

## ALGORITMO APLICADO À GEOMETRIA DESCRITIVA

## ALGORITHM APPLIED TO DESCRIPTIVE GEOMETRY

*João Gabriel Affonso do Nascimento<sup>1</sup>  
Aline Calazans Marques<sup>2</sup>*

**Resumo:** O trabalho apresenta o desenvolvimento e resultados da pesquisa “Algoritmo aplicado à geometria descritiva” desenvolvida no grupo “A Educação do Olhar: apreensão dos atributos geométricos da forma dos lugares” do Programa de Pós-graduação em Arquitetura da Universidade Federal do Rio de Janeiro – PROARQ UFRJ, no âmbito da Iniciação Científica, e se baseia no trabalho prévio realizado por Dias (2015) para a disciplina. Na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ, a Geometria Descritiva se divide em dois segmentos: GD 1 e 2. O objeto desta pesquisa é a GD 1, que aborda conteúdos gerais, compreensão da é pura e métodos descritivos. O ensino de Arquitetura e Urbanismo vem enfrentando o constante desafio de se manter metodologicamente atualizado, sendo capaz de responder e desfrutar dos avanços tecnológicos que ocorrem desde a criação do computador pessoal. Diante desta problemática, a pesquisa teve por objetivo desenvolver um conjunto de materiais didáticos para minimizar o nível de abstração e contribuir para a compreensão espacial de formas relacionadas à arquitetura. Como resultado, foi desenvolvido um algoritmo de suporte didático para a disciplina.

**Palavras-chave:** geometria descritiva, educação do olhar, ensino de arquitetura, ferramenta paramétrica.

**Abstract:** This paper presents the development and results of the research “Algorithm applied to Descriptive Geometry” developed in the study group Teaching Observation of PROARQ/FAU-UFRJ, within the scope of Scientific Initiation with the support of FAPERJ, and is based on previous work carried out by Dias (2015) for the discipline. At the Faculty of Architecture and Urbanism at UFRJ, Descriptive Geometry is divided into two segments: Descriptive Geometry 1 and 2. The object of this research is Descriptive Geometry 1, which addresses general content, understanding of objects in two- and three-dimensional representations and descriptive

---

<sup>1</sup> Estudante de Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro. joao.gabriel@fau.ufrj.br

<sup>2</sup> Departamento de Análise e Representação da Forma, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro. alinecalazans@fau.ufrj.br

methods. The teaching of Architecture and Urbanism has been facing the constant challenge of keeping methodologically updated, being able to respond to the technological advances that have occurred since the creation of the personal computer. Faced with this problem, this paper developed a set of materials and tools to minimize the level of abstraction and contribute to the spatial understanding of forms related to architecture. As a result of this paper, a didactic support algorithm was developed, which is applicable and adaptable to graphic problems to be solved based on the foundations of Descriptive Geometry.

**Keywords:** Descriptive Geometry, Teaching Observation, Architecture Teaching, Parametric Tool.

## 1 Introdução

O presente trabalho apresenta o desenvolvimento e resultados da pesquisa “Algoritmo aplicado à geometria descritiva”, desenvolvida no âmbito da Iniciação Científica com o apoio da FAPERJ. Esta pesquisa é uma das atividades do grupo “A Educação do Olhar: apreensão dos atributos geométricos da forma dos lugares” do Programa de Pós-graduação em Arquitetura da Universidade Federal do Rio de Janeiro – PROARQ UFRJ.

A pesquisa teve início em setembro do ano de 2019, em momento anterior à Pandemia do COVID-19, e se encerrou em setembro do ano de 2021, durante o período de isolamento social. Atravessando esses dois momentos distintos, puderam ser realizados grandes avanços e descobertas, considerando a tarefa de ministrar aulas e monitorias online, com auxílio do computador pessoal, distantes das salas de aula físicas. No momento em que as vídeo-chamadas e aulas remotas se tornaram uma realidade para a Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ, o presente trabalho se mostrou de grande importância ao apresentar soluções sobre como expor aos estudantes meios de interpretar objetos e conhecimentos trabalhados na disciplina nomeada Geometria Descritiva, bem como maneiras de aproximar o estudante da prática profissional arquitetônica.

Como atividade do grupo de pesquisa do PROARQ, o trabalho é também uma extensão dos estudos iniciados em 2012 pela professora Maria Angela Dias, que se seguiram até o ano de 2015. Tais estudos propunham a investigação de estratégias de aprendizagem aplicadas ao ensino de Geometria Descritiva no âmbito da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ, de forma a minimizar o nível de abstração e contribuir para a compreensão espacial de formas relacionadas à arquitetura. O presente trabalho buscou criar um ferramental de auxílio didático que pudesse ser

utilizado em sala de aula por alunos e professores, investigando estratégias de ensino integradas aos recursos tecnológicos contemporâneos relacionados à prática arquitetônica, e que instigasse os estudantes a conhecerem as ferramentas digitais utilizadas no cotidiano da profissão. Como resultado da presente pesquisa, foram desenvolvidos diversos materiais de suporte à disciplina, bem como um algoritmo de suporte didático, aplicável e adaptável aos problemas gráficos solucionados com base nos fundamentos da Geometria Descritiva.

Além de ser o objeto desta pesquisa, a Geometria Descritiva é uma disciplina de representação gráfica presente no currículo básico de diversos cursos de graduação, como Arquitetura e Urbanismo, Engenharia, Matemática, e cursos de Educação Artística e Belas Artes. Um dos elementos chave para sua compreensão é a visão espacial, que implica na relação entre “corpo, forma e espaço”, onde a apreensão dos atributos espaciais se dá pela capacidade de compreensão das formas tridimensionais e da elaboração de imagens mentais, de acordo com Marques (2006).

Na FAU-UFRJ, a disciplina nomeada Geometria Descritiva se divide em dois segmentos: Geometria Descritiva 1 e Geometria Descritiva 2. Na GD1 são ensinados temas básicos, como compreensão da épura, dos métodos descritivos e da Geometria em geral: ponto, reta, plano e poliedros; na GD2 são apresentadas superfícies em geral. O ambiente da pesquisa relatada neste trabalho é a disciplina Geometria Descritiva 1, cursada no primeiro período da graduação na FAU-UFRJ, e que vem sofrendo atualizações desde 2007.

