

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

FRANCISCO CARLOS RODRIGUES LUCAS

**O USO DE OBJETOS REAIS E VIRTUAIS NO ENSINO DO DESENHO TÉCNICO
VISANDO O DESENVOLVIMENTO DE HABILIDADES ESPACIAIS**

**Bagé
2021**

FRANCISCO CARLOS RODRIGUES LUCAS

**O USO DE OBJETOS REAIS E VIRTUAIS NO ENSINO DO DESENHO TÉCNICO
VISANDO O DESENVOLVIMENTO DE HABILIDADES ESPACIAIS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado em Ensino da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ensino.

Orientador: Prof. Dr. Cristiano Corrêa
Ferreira

**Bagé
2021**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

L933u Lucas, Francisco Carlos Rodrigues
O uso de objetos reais e virtuais no ensino do desenho
técnico visando o desenvolvimento de habilidades espaciais
/ Francisco Carlos Rodrigues Lucas.
82 p.

Dissertação(Mestrado)-- Universidade Federal do Pampa,
MESTRADO EM ENSINO, 2021.
"Orientação: Cristiano Corrêa Ferreira".

1. Desenvolvimento de habilidades espaciais. 2. Rotação
Mental. 3. Visualização espacial. 4. Ensino do Desenho
Técnico. I. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal do Pampa

Francisco Carlos Rodrigues Lucas

O USO DE OBJETOS REAIS E VIRTUAIS NO ENSINO DO DESENHO TÉCNICO VISANDO O
DESENVOLVIMENTO DE HABILIDADES ESPACIAIS

Trabalho de Dissertação de
Mestrado apresentado ao Programa de Pós-
Graduação de Mestrado em Ensino (MAE) da
Universidade Federal do Pampa, como
requisito parcial para obtenção do Título de
Mestre em Ensino.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 31 de março de 2021.

Banca examinadora:

Prof. Dr. (Cristiano Corrêa Ferreira)

Orientador

(UNIPAMPA)

Prof. Dra. Cristina Grafanassi Tranjan

(UFRJ)

Prof. Dra. Sandra Dutra Piovesan

(UNIPAMPA)

Prof. Dra. Vera Lúcia Duarte Ferreira

(UNIPAMPA)



Assinado eletronicamente por **CRISTIANO CORREA FERREIRA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 19/04/2021, às 15:52, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **SANDRA DUTRA PIOVESAN, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 19/04/2021, às 16:33, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **Cristina Grafanassi Tranjan, Usuário Externo**, em 19/04/2021, às 17:28, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **VERA LUCIA DUARTE FERREIRA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 04/05/2021, às 14:33, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0506160** e o código CRC **B65D7EE8**.

Universidade Federal do Pampa, Campus Alegrete
Av. Tiarajú, 810 – Bairro: Ibirapuitã – Alegrete – RS CEP: 97.546-550

Telefone: (55) 3422-8400

Dedico este trabalho aos meus pais João Bosco Ferreira Lucas (*in memoriam*) e Cleonara Rodrigues Lucas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Universidade Federal do Pampa pela oportunidade e ao Curso de Pós-Graduação *Stricto Sensu* – Mestrado Acadêmico em Ensino (MAE) pelos momentos de reflexão e aprendizagem.

Aos professores do MAE que através de seus conhecimentos e experiências despertaram em mim o interesse pela pesquisa evidenciando sua importância para a sociedade. Transformaram o professor em um professor pesquisador. Em especial agradeço ao meu estimado orientador Professor Dr. Cristiano Corrêa Ferreira pelos diálogos intensos focados na produção do conhecimento. Através de suas orientações, dotadas de muito rigor e liberdade, ensinou-me como ser um pesquisador.

Aos colegas de turma pelos debates intensos e pelos instantes de descontração.

Agradeço ainda a Professora Msc Fernanda Vieira Barasuol e ao Professor Msc Sandro Martinez Conceição, colegas no Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade da Região da Campanha pelo comprometimento na participação e na viabilização do presente trabalho.

Em especial, agradeço à minha companheira Catherine Colpo que me apoiou com seu conhecimento e com sua imensurável ajuda e aos meus filhos João Francisco Aguiar Lucas e Anita Aguiar Lucas que, mesmo pequenos se orgulharam dessa conquista.

RESUMO

Explorações recentes relacionadas ao desenvolvimento das habilidades espaciais indicam a recorrência da baixa capacidade de visualização trazida por estudantes de graduação em diferentes áreas do conhecimento. Enquanto pesquisadores e professores, devemos considerar esse fato um problema relevante para a trajetória acadêmica dos estudantes, assim como para suas vidas profissionais. Portanto, essa pesquisa tem por objetivo investigar as contribuições da implementação de estratégias pedagógicas centradas no desenvolvimento das habilidades de visualização espacial através do exercício do Desenho Arquitetônico. Compreende como grupo de estudo os alunos ingressantes no segundo semestre de 2020 nos Cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil da Universidade da Região da Campanha - URCAMP/Bagé. A pesquisa desenvolvida tem um delineamento quase-experimental com uma abordagem quantitativa/qualitativa e de natureza aplicada. Foi realizada através de uma atividade pedagógica fundamentada em um modelo metodológico que estimula o contato do aluno com objetos reais e virtuais utilizando a computação gráfica como apoio à visualização. Foram utilizados pré-testes e pós-testes específicos de mensuração das habilidades de rotação mental e visualização espacial, dos quais foram obtidos resultados utilizados tanto para subsidiar a análise qualitativa como para as comparações quantitativas. Foi aplicado o método qualitativo denominado Análise de Conteúdo para verificação do material resultante da atividade entregue pelos estudantes e o teste não paramétrico de Wilcoxon para as comparações estatísticas entre os pré-testes e os pós-testes, a fim de verificar as contribuições da metodologia proposta. A análise estatística apontou que o nível das habilidades de rotação mental e de visualização espacial se mostrou semelhante após a aplicação da atividade pedagógica. Porém, a análise qualitativa indicou que muitos estudantes apresentaram resultados individuais melhorados nos pós-testes, compatíveis com a boa qualidade do material resultante da atividade desenvolvida, refletindo a influência da metodologia para o progresso das habilidades de visualização espacial.

Palavras-chave: Desenho Arquitetônico. Objetos reais. Computação gráfica. Habilidades espaciais.

ABSTRACT

Recent explorations related to the development of spatial skills indicate the recurrence of low visualization skills brought by undergraduate students in different areas of knowledge. As researchers and professors, we must consider this a relevant problem for the students academic trajectory, as well as for their professional lives. Therefore, this research aims to investigate the contributions of the implementation of pedagogical strategies focused on the development of spatial visualization skills through the exercise of Architectural Design. It comprises as a study group students entering the second semester of 2020 in the Courses of Architecture and Urbanism and Civil Engineering at the University of the Campaign Region - URCAMP / Bagé. The research developed has a quasi-experimental design with a quantitative / qualitative approach and applied nature. It was carried out through a pedagogical activity based on a methodological model that encourages student contact with real and virtual objects using computer graphics as a support for visualization. Specific pre-tests and post-tests were used to measure the abilities of mental rotation and spatial visualization, from which results were obtained, both to support the qualitative analysis and for the quantitative comparisons. The qualitative method called Content Analysis was applied to verify the material resulting from the activity delivered by the students and the Wilcoxon non-parametric test for statistical comparisons between pre-tests and post-tests, in order to verify the contributions of the proposed methodology. . The statistical analysis showed that the level of skills of mental rotation and spatial visualization was similar after the application of the pedagogical activity. However, the qualitative analysis indicated that many students showed improved individual results in the post-tests, compatible with the good quality of the material resulting from the activity developed, reflecting the influence of the methodology for the progress of spatial visualization skills.

