas de aprendizagem horizontais ou verticais.

Nessa linha, o conteúdo trabalhado na disciplina é ampliado por meio de atividades que procuram essa transversalidade. Por exemplo, Grupos de Simetria Plana (MARCH; STEADMAN, 1971) são explorados para estudos compositivos das superfícies desenvolvidas e posterior aplicação nas atividades projetuais, sejam acadêmicas ou profissionais. Os alunos modelam esses objetos geométricos no software *SketchUp* e desenvolvem composições usando os conceitos de grupos de simetria plana. Por meio das transformações geométricas sobre o plano horizontal, esses grupos são classificados de acordo sua estrutura de translação e permite explorar variações e diferentes resultados compositivos antes não imaginadas pelos acadêmicos. Além da modelagem proposta pelos alunos, o professor demonstra exemplos arquitetônicos existentes que apresentem as superfícies trabalhadas juntamente com análise compositiva. Após essa compreensão e desenvolvimento inicial, tanto no caderno de exercícios como no programa *SketchUp*, os alunos escolhem uma obra existente que apresentem as superfícies trabalhadas e demonstram a geração da superfície bem como analisam o processo compositivo utilizando os conceitos estudado e trabalhado em sala de aula. A Figura 6 ilustra o resultado dessa atividade.

Figura 6: Exemplo de trabalho de análise de elemento geométrico e sua composição arquitetônica usando conceito de grupos de simetria plana. Baseado na obra Estação do Oriente.

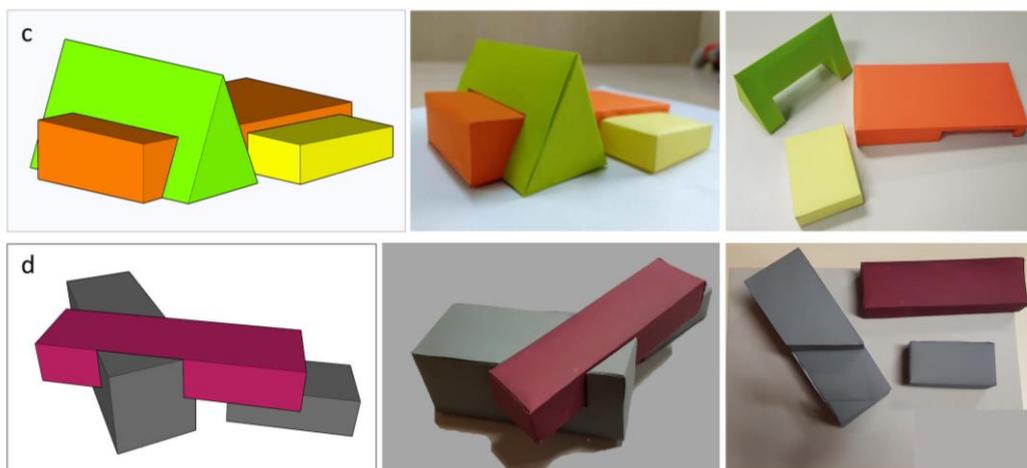


Fonte: Imagem a) elaborado pelos autores e imagem b) foto de Rui Flórido Gonçalves.

Outro exemplo de integração de conteúdo com as disciplinas de Atelier de Projeto ocorre com o conteúdo de intersecções de sólidos que é ampliado para as operações booleanas (POTTMANN et al., 2007), juntamente com estratégias de planificação. Para estes conteúdos, os alunos devem pesquisar obras ou projetos de arquitetura que apresentem

intersecção, e precisam modelar volumetricamente os elementos geométricos principais que compõem a edificação escolhida. Essa modelagem ocorre no *SketchUp* e com o auxílio do plugin "*Flattery*" que permite a planificação desses elementos. Após a planificação, os alunos executam a maquete da obra escolhida, como ilustra a Figura 7. Esse exercício permite a visualização das possibilidades compositivas com intersecção, e desenvolve essa competência nos estudantes. Permite que esse conteúdo seja explorado pelos professores das disciplinas de Atelier de Projeto, contribuindo para ampliar as estratégias compositivas.