Em paralelo, o ensino de Arquitetura e Urbanismo vem enfrentando o constante desafio de se manter metodologicamente atualizado – sendo capaz de responder e desfrutar dos crescentes avanços tecnológicos que ocorrem desde a criação do computador pessoal. A busca por uma renovação no currículo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ, face às inovações tecnológicas, muitas vezes exclui disciplinas que têm deixado uma lacuna no desenvolvimento do raciocínio espacial, tal como a Geometria Descritiva.

Diante desta problemática, a pesquisa buscou caminhos para atualizar e contextualizar os materiais existentes, bem como explorar outras estruturas didáticas com o compromisso de tornar a disciplina mais aplicável e próxima da realidade dos estudantes frente ao mercado de trabalho e à realidade da profissão.

## 2 Metodologia de Pesquisa: Primeiro Ano

Métodos de trabalho de caráter exploratório foram sendo estabelecidos ao longo do processo de pesquisa. Iniciando por atividades que visavam a compreensão das dúvidas dos estudantes, realizadas ainda em momento de aulas presenciais, e partindo para práticas digitais, que se seguiram em momento anterior e durante a Pandemia do COVID-19, foi traçada uma metodologia de pesquisa que possibilitou desenvolver e amadurecer os objetivos propostos.

### 2.1 Mapeamento do Caderno Didático

Iniciando pelo mapeamento e classificação do caderno de exercícios vigente no período de 2018.2 para a disciplina GD1, a pesquisa buscou compreender o modo como os conhecimentos eram trabalhados ao longo do curso.

**Quadro 1** – Mapa de conteúdos do caderno de exercícios de Geometria Descritiva 1, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFJ

1	2	3	4	5	6	7	8	<i>Épura: o espaço e sua representação</i>			
9	10	11	12	13	14	15	16	<i>Poliedros</i>			
17	18	19	20	21	22	23	24	25	<i>Mudança de Plano</i>		
26	27	28	29	<i>Posições Relativas entre Reta e Plano</i>							
30	31	32	33	34	35	36	37	<i>Rotação</i>			
38	39	40	41	42	43	44	<i>Rebatimento</i>				
45	46	47	48	49	50	51	52	53	<i>Seções em Poliedros</i>		
54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	<i>Interseção de Poliedros</i>

Legenda		
Cor	Classificação	Descrição
Verde	Simplex	Repetição de exercícios anteriores, colocando em prática conhecimentos previamente adquiridos
Amarelo	Importantes	Introdução de novo assunto, conhecimento ou nova abordagem
Vermelho	Essenciais	Assuntos importantes que permeiam toda a compreensão da disciplina

Fonte: elaborado pelos autores

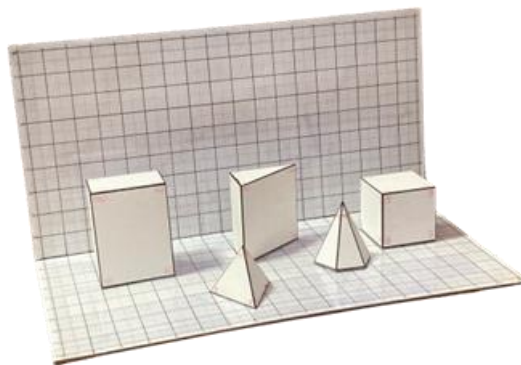
O mapa de classificação do caderno (Quadro 1) enquadrava os exercícios em três categorias, que por vezes se encontravam sobrepostas: i) Simplex – exercícios de repetição, colocando em prática conhecimentos previamente adquiridos; ii)

Importantes – exercícios que introduzem um novo assunto, conhecimento ou nova abordagem; iii) Essenciais – exercícios que abordam assuntos importantes que permeiam toda a compreensão da disciplina.

Esse processo foi fundamental para definir a lógica de elaboração do código. Foi um momento de reflexões e amadurecimento frente aos diversos caminhos da matemática para se alcançar um mesmo resultado. A própria definição do que seria o produto final começou a ser debatida nesta etapa inicial.

## 2.2 Materiais Didáticos Físicos

Após a etapa de estudo do caderno de exercícios, foram confeccionados materiais didáticos físicos. Tais materiais auxiliaram na compreensão dos exercícios realizados em aula e das indagações e modos de entendimento da disciplina pelos estudantes. Sendo utilizados em monitorias, realizadas de forma presencial em momento anterior à pandemia, esse conjunto de atividades da pesquisa foi de grande importância para que fossem iniciadas as experimentações digitais pretendidas de forma mais aproximada das necessidades dos estudantes.



**Figura 1** - Materiais Didáticos Físicos desenvolvidos durante a primeira fase da pesquisa.  
Fonte: dos autores

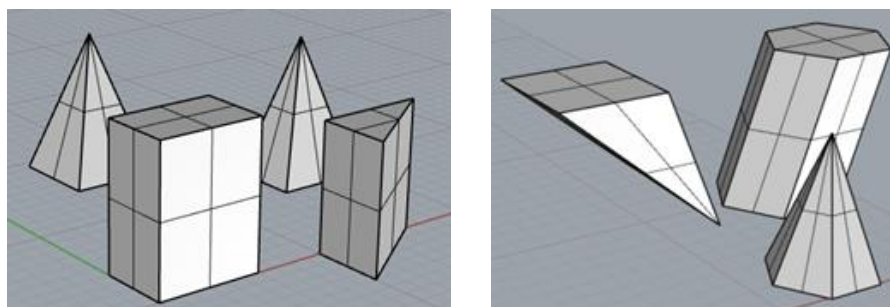
Trata-se de dois grupos de materiais físicos, desenvolvidos e utilizados nas atividades presenciais da presente pesquisa, observados na Figura 1: (i) sólidos – todos os poliedros apresentados no caderno de exercícios, confeccionados com papel canson; (ii) diedro – base articulada manipulável, que é representação palpável dos planos de projeção. Tais instrumentos foram pensados para serem de uso e produção de cada aluno desde a primeira semana de aula. Para monitorias extraclasse ainda foram desenvolvidos sólidos dinâmicos, material desenvolvido e configurado a partir de estudos de Bueno (2013), que auxiliavam na compreensão espacial dos poliedros.

Acredita-se que instrumentos físicos e digitais são complementares e contribuem para o desenvolvimento do raciocínio espacial.