Keywords: Architectural Design. Real objects. CG. Spatial skills.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Exemplo de representação através do Desenho Técnico	22
Figura 02 – Representação de projeto arquitetônico residencial	24
Figura 03 – (A) Acrílico sobre tela – Figurativo. (B) Acrílico sobre tela – Abstrato .	25
Figura 04 – Exemplo de questão do MRT	36
Figura 05 – Exemplo de questão do MCT	36
Figura 06 – Currículo para desenvolvimento da percepção visual	42
Figura 07 – Sequência metodológica do experimento	46
Figura 08 – Levantamento físico-visual apresentado pelo estudante AI_06 (i)	58
Figura 09 – Levantamento físico-visual apresentado pelo estudante AI_03 (ii)	59
Figura 10 – Exemplo de modelagem desenvolvida pelo aluno AI_06 da Categoria 01 (i) – MRT	62
Figura 11 – Exemplo de modelagem desenvolvida pelo aluno EI_06 da Categoria 02 (ii) – MRT.....	64
Figura 12 – Exemplo de Desenhos Técnicos desenvolvidos pelo aluno AI_02 da Categoria 01 (i) – MCT	68
Figura 13 – Exemplo de Desenhos Técnicos desenvolvidos pelo aluno AI_08 da Categoria 03 (ii) – MCT	69
Figura 14 – Pontuação dos participantes no MRT	71
Figura 15 – Pontuação dos participantes no MCT	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Codificação dos alunos (unidades de análise)	51
Tabela 02 – Objetos reais escolhidos pelos estudantes	54
Tabela 03 – Categorização das unidades de análise no teste MRT e MCT	55
Tabela 04 – Classificação das unidades de análise em relação à questão norteadora QN-1	57
Tabela 05 – Classificação das unidades de análise em relação à questão norteadora QN-2	61
Tabela 06 – Classificação das unidades de análise em relação à questão norteadora QN-3	66
Tabela 07 – Medidas descritivas da variável pontuação para o MRT	70
Tabela 08 – Resultado do teste MRT considerando duas amostras dependentes .	71
Tabela 09 – Medidas descritivas da variável pontuação para o MCT	72
Tabela 10 – Resultado do teste MCT considerando duas amostras dependentes .	73

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AI – Arquitetura Ingressantes

CG – Computação Gráfica

EI – Engenharia Ingressantes

HVE – Habilidades de Visualização Espacial

MRT – *Mental Rotation Test*

MCT – *Mental Cutting Test*

URCAMP – Universidade da Região da Campanha

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 Contextualização do tema de pesquisa.....	16
1.2 Definição do problema e das hipóteses de pesquisa	19
1.2.1 O problema	19
1.2 Justificativa.....	19
1.3 Objetivo geral.....	20
1.4.1 Objetivos específicos.....	20
2 REVISÃO TEÓRICO CONCEITUAL DA PESQUISA	21
2.1 Desenho	21
2.2 Desenho Técnico.....	21
2.3 Desenho Arquitetônico	23
2.4 Desenho Artístico.....	24
2.5 Expressão gráfica.....	25
2.6 Habilidades de visualização espacial	26
2.7 Computação gráfica	29
2.8 O Desenho Técnico e as Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil	30
2.9 O ensino do Desenho Arquitetônico nos Cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil da URCAMP.....	31
2.10 Trabalhos correlatos ao tema investigado.....	31
2.10 Testes de visualização.....	35
2.11.1 <i>Mental Rotation Test</i> (MRT)	35
2.11.2 <i>Mental Cutting Test</i> (MCT)	36
2.11 Metodologia de Wiley - o desenvolvimento da percepção visual como objetivo principal no Desenho Técnico.....	37
2.12.1 A eficácia da computação gráfica segundo Wiley	40

2.12.2 O uso da computação gráfica no desenvolvimento da percepção visual segundo a metodologia de Wiley.....	42
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	44
3.1 Tipo de pesquisa	44
3.2 Desenvolvimento da pesquisa	44
3.2.1 Definição das turmas: Grupo de Estudo.....	46
3.2.2 Apresentação da metodologia de Wiley.....	46
3.2.3 Aplicação dos pré-testes de mensuração do nível de HVE.....	47
3.2.4 Aplicação da metodologia de Wiley	48
3.2.5 Aplicação dos pós-testes de mensuração do nível de HVE.....	49
3.2.6 Análise qualitativa.....	49
3.2.6.1 Pré-análise	50
3.2.6.2 Exploração do material	50
3.2.6.3 Fase analítica.....	52
3.2.7 Análise quantitativa	53
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
4.1 Análise qualitativa - Categorização obtida pelos testes de visualização MRT e MCT.....	55
4.2 Análise qualitativa obtida pela aplicação da atividade pedagógica	56
4.2.1 Análise qualitativa - Questão norteadora 01.....	56
4.2.2 Análise qualitativa – Questão norteadora 02.....	60
4.2.3 Análise qualitativa – Questão norteadora 03.....	66
4.3 Análise quantitativa obtida pelos testes de visualização MRT e MCT.....	70
4.3.1 Análise do teste de visualização MRT.....	70
4.3.2 Análise do teste de visualização MCT.....	71
5 CONCLUSÃO.....	74
6 TRABALHOS FUTUROS	77

REFERÊNCIAS.....	78
APÊNDICES	82

1 INTRODUÇÃO

Nessa seção serão apresentados o contexto do tema trabalhado na pesquisa, assim como a definição do problema, a justificativa ressaltando a relevância do tema escolhido e os objetivos do trabalho.

1.1 Contextualização do tema de pesquisa

O domínio da linguagem gráfica pode ser considerado como fator fundamental na carreira de arquitetos e engenheiros civis. As habilidades de visualização espacial são indispensáveis para que esses profissionais atinjam a total plenitude de sua capacidade de abstração, viabilizando a compreensão da complexidade que envolve o objeto construído e sua representação gráfica. Gomes *et al.* (2018, p.360) argumentam que “o desenho é o meio pelo qual os profissionais da área transmitem os aspectos da forma e as dimensões dos objetos a serem construídos”, e ressalta a importância das habilidades de visualização espacial no processo.

Para Montenegro (2005, p.8), “o estímulo das habilidades espaciais ocorre pela utilização frequente da capacidade de visualização espacial, por meio de exercícios que envolvem rotação mental de figuras, dentre outros”. Desde os primeiros anos nos cursos de graduação em Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil, são utilizados procedimentos pedagógicos em diferentes componentes curriculares para desenvolver tais habilidades.