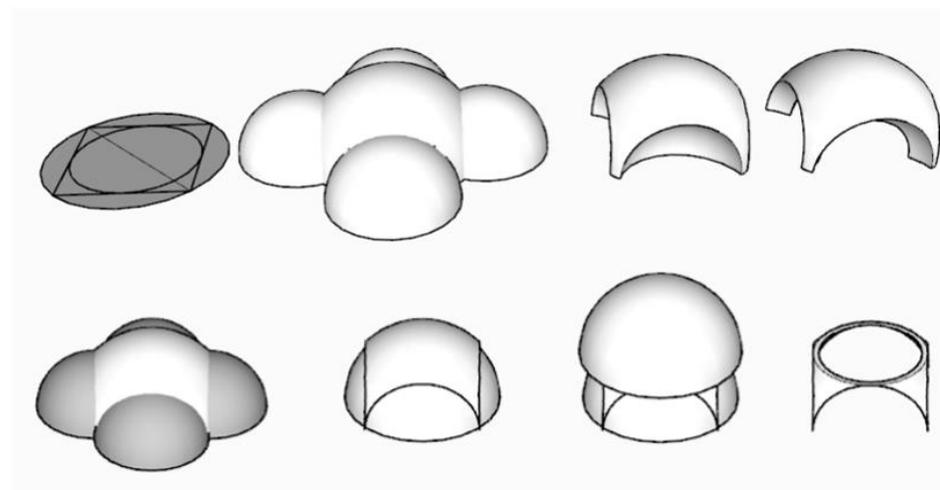
Figura 7: Exemplos de trabalhos realizados pelos alunos com intersecção de sólidos a partir da análise de obras existentes. Turmas 2019/01 e 2019/2.



Fonte: Elaborado pelos Autores sendo c) baseado na Igreja Waiuku, Nova Zelândia, disponível em: <https://www.archdaily.com/38054/waiuku-church-jasmax> e d) baseado na Casa em Quito, disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/767992/casa-em-quito-bernardo-bustamante>

A disciplina de Teoria e História da Arquitetura I se relaciona com diversos estágios das atividades acadêmicas de geometria descritiva. Inicialmente, ao serem estudados elementos geométricos de obras significativas da história da arquitetura e mais especificamente em dois momentos, sendo o primeiro na atividade acadêmica de Geometria Descritiva Fundamentos e o segundo em Geometria Descritiva Superfícies. Em GD_Fundamentos é realizado o estudo de plantas de igrejas de diferentes períodos históricos, investigando as diferenças arquitetônicas presentes nesses desenhos. O objetivo é relacionar as projeções ortogonais com os diferentes elementos arquitetônicos presente em cada período artístico identificando suas características arquitetônicas específicas. Em GD_Superfícies, relaciona-se a história da arquitetura usando o conteúdo de intersecção e subtração de sólidos para o estudo de cúpulas. Neste caso, os alunos modelam no software *SketchUp* os pendentes, triângulos esféricos, baseando-se em Machado (1980). A Figura 8 ilustra essa atividade.

Figura 8: Exercício de intersecção de sólidos apoiando-se em elementos arquitetônicos trabalhados na disciplina de história.



Fonte: Elaborado pelos Autores

5. A Geometria e as Novas Tecnologias Digitais

Considerando as possibilidades de aplicação na prática profissional das novas tecnologias digitais, as atividades acadêmicas relacionadas à Geometria Descritiva no curso de Arquitetura e Urbanismo da Unisinos abordam dois tópicos principais provenientes dessas realidades: o uso da geometria para fabricação digital bem como superfícies livres e estratégias para sua planificação, ambos relacionados com a execução da arquitetura e aspectos geométricos.

Curvas e superfícies livres (POTTMANN et al., 2007) são apresentadas aos alunos mostrando as novas possibilidades advindas com os avanços matemáticos e computacionais. Colabora com a prática projetual para além da manipulação das formas tradicionais, demonstrando outras possibilidades formais surgidas com o avanço tecnológico.