### 2.3 Modelagem Digital no software *Rhinceros*

A próxima etapa foi de modelagem digital e investigação do mínimo de movimentos necessários para que os sólidos alcançassem as posições descritas nas questões do caderno. Utilizando o laboratório de informática de apoio à disciplina, em momento de atividades presenciais, foi escolhido o software *Rhinceros* para a confecção dos poliedros do caderno de exercícios (Figuras 2 e 3) por suas propriedades de modelagem e visualização, e por sua disponibilidade nas máquinas do laboratório no momento do início da pesquisa. Essa atividade permitiu compreender os movimentos do poliedro espacialmente e embasou a estruturação do código através do plug-in *Grasshopper*, parametrizando cada etapa.

Nessa etapa foram feitas proposições sobre o algoritmo parametrizado, experimentando configurá-lo de forma a transpor a prática da geometria descritiva trabalhada em sala de aula para o ambiente digital. Notou-se uma grande dificuldade de executar tais movimentos e trabalhar com o raciocínio lógico dos exercícios, solucionados com uso dos instrumentos de desenho, tanto para os pesquisadores como para os estudantes. Tais dificuldades ocasionaram em uma mudança de estratégia acerca da criação do algoritmo de suporte didático.



**Figuras 2 e 3** - Poliedros estudados na disciplina, modelados no software *Rhinceros*.  
Fonte: dos autores

Os poliedros não seriam mais modelados segundo a lógica do caderno de exercícios da disciplina, mimetizando movimentos de instrumentos, como par de esquadros e compasso: os sólidos seriam desenvolvidos e movimentados de forma parametrizada, segundo o algoritmo, garantindo seu correto posicionamento como proposto em exercícios. A nova estratégia abria também margens para criar outros

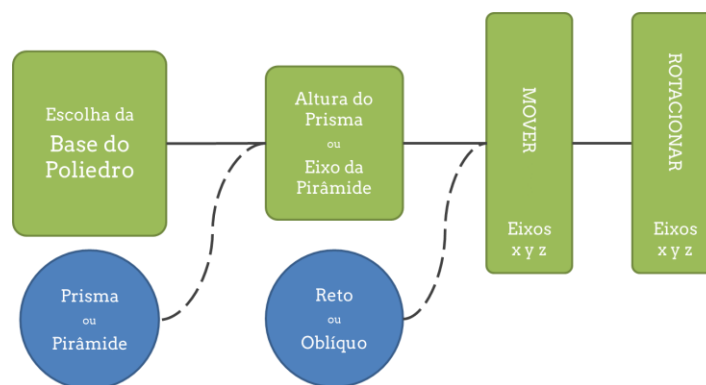


poliedros, em outras posições, diferentes daqueles apresentados no caderno didático, trabalhando também com a visão espacial, visto que a observação e experimentação se faziam muito mais presentes nesse novo processo instaurado.

## 2.4 Desenvolvimento de Algoritmo de Suporte Didático

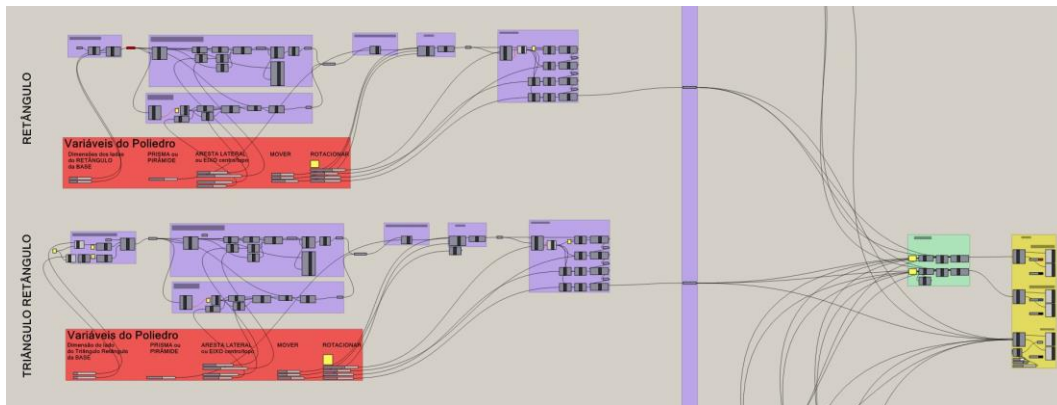
Ficou estabelecido, portanto, que a criação do algoritmo visava gerar os poliedros com informações que pudessem ser alteradas em qualquer etapa. Em sequência à concepção do poliedro, esse poderia ser movimentado e rotacionado até atingir a posição espacial desejada. A Figura 4 demonstra a lógica aplicada ao algoritmo.

Em princípio foi idealizada uma única linha de código, que pudesse ser utilizada para solucionar qualquer exercício do caderno e gerar qualquer poliedro trabalhado na disciplina. Porém, à medida que testes foram feitos, observou-se que seria mais viável e didático iniciar pelas bases dos sólidos geométricos. Ao final dessa etapa, estabeleceu-se que seriam criadas linhas de códigos diferentes para cada polígono da base dos diferentes poliedros, iniciando por aqueles já trabalhados na disciplina.



**Figura 4** – Diagrama esquemático, representando a concepção do algoritmo desenvolvido.  
Fonte: dos autores

Ao final do primeiro ano de desenvolvimento da pesquisa, o código elaborado permitia à ferramenta modelar prismas e pirâmides, poliedros abordados na disciplina Geometria Descritiva 1, com suas bases definidas pelos seguintes polígonos: triângulo equilátero, triângulo retângulo, quadrado, retângulo, hexágono; permitia também variações dos poliedros em relação às dimensões de suas arestas, bem como variações de posição no espaço, com comandos de movimento e rotação em relação aos eixos ortogonais do software *Rhinceros*. A Figura 5, extraída do plug-in *Grasshopper* do software *Rhinceros*, apresenta duas linhas do código referentes aos poliedros de base configurada pelos polígonos retângulo e triângulo retângulo.