Através da experiência de dezessete anos de docência em turmas ingressantes no curso de Arquitetura e Urbanismo e mais recentemente no Curso de Engenharia Civil da URCAMP, ministrando conteúdos relativos à expressão gráfica, percebe-se que a maior parte dos alunos apresenta dificuldades relacionadas à visualização de objetos tridimensionais e suas representações bidimensionais. Autores como Fulgêncio *et al.* (2019) relatam que os estudantes apresentam essas dificuldades devido à falta de domínio das projeções e da Geometria Descritiva, à redução da carga horária das componentes que abordam esses conteúdos e ao desconhecimento de elementos construtivos do mundo real. Pesquisas prévias, como as realizadas por Monice, Santos e Petreche (2003), Seabra (2009) e Bruno *et al.* (2019) mostram que esse problema se mostra recorrente e comum nos cursos de graduação de outras instituições de ensino. Segundo eles, a baixa capacidade de visualização espacial dos

alunos é uma das causas para o baixo rendimento em componentes curriculares que envolvem a representação gráfica.

Alguns trabalhos, como os apresentados por Prieto e Velasco (2006) aponta a necessidade de se aprimorar a habilidade de visualização espacial dos estudantes, muitas vezes criticando a prática didática tradicional e colocando em teste novas formas de desenvolver esse conhecimento. Bruno *et al.* (2019) argumentam que oferecer recursos empírico-concretos aos alunos para que possam manipular e analisar objetos reais, ao invés de imaginar objetos abstratos, pode diminuir a abstração dos conteúdos abordados em Geometria Descritiva e Desenho Técnico, potencializando o desenvolvimento da HVE¹.

Nos Cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil da URCAMP os conteúdos de Geometria Descritiva e do Desenho Arquitetônico são trabalhados através de ações pedagógicas consideradas tradicionais. Principalmente no Desenho Arquitetônico, os objetos reais e concretos são representados através de símbolos gráficos definidos em norma técnica específica e não é considerada a necessidade de que o estudante deva conhecer detalhadamente os objetos antes de desenhá-los.

Segundo Mafalda (2000), o Desenho Técnico pode ser considerado como o método mais eficaz de desenvolver as habilidades de visualização espacial por demandar mais esforços cognitivos. Entende-se que o estudante precisa compreender completamente o objeto para depois desenhá-lo corretamente. Essa ação estabelece a aplicação de maiores esforços cognitivos, sendo capaz de potencializar o desenvolvimento das habilidades de visualização espacial, o que difere da simples utilização de um símbolo gráfico pré-definido para representar algo. Portanto, pode-se questionar: a maneira como o conteúdo está sendo abordado nas aulas explora todas as potencialidades do Desenho Arquitetônico como agente desenvolvedor da HVE?

Segundo Ferreira (2004), a metodologia deve valorizar o raciocínio e a visualização espacial utilizando novos instrumentos de Desenho Técnico, promovendo uma nova prática pedagógica dos professores. Monnerat (2012), defende a necessidade de se trabalhar de forma mais produtiva utilizando as novas tecnologias de comunicação, especialmente o computador, gerando inovação para o

¹ Habilidades de visualização espacial

processo de ensino-aprendizagem e criando formas alternativas de geração e disseminação do conhecimento.

No início da década de 90, Wiley (1990b) apresenta um método de ensino mostrando como a computação gráfica pode ser empregada na disciplina de Desenho Técnico para potencializar o processo de ensino/aprendizagem. Nesse contexto, o autor recomenda que objetos reais sejam utilizados como referência no início do conteúdo. A partir daí, o indivíduo segue em ascensão tendo como sequência as representações computacionais, em seguida as vistas ortogonais e por fim as perspectivas técnicas.

Na ideia de Wiley (1990b), as imagens renderizadas devem aparecer antes das representações bidimensionais, sendo a ordem inversa do que normalmente é adotado na prática do Desenho Arquitetônico. Percebe-se que o intuito do autor é dar suporte aos estudantes através dos objetos reais e dos modelos tridimensionais, diminuindo a abstração presente nas vistas ortogonais. Isso pode facilitar o entendimento do desenho e por consequência proporcionar que o estudante desenvolva as habilidades de visualização espacial através dele.

Nos últimos anos, estudos como o de Quintero *et al.* (2015) e Gomes *et al.* (2018) propõem a introdução da tecnologia para o desenvolvimento das habilidades de visualização espacial, através da aproximação do estudante com ambientes virtuais 3D. Nesse sentido, Maciel, De Amorin e De Sousa Checcucci, (2018); e Mota, Pinto e Ferreira (2019) argumentam que os recursos computacionais podem oferecer ao aluno de arquitetura a ampliação da compreensão e da percepção que envolvem o desenvolvimento de um projeto, proporcionando uma melhor visualização dos modelos gerados. Não existe dúvida em relação à aplicação da tecnologia como método, ou parte dele, para auxiliar no desenvolvimento da visualização espacial dos alunos ingressantes, pois trata-se de uma importante ferramenta que apresenta um enorme potencial para esse propósito.

Diante disso, o presente estudo de delineamento quase-experimental, tem a finalidade de investigar as contribuições da implementação de estratégias pedagógicas alinhadas com a metodologia de Wiley (1990b), para estimular o desenvolvimento das habilidades de visualização espacial. Participou da pesquisa um grupo composto por 18 alunos ingressantes no segundo semestre de 2020, sendo 09 estudantes do Curso de Arquitetura e Urbanismo e 09 estudantes do Curso de Engenharia Civil – URCAMP, Campus Bagé/RS. Para esse propósito, foi desenvolvida

uma atividade pedagógica fundamentada na sequência metodológica de Wiley (1990b) para aplicar o conteúdo do Desenho Arquitetônico nos componentes curriculares denominados Fundamentos do Desenho e Visualização e Representação Gráfica dos respectivos cursos.

No momento da aplicação da referida metodologia, o Brasil enfrentava um momento sanitário bastante crítico desencadeado pela pandemia de COVID-19, o qual exigiu isolamento social. Portanto, algumas alterações que inicialmente não haviam sido previstas se fizeram necessárias para viabilizar a aplicação da proposta metodológica em modo remoto.

1.2 Definição do problema e das hipóteses de pesquisa

1.2.1 O problema

Como desenvolver ou aprimorar o nível da habilidade de visualização espacial dos alunos ingressantes nos Cursos de graduação em Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil da URCAMP?

1.2.2 Hipótese

O exercício do Desenho Arquitetônico fundamentado no uso de objetos reais e virtuais promove o desenvolvimento da cognição espacial dos estudantes.

1.2 Justificativa

Nos curso de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil da URCAMP as falhas na representação de projetos arquitetônicos e urbanísticos são constantes na trajetória acadêmica de alguns alunos. Os erros detectados muitas vezes apresentam características relacionadas à falta de compreensão do objeto, demonstrando níveis insuficientes de HVE dos estudantes.