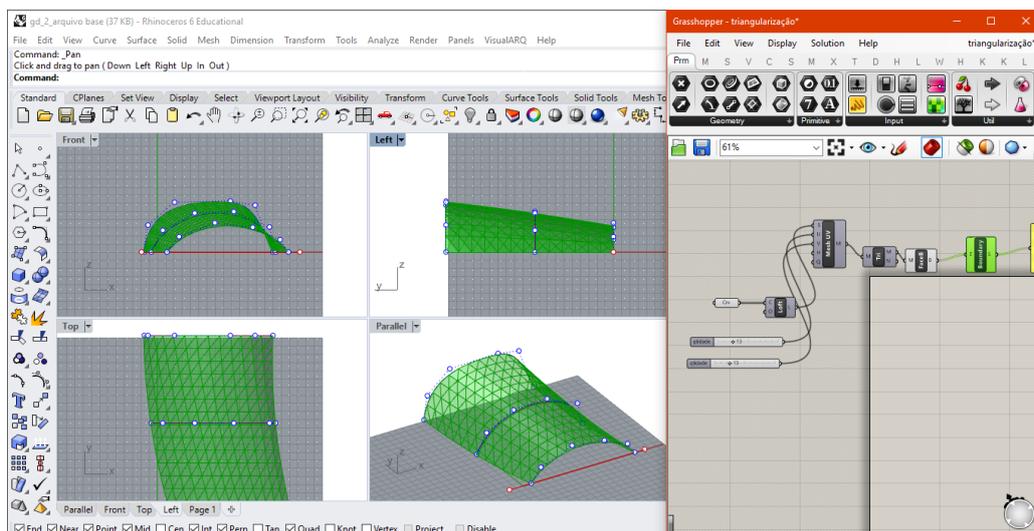
Neste momento, após os conceitos serem apresentados, os alunos experimentam a manipulação de superfícies livres usando o software *Rhinceros*. Conceitos de produção dessas formas são discutidos e explorados por meio da planificação dessa superfície a partir de programação feita no plugin *Grasshopper*. Desse modo, além das questões de mapeamento por malhas, superfícies planas e curvas, os alunos conhecem possibilidades de programação visual e paramétrica trabalhando neste plugin, conhecido por disponibilizar uma programação visual (BUENO, 2016). Como três vértices do triângulo no espaço estão sempre contidos em um único plano (POTTMANN et al., 2007), o triângulo é usado como base para a planificação por aproximação da superfície livre.

A questão de a superfície ser curva, e planificá-la por aproximação de elementos planos que fazem o seu mapeamento, é melhor compreendida pelos alunos quando eles realizam a planificação no *SketchUp*. A escolha desse software se deve ao fato de os alunos já terem usado este aplicativo no início do semestre, para planificar os sólidos das composições resultantes das operações booleanas.

Dessa forma, o exercício proposto insere a relação da geometria com as novas tecnologias digitais demonstrando os avanços na área. A realização de formas livres em arquitetura coloca grande desafio para engenharia e projeto e uma sólida compreensão

geométrica; apesar de não resolver todos os problemas é um importante aspecto para a realização do projeto (POTTMANN et al., 2007).

Figura 9: Na esquerda manipulação de pontos de controle e na direita programação visual para o mapeamento da superfície por triangularização, demonstrada sobre a superfície da esquerda.



Fonte: Elaborado pelos Autores

A fabricação digital depende de maquinário para a sua execução. Esse, por sua vez, tem limitações de tamanho e materiais, o que acaba acarretando a necessidade de subdivisão da geometria para fabricação e a posterior montagem das peças. As peças arquitetônicas em escala total excedem o envelope parcial de qualquer equipamento de fabricação (POTTMANN et al., 2007), com exceção de impressoras 3d que estão sendo construídas em tamanhos maiores para imprimir casas inteiras. De qualquer modo, o tamanho dessas construções tem tamanho máximo limitado pelo alcance desse maquinário.

Como a escolha de uma técnica de fabricação pode levar a uma estética particular devido à versão geométrica necessária para produzir suas partes (POTTMANN et al., 2007), exemplos de obras arquitetônicas são demonstradas e discutidas com os alunos, fato complementado por exercício de análise de obras que utilizem alguns desses métodos verificando os desafios geométricos e processuais adicionais de decomposição e montagem.

6. Impactos Esperados e Considerações Finais

O entendimento de que a Geometria Descritiva é conteúdo indispensável na formação de profissionais que lidam com a relação espaço-forma é essencial, dado que a metodologia utilizada aprimora a percepção espacial dos alunos, tornando-os mais perspicazes na interpretação da volumetria de um objeto, e por consequência, no ato projetual.

Este resultado é importante para o profissional que trabalha com modelos tridimensionais, seja na sua criação, construção, intervenção ou análise. Enfatiza-se também, que a atividade projetual efetivada por meio das representações ortográficas e espaciais requer conhecimento e domínio da simbologia adotada e atenção a detalhes fundamentais para a definição do projeto, seja ele em qualquer escala.