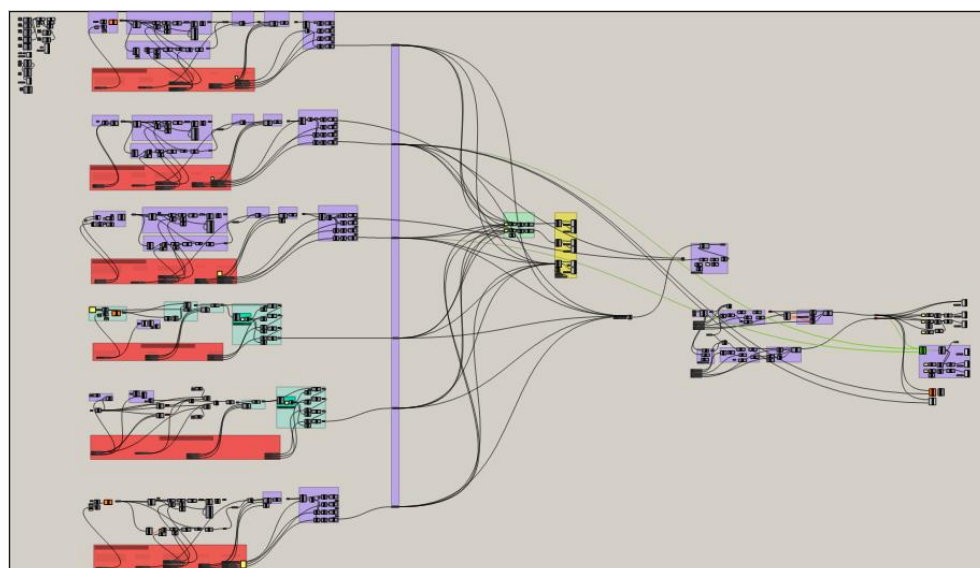


**Figura 5** - Fragmento do código desenvolvido no plug-in *Grasshopper* do software *Rhinceros*. Fonte: dos autores

### 3 Metodologia de Pesquisa: Segundo Ano

Desde agosto de 2020, a disciplina Geometria Descritiva 1 da FAU-UFRJ vem sendo ministrada de maneira remota e síncrona com o suporte das plataformas *Google Classroom*, para comunicação e base de dados, e *Google Meet*, para videoconferência, aulas síncronas e monitorias. Nesse cenário, o segundo ano de pesquisa se iniciou em meio à Pandemia do COVID-19, no âmbito das aulas virtuais, de forma remota.

Nessa segunda fase do trabalho foram desenvolvidos materiais de apoio ao uso do algoritmo de suporte didático (Figura 6), adicionadas novas funcionalidades ao código, e desenvolvidos novos materiais de auxílio às aulas em ambiente virtual.



**Figura 6** - Representação do código desenvolvido no plug-in *Grasshopper* do software *Rhinceros*. Fonte: dos autores



### 3.1 Manual de Procedimentos para uso do Algoritmo

A partir do código desenvolvido na primeira fase do trabalho, criou-se com base no caderno de exercícios do período letivo 2018.2, utilizado ao longo da pesquisa, um Manual de Procedimentos para uso do algoritmo. Este material de suporte ao uso do código tem por objetivo orientar e habilitar o usuário a operar a ferramenta desenvolvida pela pesquisa.

O Manual consiste em duas planilhas, onde foram catalogadas informações pertinentes à criação dos poliedros de cada um dos exercícios de acordo com os parâmetros disponíveis no software. Nele também consta a relação de todos os poliedros apresentados no caderno de exercícios utilizado, com suas informações principais e características. Todas as informações catalogadas no material podem ser usadas para o preenchimento dos parâmetros no plug-in *Grasshopper* no software *Rhinoceros* para gerar o modelo adequado a cada um dos exercícios do caderno.

Vale ressaltar que todas as informações apresentadas e catalogadas no manual são fruto da solução, compreensão e investigação acerca das questões do caderno de exercícios durante a primeira etapa da pesquisa.

O manual de procedimentos cataloga em sua primeira planilha (Tabela 1) informações presentes nas páginas do caderno de exercícios, como: a numeração dos exercícios analisados, pontos dados pelos exercícios, e o ponto de referência a ser utilizado pelo código naquela solução adotada. O ponto de referência aqui tratado corresponde a um dos vértices do poliedro trabalhado, e pode ser escolhido no código como ponto chave por onde ocorrem todos os movimentos e rotações, de acordo com os eixos ortogonais do software.

Também são catalogados nesta primeira planilha do manual os movimentos e rotações necessários para alcançar a posição estabelecida do poliedro no exercício correspondente do caderno da disciplina. Os movimentos nos eixos ortogonais do software, na planilha descritos como “eixo x”, “eixo y” e “eixo z”, correspondem às coordenadas do ponto de referência adotado (respectivamente abscissa, afastamento e cota daquele ponto). As rotações ocorrem também de acordo com o mesmo ponto de referência, e permitem que o poliedro seja rotacionado a partir desse ponto, em torno dos mesmos eixos ortogonais do software. Os movimentos e rotações ocorrem de acordo com o ponto de referência estabelecido no código, implicando a mudança desse ponto na alteração de referencial de todas as transformações espaciais pelo código.

É importante frisar que as soluções empregadas para a elaboração do manual de procedimentos para uso do algoritmo são aquelas que se mostraram mais eficientes naquele momento da pesquisa para os autores, e não excluem outras formas de se obter o mesmo resultado.

**Tabela 1** - Fragmento da primeira planilha do Manual de Procedimentos para uso do Algoritmo

Nº	Folha			Mover			Rotação		
	Exercício	Pto. de Referência	Pontos Dados	x →	y ↓	z ↑	eixo x	eixo y	eixo z
	(A, B, C, ...)	(ponto A, Ponto B, ...)		Abscissa (cm)	Afastamento (cm)	Cota (cm)			
1	A	ponto A	-	0	2	0	0°	0°	0°
	B	ponto Q	-	12	1	0	0°	0°	0°
2	Prisma Reto de Base Retangular	ponto A	-	5	5	0	0°	0°	20°
	Prisma Reto de Base Triangular	ponto Q	-	8	1	0	0°	0°	0°
3	A	ponto B	-	6,5	0	1	0°	0°	-30°
	B	ponto B	-	19	1,5	0	0°	15°	0°
4	A	ponto B	-	4,5	0	1	60°	90°	0°
	B	ponto D	-	16	1	0	90°	-45°	0°
5	A	ponto R	Pontos P' e Q	5	0	6	90°	0°	-50°
	B	ponto P	-	16	7,5	0	60°	0°	-90°
6	Prisma Reto de Base Triangular	ponto Q	Ponto Q	7	6	0	-45°	0°	90°
	Prisma Reto de Base Retangular	ponto A	-	1	0,5	6	0°	45°	0°
7	Exercício de Visibilidade								
8	A	ponto B	-	4	3	0	0°	35°	0°
	B	ponto A	reta (AB)	11	1,5	1	0°	-35°	0°
	C	ponto B	reta (AB)	21	1,5	2	0°	0°	-40°
9	A	ponto A	-	2,5	1	1	0°	0°	0°
	B	ponto A	-	13	1,5	1	0°	0°	45°
	C	ponto A	-	17	8	0	0°	-30°	0°
10	A	ponto A	-	2	3	1	0°	0°	0°
	B	ponto B	-	21	1	0	0°	30°	0°
11	A	ponto R	-	2,5	1	1	0°	0°	115°
	B	ponto B	-	13	5	0,5	-45°	-90°	0°

Fonte: dos autores

Todas as informações necessárias para a montagem dos poliedros segundo o código são indicadas na segunda planilha do manual (Tabela 2). Nesta, são catalogados a numeração dos exercícios analisados, de acordo com o caderno da disciplina utilizado, a nomenclatura dos poliedros, sua base poligonal, as principais dimensões e medidas necessárias para a modelagem dos mesmos utilizando o código paramétrico, e as relações entre base e eixo, no caso de pirâmides, e entre base e aresta lateral no caso de prismas, para que possam ser estabelecidos os movimentos necessários que atendam tanto poliedros retos quanto oblíquos.