Cotta; Costa e Mendonça (2013) argumentam que metodologias centradas na aprendizagem demandam estratégias pedagógicas ativas e inovadoras que envolvam novos instrumentos pedagógicos, permitindo alcançar competências importantes para o exercício acadêmico e profissional. Portanto, essa pesquisa visa contribuir com o aperfeiçoamento da metodologia empregada no ensino do Desenho Arquitetônico, através da implementação de ações focadas na aprendizagem e não apenas no

ensino, preparando adequadamente o estudante. Com isso, pretende-se proporcionar aos futuros alunos um desenvolvimento mais completo de suas habilidades de visualização espacial, favorecendo a melhora da qualidade da representação de projetos arquitetônicos e urbanísticos.

Contudo, destaca-se que o encontro de uma solução para o referido problema é complexo e ocorre em função das inúmeras variáveis que fazem parte deste processo.

1.3 Objetivo geral

Investigar as contribuições da implementação de estratégias pedagógicas alinhadas com os procedimentos de Wiley na aprendizagem do Desenho Técnico Arquitetônico, centrado no desenvolvimento da HVE dos estudantes.

1.4.1 Objetivos específicos

- Analisar estatisticamente se a metodologia empregada apresenta eficácia no desenvolvimento da cognição espacial dos estudantes;
- Analisar a contribuição dos objetos reais para a metodologia de Wiley usada no processo de ensino do Desenho Técnico Arquitetônico;
- Observar a colaboração da modelagem tridimensional para o aperfeiçoamento da rotação mental dos estudantes;
- Verificar a contribuição da execução do Desenho Técnico para o aperfeiçoamento da visualização espacial dos estudantes.

2 REVISÃO TEÓRICO CONCEITUAL DA PESQUISA

Nesse capítulo serão apresentadas discussões sobre os conceitos relativos ao Desenho e suas variantes, à expressão gráfica, às habilidades de visualização espacial e à computação gráfica, todos relevantes para a pesquisa. Também será apresentada a metodologia de Wiley, a qual fundamenta o presente estudo.

2.1 Desenho

Desde a infância somos intimamente ligados ao desenho. O ato de rabiscar, de ver os traços, de explorar as cores e relacionar todos esses fatores com formas nos fascina desde sempre.

Conceitualmente o desenho é entendido como:

A ciência e a arte de representar graficamente objetos e ideias, através de linhas, cores e formas, à mão livre ou com instrumentos; é a expressão gráfica da forma. Pode ser compreendido como sendo uma descrição gráfica que fornece, mediante linhas, a imagem de um objeto que dificilmente poderia ser explicado com palavras (FERREIRA, 2004, p. 17).

O desenho nos proporciona reaprender a ver e compreender os objetos diariamente, isto é, desenvolve a capacidade de observação. E quanto maior o poder de observar mais aprimorada será a capacidade de representação através dele.

2.2 Desenho Técnico

O Desenho Técnico representa um modo específico de comunicação necessário para o exercício de algumas profissões que envolvem o ato de projetar. Uma das particularidades mais marcantes do Desenho Técnico é a sua relação direta com os princípios conceituais da Geometria Descritiva e sua capacidade de domínio da forma e da dimensão dos objetos.

Pastana (2006), define o Desenho Técnico como:

“O ramo da expressão gráfica que tem por finalidade a representação da forma, dimensão e posição de objetos de acordo com as diferentes necessidades requeridas pelas diversas modalidades de engenharia, desenho industrial e arquitetura (PASTANA, 2006, p.13).

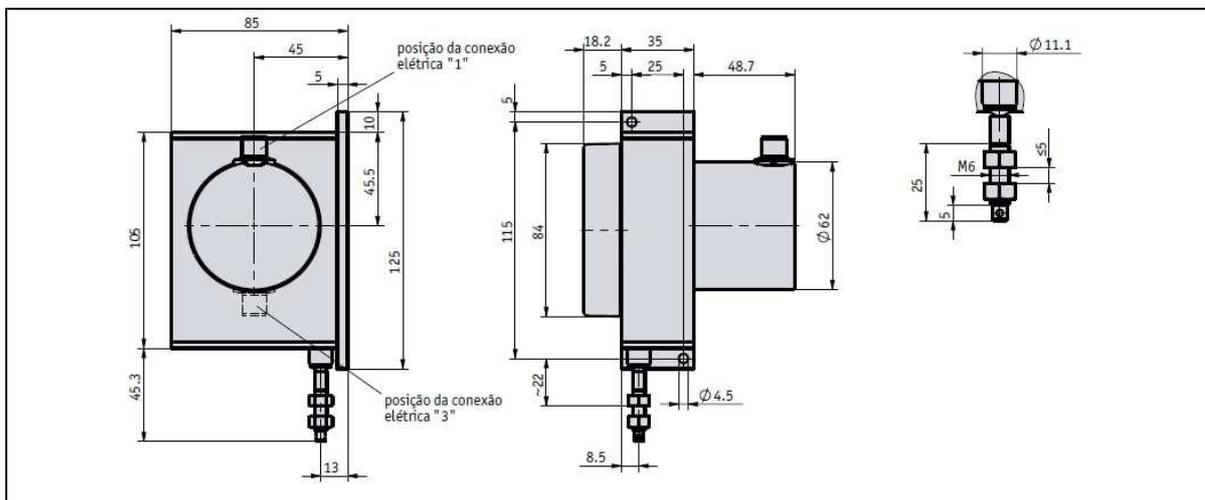
O autor ainda argumenta que além do aspecto da linguagem gráfica que permite que as ideias concebidas por alguém sejam executadas por terceiros, o Desenho Técnico desenvolve o raciocínio, o rigor geométrico, o espírito de iniciativa e de organização. Além disso, deve transmitir com exatidão todas as características do objeto que representa.

Já para Fernandes *et al.* (2013, p.2) “o Desenho Técnico é a linguagem gráfica universal padronizada por procedimentos de representação para facilitar a comunicação entre os produtores, engenheiros, empreiteiros e demais profissionais envolvidos na execução de um projeto”.

Para que o Desenho Técnico se tornasse uma linguagem gráfica, se fez necessária a padronização dos procedimentos de representação gráfica através das normas técnicas. No Brasil, as normas técnicas são aprovadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, fundada em 1940.

A principal característica do Desenho Técnico é a precisão absoluta. A Figura 01, mostra um exemplo da representação bidimensional de uma peça mecânica para que possa ser executada.

Figura 01 – Exemplo de representação através do Desenho Técnico



Fonte: <https://grunn.com.br/siko/linearline/encoders-atuadores-a-fio/encoder-a-fio-sg62/>

Segundo Ferreira (2004), o Desenho Técnico pode ser utilizado com as especificidades das áreas afins. Na Arquitetura e Urbanismo, foi aplicado segundo critérios próprios deste campo e deu origem ao Desenho Arquitetônico. O mesmo ocorreu em outras áreas, originando outros tipos de Desenho Técnico, como o mecânico, o topográfico, o cartográfico, entre outros.

Na seção 2.3 serão abordados aspectos que são característicos do Desenho Arquitetônico.