As alterações propostas com relação à atualização de abordagem para o ensino da Geometria Descritiva ocorreram com o objetivo de reduzir os prejuízos anteriormente identificados nas atividades, além de ampliar a percepção e uso dos meios digitais de representação e concepção atuais, bem como promover os processos de transdisciplinaridade e metodologias ativas propostas pelas novas diretrizes curriculares, tanto institucionais quanto curriculares.

Para a viabilidade da proposta, foram apresentadas alterações na aplicação das atividades acadêmicas envolvidas, desde a caracterização das mesmas, visando esclarecer aos alunos a mudança de abordagem. Enfatiza-se que o objetivo é a compreensão dos conceitos que envolvem a Geometria Descritiva, juntamente com a exploração entre o meio físico tridimensional e sua representação, tendo sempre como perspectiva a relação que o aluno é capaz de realizar com as atividades projetuais.

É importante deixar claro que esta alteração vem sendo praticada desde o início de 2017, há 2 anos e meio, com resultados de 5 semestres onde os alunos de fato demonstram maior engajamento nas atividades práticas. Também se considera como um atrativo a mais para os alunos, que observam na atividade uma nova oportunidade de estar em contato com as ferramentas digitais mais utilizadas atualmente como vínculo à concepção do projeto arquitetônico em si.

Como possíveis alterações e ajustes futuros, pretende-se uma ampliação da pesquisa verificando os benefícios percebidos pelos alunos por meio da análise do processo proposto nas turmas do curso de Arquitetura e Urbanismo e da relação do ensino da Geometria Descritiva e sua interação com a prática projetual.

Referências

- BARISON, Maria Bernardete. **Geométrica: Desenho Geometria e Arquitetura On Line**. [s.d.]. Disponível em: <<http://www.mat.uel.br/geometrica>>.
- BOKAN, Neda; LJUCOVIĆ, Marko; VUKMIROVIĆ, Srdjan. Computer-aided teaching of descriptive geometry. **Journal for Geometry and Graphics**, [s. l.], v. 13, n. 2, p. 221–229, 2009.
- BORGES, Gladys Cabral de Mello; BARRETO, Deli Garcia Ollé; MARTINS, Enio Zago. **Noções de geometria descritiva: teoria e exercícios**. 7ª ed. Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 1998. 173 p.
- BUENO, Ernesto. Grasshopper. In: GASPARGAR, João (Ed.). **101 Conceitos de Arquitetura e Urbanismo na Era Digital**. São Paulo: ProBooks, 2016. 256 p.
- GANI, Danusa Chini. **A geometria de gaspard monge: o método descritivo que prescinde da técnica da dupla projeção ortogonal e independe dos meios de representação**. 2016. 197 p. Doutorado - Universidade Federal do rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, 2016.
- GUATTARI, Félix. **Revolução Molecular: pulsações políticas do desejo**. 2ª ed. São Paulo: Brasiliense, 1985. 230 p.
- MACHADO, Ardevan. **Desenho na Engenharia e Arquitetura**. 3ª ed. São Paulo: A. Machado, 1980. 249 p.
- MARCH, Lionel; STEADMAN, Philip. **The geometry of environment : an introduction to spatial organization in design**. 1st U.S. e ed. Cambridge: M.I.T. Press, 1971. 360 p.

MARCONE, Raphael. **A geometria descritiva em ensino de arquitetura e urbanismo e as ferramentas cad** : diálogos possíveis. 2017. 152 p. Doutorado - Universidade federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, 2017.

MIGLIARI, Riccardo. Descriptive Geometry: From its Past to its Future. **Nexus Network Journal**, [s. l.], v. 14, n. 3, p. 555–571, 2012.

MONTENEGRO, GILDO A. **Inteligência visual e 3-D**. [s.l.] : Editora Blucher,[s.d.]. Livro eletrônico.

POTTMANN, Helmut. et al. **Architectural geometry**. Exton: Bentley Institute Press, 2007. 724 p.

PRINCIPE JÚNIOR, Alfredo dos Reis. **Noções de geometria descritiva**. 30. ed. ed. São Paulo: Nobel, 1995. 327 p. Vol. 2.

RODRIGUES, Alvaro J. **Geometria descritiva: projetividades, curvas e superfícies**. 3. ed. ed. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1960. 421 p.

VIVÓ, Juan J. Cisneros; BERNAL, Pedro M. Cabezos. La innovación en la enseñanza de la Geometría Descriptiva. El uso de las herramientas digitales y el estudio de casos reales. **Modelling in Science Education and Learning (MSEL)**, [s. l.], v. 9, n. 2, p. 109–119, 2006.