**Tabela 2** - Fragmento da segunda planilha do Manual de Procedimentos para uso do Algoritmo

Nº	Exercício (A, B, C, ...)	Poliedro						
		Nome	Base	Medidas			Relação Base-Aresta Lateral	Relação Base-Eixo
1	A	Prisma Reto de Base Retangular	Retângulo (ABCD)	(AB) = 6cm	(AD) = 4cm	(AAs) = 8cm	Perpendicularidade	-
	B	Prisma Reto de Base Triangular	Triângulo Retângulo (PQR), reto em (Q)	(QR) = 6cm	(QP) = 4cm	(QQs) = 7cm	Perpendicularidade	-
2	-	Prisma Reto de Base Retangular	Retângulo (ABCD)	(AB) = 6cm	(AD) = 4cm	(AAs) = 8cm	Perpendicularidade	-
	-	Prisma Reto de Base Triangular	Triângulo Retângulo (PQR), reto em (Q)	(QR) = 6cm	(QP) = 4cm	(QQs) = 7cm	Perpendicularidade	-
3	A	Prisma Reto de Base Retangular	Retângulo (ABCD)	(AB) = 6cm	(AD) = 4cm	(AAs) = 8cm	Perpendicularidade	-
	B	Prisma Reto de Base Retangular	Retângulo (ABCD)	(AB) = 6cm	(AD) = 4cm	(AAs) = 8cm	Perpendicularidade	-
4	A	Prisma Reto de Base Retangular	Retângulo (ABCD)	(AB) = 6cm	(AD) = 4cm	(AAs) = 8cm	Perpendicularidade	-
	B	Prisma Reto de Base Retangular	Retângulo (ABCD)	(AB) = 6cm	(AD) = 4cm	(AAs) = 8cm	Perpendicularidade	-
5	A	Prisma Reto de Base Triangular	Triângulo Retângulo (PQR), reto em (Q)	(QR) = 6cm	(QP) = 4cm	(QQs) = 7cm	Perpendicularidade	-
	B	Prisma Reto de Base Triangular	Triângulo Retângulo (PQR), reto em (Q)	(QR) = 6cm	(QP) = 4cm	(QQs) = 7cm	Perpendicularidade	-
6	-	Prisma Reto de Base Triangular	Triângulo Retângulo (PQR), reto em (Q)	(QR) = 6cm	(QP) = 4cm	(QQs) = 7cm	Perpendicularidade	-
	-	Prisma Reto de Base Retangular	Retângulo (ABCD)	(AB) = 6cm	(AD) = 4cm	(AAs) = 8cm	Perpendicularidade	-
7	Exercício de Visibilidade							
8	A	Hexaedro Regular	Quadrado (ABCD)	(AB) = 5cm	(AD) = 5cm	(AAs) = 5cm	Perpendicularidade	-
	B	Hexaedro Regular	Quadrado (ABCD)	(AB) = 4,5cm	(AD) = 4,5cm	(AAs) = 4,5cm	Perpendicularidade	-
	C	Hexaedro Regular	Quadrado (ABCD)	(AB) = 4cm	(AD) = 4cm	(AAs) = 4cm	Perpendicularidade	-
9	A	Tetraedro Regular	Triângulo Equilátero (ABC)	(AB) = 5cm	(AC) = 5cm	(AD) = 5cm	-	Perpendicularidade
	B	Tetraedro Regular	Triângulo Equilátero (ABC)	(AB) = 5cm	(AC) = 5cm	(AD) = 5cm	-	Perpendicularidade
	C	Tetraedro Regular	Triângulo Equilátero (ABC)	(AB) = 5cm	(AC) = 5cm	(AD) = 5cm	-	Perpendicularidade
10	A	Pirâmide Reto de Base Retangular	Retângulo (ABCD)	(AB) = 6cm	(AD) = 4cm	h = 7cm	-	Perpendicularidade
	B	Pirâmide Reto de Base Quadrada	Quadrado (ABCD)	(AB) = 6cm	(AD) = 6cm	h = 7cm	-	Perpendicularidade
11	A	Prisma Reto de Base Triangular	Triângulo Retângulo (PQR), reto em (Q)	(QR) = 5cm	(QP) = 3,5cm	(QQs) = 5cm	Perpendicularidade	-
	B	Prisma Reto de Base Quadrada	Quadrado (ABCD)	(AC) = 6cm	(BD) = 6cm	(AAs) = 7cm	Perpendicularidade	-

Fonte: dos autores

Com base no manual, entende-se que o estudante pode não apenas conferir se seu processo de montagem e posicionamento do sólido no espaço de trabalho está correto em relação ao código e seus métodos, mas também garante uma base para compreender e visualizar de forma apropriada o exercício que está sendo executado.

### 3.2 Identificação e Correção de Erros no Código

Com a produção do manual de procedimentos para uso do algoritmo foram encontrados erros e problemas no código. Os erros envolviam majoritariamente a dificuldade de modelagem de determinados poliedros que empregavam, no caderno de exercícios, soluções gráficas para obtenção da resposta à questão. A solução que se deu para tal problema foi a aproximação de determinados valores para que pudessem ser atribuídos ao código, valorizando a compreensão e visualização do exercício.

A pouca relação entre as coordenadas desenvolvidas na disciplina Geometria Descritiva 1 e os valores discrepantes apresentados pelo código foi outro erro comum do código desenvolvido na primeira fase. Nesse código, deveria se optar pela unidade de afastamento igual a 15 ao se trabalhar com um afastamento que possuía como valor 6cm em exercícios do caderno da disciplina. Levou-se em consideração movimentar a área disponível de trabalho e modelagem do software para que o erro pudesse ser corrigido.