2.3 Desenho Arquitetônico

Em projetos de arquitetura o objeto arquitetônico é concebido numa intensa e rica troca de informações entre o raciocínio criativo do arquiteto ou engenheiro civil e sua prancheta. O desenho arquitetônico, mesmo que à mão livre, é a forma de materialização das ideias que compõem as partes do projeto e é um dos agentes potencializadores do processo de criação de alguns arquitetos. Logo após os primeiros traços, o projetista avança para o desenvolvimento da proposta em que o Desenho Arquitetônico é o responsável por dar ao trabalho um padrão técnico, contribuindo para a sua compreensão. Antes de serem executadas, as propostas normalmente são submetidas à apreciação de clientes ou outras pessoas envolvidas e é através desse modo de comunicação que as ideias são apresentadas. Como definição, Tamashiro (2003), entende que:

O desenho arquitetônico é a forma natural e universal do discurso arquitetônico em que o arquiteto conceitua, desenvolve, apresenta e realiza suas ideias arquitetônicas. O desenho constitui-se como instrumento pelo qual o arquiteto transforma o conceito em um objeto construído e como ferramenta é o principal meio de comunicação entre arquitetos, profissionais e clientes (TAMASHIRO, 2003, p. 28).

No ambiente acadêmico, Ferreira (2004), observa que:

O objetivo do Desenho Arquitetônico é propiciar ao estudante o desenvolvimento da capacidade de representação técnica da Arquitetura e Urbanismo, através da produção de documentos gráficos que visam a comunicação com os demais intervenientes no processo de produção de edificações e do espaço urbano (FERREIRA, 2004, p.18).

Essa capacidade de representação de elementos de arquitetura é alimentada pela formação de uma “alfabetização gráfica” que é adquirida pelos estudantes a partir do contato com a linguagem do Desenho de Arquitetura.

Para Montenegro, (2005, p.7) “o desenho arquitetônico deve ser dominado até os seus pormenores mais sutis”. Para ele, o futuro arquiteto deve conhecer profundamente a gramática do desenho a fim de expressar-se fácil e rapidamente na linguagem do traço.

O Desenho Arquitetônico, assim como outros desenhos exatos, tem suas bases amarradas na Geometria Descritiva, a qual utiliza a representação de objetos bidimensionais e tridimensionais sobre planos de projeção. É composto por uma série de desenhos, sendo cada um deles responsável por representar diferentes vistas do objeto arquitetônico, como plantas baixas, cortes, fachadas ou elevações, planta de cobertura, planta de implantação ou localização e planta de situação.

A Figura 02 (A) apresenta a fotografia do edifício executado e a 02 (B) parte dos desenhos que compõem o seu projeto arquitetônico.

Figura 02 – Representação de projeto arquitetônico residencial



Fonte: <https://www.vitruvius.com.br/revistas/read/projetos/12.136/4285>

Muitas pessoas, e nelas se incluem os alunos ingressantes dos cursos em questão, não sabem diferenciar o desenho técnico das formas artísticas de expressão. Portanto, na seção 2.4, é apresentada uma breve discussão sobre Desenho Artístico e suas potencialidades e aplicações.

2.4 Desenho Artístico

O Desenho Artístico pode ser considerado uma forma de expressão gráfica livre, estruturado pela liberdade poética e de criatividade do autor. Em muitos casos, são utilizados para expressar conceitos, pensamentos e sentimentos que extrapolam os limites da figura representada, ou simplesmente retratam um determinado objeto ou cena. Comparado ao Desenho Técnico, o qual condiciona o desenhista a seguir convenções e símbolos normatizados, o Desenho Artístico está longe desse universo. Não está preso a nenhum tipo de regra, sendo a expressão artística do autor o que

lhe confere valor e significado. Silva (2018) argumenta que a maioria dos desenhos apresenta figuras facilmente identificáveis e outros não tão objetivos. Porém, segundo o autor, os sujeitos dos desenhos figurativos possuem oscilações significativas em sua carga imagética², e nesse contexto, os desenhos não figurativos parecem sempre intencionar ser mais do que pura abstração. A Figura 03 (A) ilustra o modo figurativo e a Figura 03 (B) o não figurativo do Desenho Artístico.

Figura 03 (A) Acrílico sobre tela – Figurativo. (B) Acrílico sobre tela – Abstrato



Fonte: (A) o autor. (B) <https://www.piqsels.com/pt/public-domain-photo-jjemm>

Para Ferreira (2004), o Desenho Artístico é a representação da livre expressão da criatividade e tem como característica a representação por instrumentos de desenhos diversos, que podem ir desde o lápis até as tintas.

O Desenho Artístico pode oferecer aos expectadores inúmeras possibilidades de interpretação, sendo essa uma de suas características mais marcantes. Todos o compreendem à sua maneira, em maior ou menor grau, o que acontece de modo diferente no Desenho Técnico, que por apresentar uma representação gráfica particular, permite a sua compreensão apenas por quem domina a sua linguagem.

2.5 Expressão gráfica

² São estruturas abstratas e genéricas advindas da dinâmica da imagem, caracterizada pela observação humana. Fonte: <https://www.dicionarioinformal.com.br>

Ao investigar o termo “expressão gráfica”, que à primeira vista parece ser algo apenas relacionado ao ato de desenhar ou expressar-se graficamente, percebe-se a sua grande abrangência enquanto linguagem e área do conhecimento. Um estudo desenvolvido por Góes (2012) se propõe a delinear uma definição de “Expressão Gráfica”, que resulta proposição de dez grupos classificando as diferentes áreas da expressão gráfica. Conforme a autora, os grupos foram definidos na seguinte classificação:

Grupo I – Expressão Gráfica como disciplina curricular;
 Grupo II – Concepções e metodologias de *Expressão Gráfica*;
 Grupo III – Tecnologias como apoio ao ensino de *Expressão Gráfica*;
 Grupo IV – *Expressão Gráfica* na formação profissional;
 Grupo V – *Expressão Gráfica* na formação docente;
 Grupo VI – *Expressão Gráfica* como recurso no processo de ensino e aprendizagem;
 Grupo VII – Aplicações Gráficas;
 Grupo VIII – Análise Gráfica;
 Grupo IX – Computação Gráfica como auxílio à *Expressão Gráfica*;
 Grupo X – Pesquisa histórica de elementos da *Expressão Gráfica*. (GÓES, 2012, p. 25).

Em seguida, Góes (2012) argumenta que a definição de Expressão Gráfica desenvolvida em sua investigação não deve ser vista como um “fechamento”. Porém, através de sua investigação, a autora conceitua Expressão Gráfica como:

[...] Um campo de estudo que utiliza elementos de desenho, imagens, modelos, materiais manipuláveis e recursos computacionais aplicados a diversas áreas do conhecimento, com a finalidade de apresentar, representar, exemplificar, aplicar, analisar, formalizar e visualizar conceitos. Dessa forma, a expressão gráfica pode auxiliar na solução de problemas, na transmissão de ideias, de concepções e de pontos de vista relacionados a tais conceitos. (GÓES, 2012, p. 53).

A expressão gráfica é a área do conhecimento que envolve o presente estudo, o qual apresenta, à sua maneira, os elementos citados por Góes, (2012) na definição de expressão gráfica, assim como as finalidades de aplicação e as suas contribuições para desenvolver o raciocínio espacial.

Na seção 2.6 serão abordados alguns conceitos referentes às habilidades espaciais, considerados fundamentais para o presente estudo.

2.6 Habilidades de visualização espacial

O desenvolvimento das habilidades de visualização espacial tem se apresentado no cenário acadêmico como uma importante área de investigação no sentido de conhecer e entender como os indivíduos constroem sua inteligência espacial. Todos nós, desde a infância, desenvolvemos as HVE em maior ou menor grau por intermédio de diversas formas de estímulo. Alguns indivíduos possuem menor capacidade de perceber algumas formas de abstração, como por exemplo, a representação gráfica de objetos.

Segundo Herpich *et al.* (2018) as eventuais dificuldades no processo de abstração podem comprometer o pleno entendimento dos estudantes sobre o assunto abordado, pelo fato de estarem abstraído de forma parcial ou limitada. Estas operações mentais de abstração ou habilidades espaciais foram definidas por Yilmaz *et al.* (2015) como o conjunto de habilidades utilizadas para visualizar os objetos na mente, conhecê-los de diferentes perspectivas e deslocá-los pelo espaço. Para Junior e De Lima (2018, p.140) as habilidades espaciais são conceituadas como “a capacidade de gerar, reter e manipular imagens visuo-espaciais. Inclui aspectos como a rotação de objetos, a capacidade de mentalmente manipular, girar, torcer ou invertê-los”.

Em sua composição, as habilidades espaciais trazem diferentes elementos que, quando desenvolvidos, podem aumentar o poder de abstração facilitando a compreensão dos objetos e suas possíveis posições no espaço. Kaufmann e Schmalstieg (2002) subdividem as habilidades espaciais em cinco componentes: percepção espacial, rotações mentais, visualização espacial, relações espaciais e orientação espacial. Já Sorby (1999) define que são compostas por orientação espacial e visualização espacial, sendo esta última subdividida em rotação mental e transformação mental, que consiste em manipular os objetos mentalmente.

Dentre as HVE aplicadas no contexto da arquitetura, Choi (2001) destaca:

A rotação mental como a capacidade de manipular, girar, torcer ou inverter os objetos bidimensionais e tridimensionais, bem como define visualização espacial como a competência de manipular informações visuais complexas por várias etapas nas quais o indivíduo deve ser capaz de transformar mentalmente um objeto bidimensional em um objeto tridimensional (CHOI, 2001, p.40).

Kaufman (2007) relata que em geral as habilidades espaciais requerem do indivíduo a capacidade de manter uma representação ativa de todas as partes envolvidas em uma tarefa espacial, assim como as relações entre elas enquanto

rotaciona a imagem em sua mente. Fundamentado nesse fato, Seabra (2009) argumenta que indivíduos com baixos níveis de visualização espacial repetem o processo de rotação mais vezes do que aqueles que têm esta capacidade mais desenvolvida pois esquecem determinadas representações intermediárias das imagens envolvidas no processo, o que exige o reinício do mesmo.

Exercer uma tarefa de rotação mental ou de visualização espacial requer a habilidade de armazenar na memória a representação ativa das partes constituintes dos objetos e suas inter-relações (KAUFMAN, 2007).

O estímulo das habilidades espaciais se faz pela utilização frequente da capacidade de visualização espacial, seja pela aplicação direta numa atividade ou por meio de exercícios que envolvem rotação mental de figuras, reconhecimento de rostos, leitura de mapas, analogia de formas, vistas ou perspectivas de outro ângulo, interpretação múltipla de uma mesma figura, dentre outros (MONTENEGRO, 2005).

A compreensão das diferenças entre os conceitos envolvidos dá suporte teórico ao presente estudo no sentido de proporcionar a escolha das habilidades que deverão ser trabalhadas para o alcance do objetivo proposto. Dentre estas habilidades estão destacadas a rotação mental e a visualização espacial, fundamentais para o domínio de objetos no espaço.

A presente pesquisa tem por propósito aprimorar as habilidades citadas através do exercício do Desenho Arquitetônico, “considerado como um dos métodos mais eficazes para desenvolver tais habilidades por demandar mais esforços das estruturas cognitivas do indivíduo” MAFALDA (2000, p.65). Porém, muitas vezes os estudantes esbarram na falta de conhecimento dos objetos, o que compromete a performance na execução do desenho. Sobre esse fato, Tamashiro (2003, p.118) argumenta que “é necessário dispor de conhecimento técnico-constructivo para executar desenhos consistentes e corretos”.

Fulgêncio *et al.* (2019, p.464) vão de encontro a essa afirmação quando evidenciam em seus estudos que “o conhecimento técnico-constructivo contribuiu para o desenvolvimento da visualização espacial e para o processo de projeto e suas representações”. Ainda nessa perspectiva, Bruno *et al.* (2019, p.1) argumentam que “manipular objetos reais ao invés de imaginá-los pode diminuir a abstração dos conteúdos de Geometria Descritiva e Desenho Técnico, potencializando o desenvolvimento da HVE”.

A computação gráfica integra a sequência metodológica que será desenvolvida no decorrer dessa pesquisa, portanto considera-se necessárias algumas considerações teóricas sobre o tema, que serão apresentadas na seção 2.7.

2.7 Computação gráfica

A Computação Gráfica (CG) “é uma área da Ciência da Computação que se dedica ao estudo e desenvolvimento de técnicas e algoritmos para a geração (síntese) de imagens através do computador” (MANSSOUR; COHEN, 2006, p.1). Nos dias de hoje a Computação Gráfica está presente nas mais variadas aplicações, principalmente em atividades que envolvem criação, entretenimento e outras.

A partir dos anos 90 a Computação Gráfica 2D e 3D se tornou obrigatória nos Cursos de Arquitetura e Urbanismo no Brasil, porém com uma aplicação voltada à substituição de recursos tradicionais de desenho por ferramentas gráficas digitais de representação de projetos arquitetônicos. Entretanto, segundo Andrade (2007), com o passar dos anos a CG sofreu um processo de mudança em sua aplicabilidade em tais cursos, tornando-se um recurso de idealização de projetos de arquitetura. Portanto, entende-se que o apoio da computação gráfica 3D no exercício projetual pode estar associado à sustentação da visualização tridimensional nas decisões de projeto. Além disso, a computação gráfica pode ser um importante recurso de treinamento das habilidades de visualização espacial, o qual “materializa” os processos mentais, diminuindo as dificuldades de abstração dos objetos.

Segundo Herpich *et al.* (2018, p.346), “as eventuais dificuldades no processo de abstração podem comprometer o pleno entendimento dos estudantes sobre o assunto abordado, pelo fato de estarem abstraindo de forma parcial ou limitada”. Nessa linha, Gomes *et al.* (2018, p.367) constatam que a “aproximação com ambientes virtuais dos jogos digitais são interessantes para o desenvolvimento das habilidades espaciais”. Tamashiro (2003, p.118) corrobora da mesma ideia, argumentando que “os modelos tridimensionais devem ser utilizados no ensino do desenho técnico arquitetônico por possibilitarem a visualização 3D e o entendimento da representação dos objetos”.