Outro problema, que se assemelha ao das coordenadas (referente aos movimentos no código) dizia respeito às rotações: primeiro foi reduzido o intervalo entre os ângulos do código, inicialmente de 30° (trinta graus) para 15° (quinze graus), e depois para 1° (um grau), para que todos os exercícios do caderno pudessem ser alcançados. Em seguida aumentou-se o limite das rotações para uma volta inteira de 360° (trezentos e sessenta graus), sendo 180° (cento e oitenta graus) negativos e 180° positivos. Isso possibilitou que a maior parte dos ângulos estabelecidos nos poliedros dos exercícios do caderno didático da disciplina pudessem ser alcançados.

Algo que não pôde ser completamente solucionado durante o momento desta pesquisa foi a problemática de algumas bases poligonais, como o paralelogramo, por dificuldades de se modelar parametricamente o polígono utilizando o software. Por conta disso, alguns exercícios não puderam ser montados e ilustrados de acordo com o que se estabelecia no caderno da disciplina. Optou-se, então, pela modelagem de poliedros que se assemelhassem aos sólidos desenvolvidos nos exercícios em questão, valorizando a compreensão e visualização no momento da ilustração daqueles exercícios por meio do código.

Outros problemas encontrados durante esta etapa da pesquisa não encontraram suas soluções definitivas. Problemas relacionados a definições de poliedros, em especial os oblíquos, que precisariam de duas ou mais transformações

para que atingissem o modelo apresentado nos exercícios do caderno da disciplina, se mostraram como obstáculos para o desenvolvimento da pesquisa. Foram feitas experimentações para encontrar, em desenvolvimentos futuros da pesquisa, soluções que possam responder a tais problemas e indagações.

### 3.3 Código Computacional: Novos Recursos

Solucionados os erros encontrados, tendo como base o Manual de Procedimentos desenvolvido, buscou-se introduzir novos recursos, propostos e debatidos em momentos anteriores da pesquisa. As novas funcionalidades do algoritmo diziam respeito a conhecimentos tratados na disciplina Geometria Descritiva 1 da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ, tais como seção, interseção e planificação de poliedros.

A ferramenta resultante deste trabalho tem como propósito instrumentalizar o professor e contribuir para o desenvolvimento da capacidade do aluno de visualizar e raciocinar sobre a montagem, produção e movimentos dos poliedros, observando como eles se comportam no espaço e nas representações nos planos de projeção.

#### 3.3.1 Painel de Controle

O primeiro recurso a ser apresentado, que garantiu agilidade para o manuseio e utilização do mesmo, foi a ferramenta “Painel de Controle” (Figuras 7 e 8). A ferramenta, do plug-in *Grasshopper*, integra parâmetros escolhidos à tela de início do software *Rhinoceros*. Nesse recurso foram dispostas as principais variáveis do poliedro, estabelecidas no código paramétrico, possibilitando aos usuários sua utilização descomplicada. O painel de controle garante uma forma simples e intuitiva de manusear o programa sem a necessidade de entender a fundo o código que o define. Também garante autonomia ao usuário para uma experimentação facilitada de todo o processo e procedimentos trabalhados na disciplina.

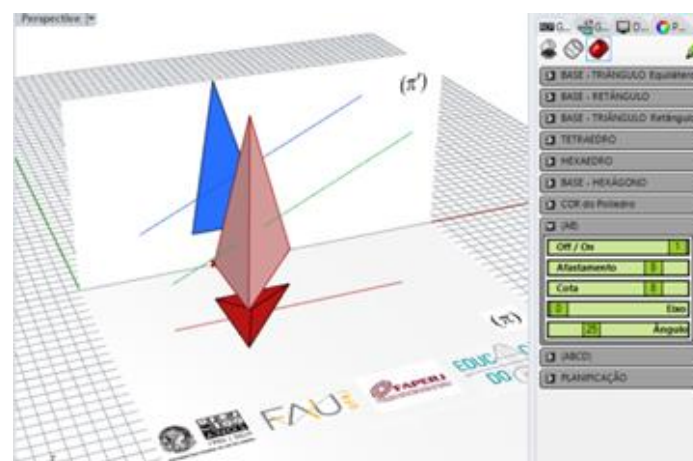




**Figuras 7 e 8** - Ilustrações do Painel de Controle, no software *Rhinoceros*. Fonte: dos autores

### 3.3.2 Segmento de Reta (AB) e Interseção de Reta e Poliedro

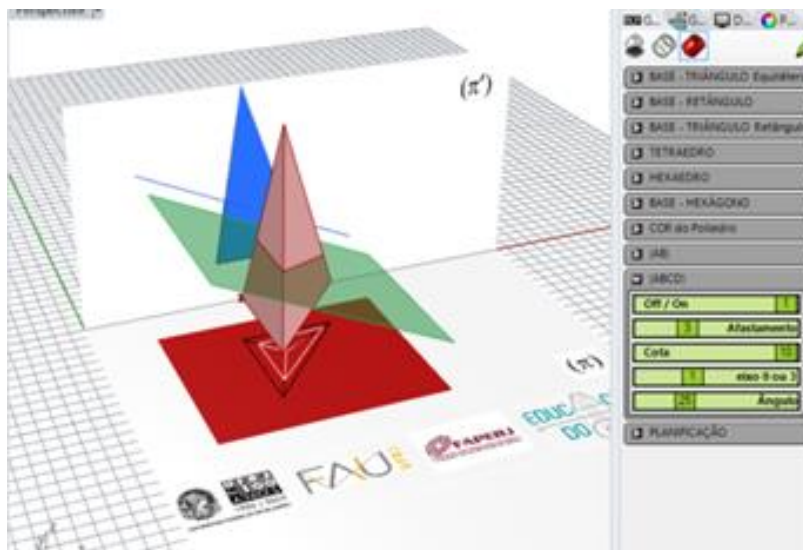
A função “Segmento de Reta (AB)” pode ser acionada para ilustrar conteúdos como posição relativa entre reta e planos, e pode ter diversos de seus parâmetros controlados, como dimensão, distância e posição em relação aos planos de projeção - a partir dos comandos mover e rotacionar. Com essa função, integrada à criação de sólidos pelo código, é possível também desenvolver interseções entre reta e poliedro (Figura 9). É possível apresentar, assim, como ocorre a interseção através das projeções e vistas apresentadas no software.