Para Kojiio, R e Scoz, M (2019, p.85), “a computação gráfica 3D possibilita a construção de modelos que, construídos através de uma malha poligonal 3D, podem ser editados e manipulados de diversas formas até atingir o resultado desejado”. O

procedimento de modelagem 3D pode contribuir com o raciocínio espacial e aproximar o estudante dos processos de rotação mental e visualização espacial.

As pesquisas mencionadas acima demonstram a preocupação com o aprimoramento das HVE dos alunos. Apresentam também a estreita relação entre recursos computacionais, desenho técnico e desenvolvimento das HVE.

2.8 O Desenho Técnico e as Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil

O Ministério da Educação, por meio do Conselho Nacional de Educação, institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Arquitetura e Urbanismo, no parecer CNE/CES nº 112/2005, aprovado em 06 de Abril de 2005. No subtítulo “Habilidades e Competências”, normatiza que no campo da expressão gráfica, os Cursos de Arquitetura e Urbanismo devem proporcionar a seguinte formação profissional para os egressos:

- a) As habilidades de desenho e o domínio da geometria, de suas aplicações e de outros meios de expressão e representação, tais como perspectiva, modelagem, maquetes, modelos e imagens virtuais;
- b) O conhecimento dos instrumentais de informática para tratamento de informações e representação aplicada à arquitetura, ao urbanismo, ao paisagismo e ao planejamento urbano e regional;
- c) A habilidade na elaboração e instrumental na feitura e interpretação de levantamentos topográficos, com a utilização de aerofotogrametria, foto- interpretação e sensoriamento remoto, necessário na realização de projetos de arquitetura, urbanismo e paisagismo e no planejamento urbano e regional (BRASIL, 2005).

Posteriormente, novas resoluções e pareceres foram instituídos e aprovados nos anos de 2006, 2009 e 2010 sem qualquer alteração nas competências e habilidades no campo da expressão gráfica.

Nas Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia Civil, no subtítulo Competências e Habilidades está instituído que os currículos do referido curso deverão dar condições a seus egressos para adquirir competências e habilidades na área da expressão gráfica apresentado no item “i” sob o texto: “comunicar-se eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica” (BRASIL, 2001).

Portanto é uma obrigação dos cursos de graduação em Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil promover o pleno desenvolvimento das competências de representação gráfica dos egressos. O aprimoramento das habilidades espaciais pode proporcionar uma maior eficiência na representação gráfica de projetos de arquitetura, formando profissionais mais completos no que se refere à sua capacidade de comunicação e interpretação de elementos gráficos.

2.9 O ensino do Desenho Arquitetônico nos Cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil da URCAMP

Nos cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil da URCAMP as competências relacionadas à representação gráfica de projetos arquitetônicos são desenvolvidas nas componentes curriculares específicas como: Geometria Descritiva, Desenho de Arquitetura, Expressão Gráfica I e II, Perspectivas e Sombras e Informática Aplicada à Arquitetura. As ementas dessas componentes referem-se apenas a convenções, normas e técnicas de representação em arquitetura e focam os objetivos de aprendizagem na capacitação do aluno e na representação de projetos. Trazem como conteúdo conhecimentos dos elementos gráficos do projeto arquitetônico, cálculo e a representação de escadas, rampas e telhados e representações em técnicas coloridas à mão livre e digitais. Essas informações foram extraídas dos planos de ensino das componentes, atualizados no segundo semestre de 2018.

Ao analisar os planos das componentes em questão, percebe-se que não existe nenhuma ação específica direcionada ao desenvolvimento da HVE dos estudantes, ou seja, esse tema não faz parte da relação dos objetivos principais das componentes. O treinamento das habilidades espaciais dos alunos se dá ao longo de suas trajetórias pelos conteúdos trabalhados, porém a metodologia utilizada para aplicá-las pode não estar adequada para o desenvolvimento da HVE.

2.10 Trabalhos correlatos ao tema investigado

Alguns estudos foram desenvolvidos com ênfase na inserção de novos materiais didáticos para o desenvolvimento das habilidades de visualização espacial. As pesquisas foram escolhidas utilizando o critério de apresentarem soluções para o treinamento das habilidades de visualização espaciais, envolvendo propostas metodológicas que contemplem o uso da tecnologia.

Seabra e Santos (2004) desenvolveram uma pesquisa com o propósito de avaliar se o uso de ambientes estereoscópios, os quais permitem ao usuário perceber a profundidade a partir de imagens especiais e periféricos específicos, conseguem melhorar a visualização espacial dos alunos em comparação com os métodos tradicionais. A proposta também apresenta como justificativa o baixo rendimento dos estudantes no aprendizado de disciplinas básicas como Geometria Descritiva e Desenho Técnico. Os autores concluem que a visualização estereoscópica³ talvez possa auxiliar o processo de ensino-aprendizagem do Desenho Técnico e Geometria Descritiva, facilitando a visualização e a compreensão de situações espaciais complexas.

No estudo denominado “Treinamento da visualização espacial mediante exercícios informatizados de desenho técnico”, Prieto e Velasco (2008) propõem uma bateria de exercícios informatizados para o treinamento da visualização espacial de estudantes de Engenharia. A bateria é composta por quatro exercícios contendo aplicações dos fundamentos do Desenho Técnico, em que cada exercício é composto por dezoito itens com quatro opções de resposta, das quais apenas uma é correta. Para avaliar a influência do treinamento da visualização espacial foram administrados testes dessa aptidão no começo e no final do curso de Desenho Técnico. No final do estudo os autores concluíram que os alunos apresentaram uma melhora moderada de sua visualização espacial.

Na tese “Uma ferramenta em realidade virtual para o desenvolvimento da habilidade de visualização espacial”, Seabra (2009) propõe melhorar a percepção dos objetos tridimensionais e desenvolver um modelo instrucional fundamentado na realidade virtual para o ensino do Desenho Técnico na engenharia. Posteriormente, analisa a contribuição do método nos processos de ensino-aprendizagem. O autor conclui que a realidade virtual facilita a visualização dos objetos, porém não pode afirmar que o desenvolvimento da cognição espacial dos estudantes foi beneficiado apenas com o uso desta tecnologia.

³ Define-se por estereoscopia a capacidade de enxergar em três dimensões através da percepção da profundidade em imagens. O processo ocorre quando o cérebro combina em uma única imagem com profundidade as imagens captadas pelos olhos esquerdo e direito (SANTOS, SEABRA, 2004)

Na pesquisa denominada “Geometria dinâmica 3D: uma experiência com o *GeoGebraBook*⁴ no ensino da geometria espacial”, Louzada (2018) apresenta uma proposta didática que explora os princípios da geometria espacial para o aprimoramento da visualização e compreensão de conceitos geométricos. O estudo tem por objetivo analisar as contribuições do *GeoGebraBook* para tais aprimoramentos, possui caráter qualitativo e foi aplicado em alunos do terceiro ano do Ensino Médio.