**Figura 9** - Ilustração das funcionalidades “Segmento de Reta” e “Interseção de Reta e Poliedro”, demonstradas no software *Rhinoceros*. Fonte: dos autores

### 3.3.3 Face (ABCD) e Interseção de Face e Poliedro

Pode-se acionar a função “Face (ABCD)” para criar um plano ilustrativo, que pode ter seus parâmetros relacionados à dimensão e posição modificados. Com esse recurso, é possível demonstrar conteúdos como posição relativa entre a face e os planos de projeção. Integrada à criação de sólidos pelo código, é possível desenvolver interseções entre plano e poliedro (Figura 10), criando assim seções que podem ser observadas na área de trabalho do software *Rhinoceros*, em diferentes visualizações.

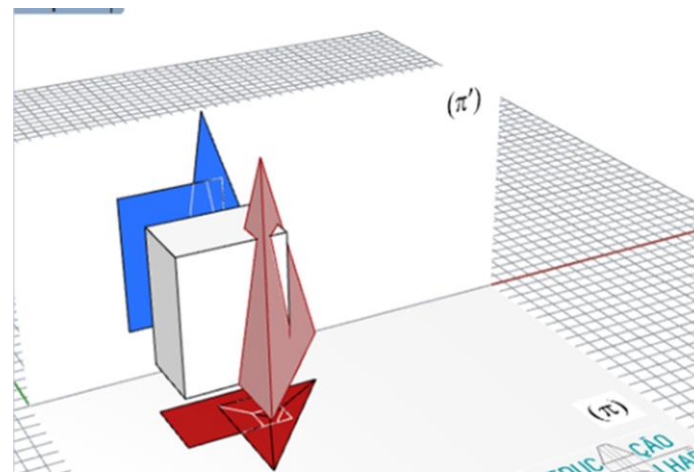


**Figura 10** - Ilustração das funcionalidades “Face (ABCD)” e “Interseção de Face e Poliedro”, demonstradas no software *Rhinoceros*. Fonte: dos autores

### 3.3.4 Interseção de Poliedros

Outra funcionalidade adicionada ao código foi a interseção entre poliedros, onde é possível visualizar em destaque o encontro entre os sólidos, tanto no espaço tridimensional quanto nas projeções vertical e horizontal (Figura 11).

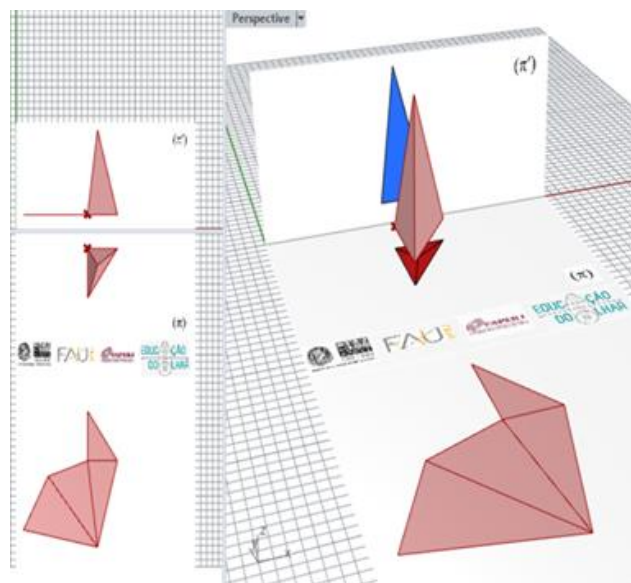
As novas funcionalidades garantem ao professor da disciplina uma vasta biblioteca de exemplos que dão apoio às aulas. Essa possibilidade garante ao código novas utilidades para a demonstração, criação, experimentação e observação de exercícios, presentes ou não no caderno didático.



**Figura 11** - Ilustração da funcionalidade “Interseção de Poliedros”, demonstrada no software *Rhinoceros*. Fonte: dos autores

### 3.3.5 Planificação

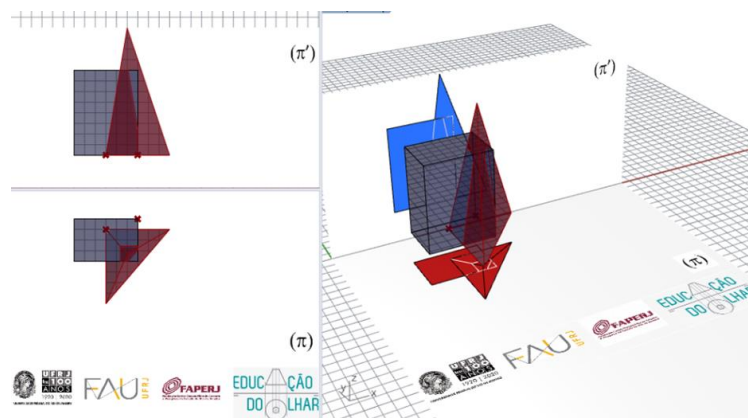
O recurso de planificação pode ser executado pelo comando “Unfold” e permite que cada poliedro seja desenhado em duas dimensões a partir da Verdadeira Grandeza de todas as suas faces (Figura 12). A planificação resulta em um molde em tamanho real que pode ser impresso e montado para se obter o modelo físico. Importante ressaltar que todas as novas funcionalidades explicitadas anteriormente se aplicam à planificação, gerando a possibilidade de criação de uma biblioteca virtual e física de modelos da disciplina.



**Figura 12** - Ilustração do recurso “Planificação”, demonstrado no software *Rhinoceros*. Fonte: dos autores

### 3.3.6 Cores dos Poliedros

É possível ainda alterar as cores dos poliedros, através de novo recurso adicionado ao código (Figura 13). Essa funcionalidade possui grande utilidade para uma melhor visualização e compreensão de determinados conteúdos da disciplina, como demonstração de interseções. É possível alterar as cores dos poliedros entre branco opaco e transparente com filtro vermelho ou cinza.

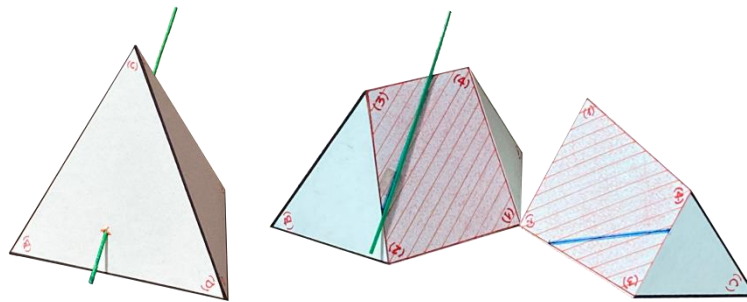


**Figura 13** - Ilustração do recurso de “Cores dos Poliedros”, onde são aplicados filtros de cores nos sólidos, demonstrado no software *Rhinoceros*. Fonte: dos autores

### 3.4 Novos Materiais Didáticos Físicos

Em etapa anterior da pesquisa, foram desenvolvidos modelos tridimensionais físicos de apoio didático à disciplina, utilizados tanto durante o período presencial do início desta pesquisa quanto nos períodos remotos que se sucederam. Foram acrescentados aos modelos da etapa anterior outros modelos físicos, funcionais no tocante à experimentação e observação, que auxiliaram no desenvolvimento do raciocínio lógico e espacial desenvolvido ao longo do curso. Os modelos são apresentados em frente à câmera e manuseados pelo professor no ambiente virtual onde ocorrem as aulas síncronas, e em vídeos explicativos sobre exercícios chave da disciplina.

Modelos representando interseções de retas e poliedros, seções, e relações importantes para a disciplina, observados nas Figuras 14 e 15, foram somados à biblioteca de modelos físicos da pesquisa e da disciplina. Cabe destacar que todos os modelos físicos desenvolvidos também podem ser desenvolvidos a partir do código computacional elaborado, gerando uma biblioteca de modelos físicos e digitais que se complementam.



**Figuras 14 e 15** - Ilustração de um dos novos materiais didáticos físicos elaborados, representando o conteúdo de Interseções. Fonte: dos autores

#### 4 Reflexões e Desdobramentos Possíveis

Com a pandemia do COVID-19, as relações entre alunos e professores, e entre espaços acadêmicos e ambientes de trabalho mudaram. Essas mudanças atingem radicalmente a disciplina prático teórica de fundamentação Geometria Descritiva 1 da FAU-UFRJ, já que foi planejada para ser ministrada em sala de aula, em contato com os alunos. Em agosto de 2020, quando ocorreu o retorno das aulas, em modalidade remota, por meio de vídeo-chamadas, os professores e alunos tiveram que rapidamente se adaptar a esse novo modelo de ensino. O código paramétrico desenvolvido durante a pesquisa, que tem por objetivo auxiliar na compreensão da disciplina, se tornou útil nesse momento, como uma forma de apresentar aos estudantes meios de visualizar objetos e conteúdos, promovendo uma experimentação integrada no momento de aulas síncronas.

A falta dos modelos tridimensionais físicos, presentes em sala, ao alcance dos estudantes, trouxe à tona a necessidade de renovação que o código desenvolvido apresenta. A surpreendente interação ocorrida durante as aulas virtuais síncronas da disciplina Geometria Descritiva 1 durante o Período Letivo Excepcional (PLE), primeiro período remoto da FAU-UFRJ, apresentou um resultado inesperado e um paralelo entre as diferentes salas de aula: o desenvolvimento dos exercícios no código computacional era feito em conjunto com os estudantes, que, ao longo da modelagem dos sólidos, tiravam suas dúvidas e propunham indagações acerca da disciplina. Tal artifício auxiliou e tem auxiliado na compreensão da Geometria Descritiva durante os períodos de aulas virtuais e online, e também tem amenizado a difícil situação da pandemia e do distanciamento social.

Durante o segundo ciclo da pesquisa, pôde-se assistir ao avanço da campanha de vacinação contra a COVID-19, e países que completaram seu ciclo de vacinação



se libertando do distanciamento social, e pôde-se enfim vislumbrar um possível retorno à vida rotineira “normal” e às atividades presenciais. A pesquisa, que encerrou seu período de vigência em setembro de 2021, vislumbra uma nova fase, presencial, onde seus resultados poderão ser compartilhados e utilizados nos laboratórios de apoio à disciplina. Espera-se colocar em prática o que era objetivo dessa pesquisa desde o início: a democratização e difusão do código desenvolvido para todos aqueles que se interessarem, para que sirva também como instrumento de união entre pesquisadores e estudantes, entusiastas e professores, e para que proporcione aprendizados e sabedoria a todos que se dispuserem a aprender um pouco mais.

Com a breve introdução do código à disciplina Geometria Descritiva 1 como ferramental de auxílio didático, os desdobramentos possíveis desta pesquisa se baseiam na expansão do código a todo corpo docente que compõe a equipe, bem como aos monitores que dão auxílio à disciplina. Planeja-se desenvolver e ministrar um workshop para apresentar a pesquisa e o código paramétrico desenvolvido aos envolvidos com a disciplina Geometria Descritiva 1 da FAU-UFRJ, para que o mesmo possa ser utilizado, difundido e aprimorado em momento posterior ao trabalho aqui presente.

Com o possível retorno a um modelo de aulas presenciais, planeja-se também colocar o código desenvolvido em contato direto com os estudantes da disciplina, para que possam ser utilizados em suas buscas e experimentações em Geometria Descritiva, com apoio dos laboratórios de informática de apoio à disciplina.

## Agradecimentos

Agradecimentos à FAPERJ pelo apoio ao fomento e desenvolvimento de pesquisas no Estado do Rio de Janeiro (nº do processo 246138 edital IC 2019/1), e à professora Maria Angela Dias, pelo auxílio no desenvolvimento da pesquisa em curso, assim como pelas reflexões sobre ensino de Geometria Descritiva compartilhados com os professores e membros do Grupo de Pesquisa “A Educação do Olhar: apreensão dos atributos geométricos da forma dos lugares”.

## Referências

BUENO, Leonardo C. **Sólidos dinâmicos e o desenvolvimento da concepção espacial**: o caso da disciplina de Geometria Descritiva no curso de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ – Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – Rio de Janeiro: UFRJ/FAU, 2013.

DIAS, M. A. **Projeto FAPERJ**. Rio de Janeiro, 2011.

DIAS, M. A. **Conferência proferida para promoção de cargo Titular**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2015.

MARQUES, J. S. **As Imagens do Desenho**: Percepção espacial e representação. Trabalho de síntese, Faculdade de Belas Artes da Universidade do Porto, 2006.

UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro. **Disciplina de Geometria Descritiva I** – código FAR 116 – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Sistema Integrado de Gestão Acadêmica - SIGA. Rio de Janeiro: UFRJ, 2020.