A proposta didática apresentada é composta de três atividades práticas desenvolvidas no *GeoGebraBook* e da aplicação de um questionário final. Os encontros tiveram a duração de dois períodos de 45 minutos para aplicação de cada atividade, totalizando oito períodos. No primeiro encontro a pesquisadora apresenta a proposta para a turma e propõe uma atividade com o objetivo de identificar os conhecimentos prévios sobre geometria trazidos pelos alunos e instruí-los sobre formas de visualização de sólidos geométricos. As atividades trabalhadas no segundo e no terceiro encontro abordaram identificação de arestas, vértices e faces usando o *GeoGebra 3D*⁵, assim como análise da planificação das formas e manipulação e transformação do objeto em estudo. No quarto encontro foram analisados sólidos de revolução através da exploração do movimento de rotação do plano em torno de um eixo central (cilindro, cone e esfera). Nesse momento também foi aplicado um questionário final para conhecer a opinião dos alunos sobre as atividades propostas.

Como conclusão, a autora relata que o uso do *GeoGebra 3D* para a construção dos objetos virtuais contribuiu para a visualização e compreensão dos conceitos de vértice, aresta, face e planificação. Argumenta ainda que os alunos mostraram constantes progressos no desenvolvimento do pensamento geométrico espacial. A autora defende que essas contribuições devem-se ao dinamismo do *software* utilizado que permitiu que os alunos manipulassem os objetos virtuais, os observassem e refletissem sobre suas planificações.

⁴ E-book oferecido como recurso no site do GeoGebra, o qual se pode inserir textos, equações matemáticas, questões de múltipla escolha, imagens, material do GeoGebra, links, vídeos, arquivos em PDF e slides do PowerPoint, tudo isso organizado de maneira interativa (LEMKE; SIPLE, 2018).

⁵ É um software de matemática dinâmica gratuito e multiplataforma para todos os níveis de ensino, que combina geometria, álgebra, tabelas, gráficos, estatísticas e cálculo numa única aplicação. Fonte: <https://www.geogebra.org/about>

A pesquisa elaborada por Mota; Pinto e Ferreira, (2019) sob o título “Visualização e pensamento geométrico na geometria em movimento” adota uma proposta metodológica apoiada em sequências didáticas com enfoque no desenvolvimento da visualização espacial e do pensamento geométrico de alunos do Curso de Licenciatura em Matemática. Foram elaboradas, aplicadas e analisadas atividades que articulam teoria e prática por meio de investigação, exploração, visualização e construção de superfícies. Segundo os autores, a proposta considerou o uso de *softwares* que possibilitaram aos estudantes experiências diferentes daquelas obtidas pelos meios tradicionais (quadro e giz). Dentre outros elementos, as atividades propuseram esboços gráficos de forma manual e representação destes por meio de um *software* que possibilitou o movimento de rotação e translação das figuras pelo espaço tridimensional.

Ao final os autores relataram que o uso do *software* oportunizou aos alunos movimentar a figura, visualizando-a por diferentes vistas e, com isso, ficou evidente a vantagem didática que o uso deste tipo de recurso ofereceu nesse cenário.

Ao final do treinamento, os alunos mobilizaram: a visualização e o reconhecimento através de comparações e associações entre objetos; a análise, por meio da percepção dos conceitos geométricos, das características das superfícies em estudo, as partes que as constituem e suas propriedades geométricas com o auxílio do *software*; e a dedução informal ou classificação, através das inter-relações feitas por eles entre as propriedades das superfícies e suas comparações entre si, aumentando a sua capacidade de abstração.

Neste estudo também ficou comprovado que a geometria dinâmica ou geometria em movimento, conforme foi retratado pelos autores na pesquisa, favorece a visualização conduzindo ao desenvolvimento do pensamento geométrico.

Os trabalhos selecionados mostram que os estudos envolvendo procedimentos didáticos para o desenvolvimento das habilidades de visualização espacial vêm sendo propostos há algum tempo e ainda são temas pesquisados na atualidade. Eles apresentam algumas características em comum, sendo a mais marcante a aplicação das metodologias utilizando recursos tecnológicos com o propósito de aproximar o estudante do complexo universo das habilidades espaciais. O conhecimento desse cenário é considerado um fator importante para a presente pesquisa, pois nele

encontra-se relevantes informações para a construção da metodologia, assim como dificuldades e facilidades já enfrentadas.

Em alguns dos trabalhos correlatos ao tema, acima descritos, foram utilizados testes específicos para mensurar o nível de aptidão espacial dos participantes. Na seção 2.12 serão descritos os modelos de teste que apresentam alinhamento com o experimento proposto.

2.10 Testes de visualização

Esses experimentos são instrumentos de avaliação da visualização espacial de um indivíduo. Normalmente são executados com a utilização de desenhos em perspectiva de objetos rotacionados em diferentes posições, onde o indivíduo, através de sua habilidade de realizar comparações mentais, deve perceber se de fato trata-se do mesmo objeto (SEABRA, 2009). Muitos pesquisadores da área têm concentrado os seus estudos e relacionado com a avaliação e desenvolvimento da habilidade de visualização espacial, priorizando a rotação mental e a visualização espacial aplicando testes para atender estas premissas (SEABRA, 2009).

De acordo com Velasco (2002) os testes de visualização são classificados nas categorias denominadas Testes de Rotação Mental e Testes de Visualização. A primeira categoria consiste em executar tarefas que envolvam a rotação mental de figuras comparando-as com objetos de referência e são aplicados com duração de tempo reduzido. Na segunda categoria é priorizada a execução de tarefas que utilizam a construção mental de imagens, onde a velocidade de realização da tarefa não é muito valorizada. Fundamentado nas referências pesquisadas, foram escolhidos dois testes para serem aplicados no grupo de alunos já mencionado. Um deles envolve as habilidades de rotação mental denominado *Mental Rotation Test (MRT)* e o outro com práticas de construção mental de imagens chamado *Mental Cutting Test (MCT)*.

2.11.1 *Mental Rotation Test (MRT)*

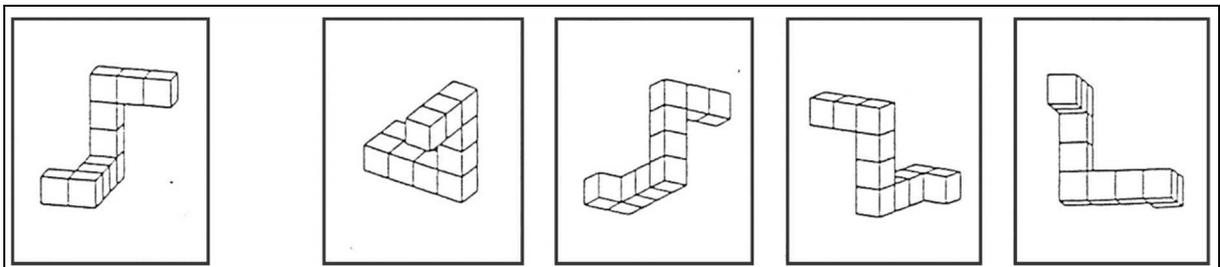
O *Mental Rotation Test (MRT)* foi criado por Vandenberg; Kuse (1978) a partir de um modelo inicial desenvolvido por Shepard; Metzler (1971) e tem como propósito medir a habilidade de rotação mental dos indivíduos. O teste é composto por um objeto formado por dez cubos conectados por suas faces onde três ângulos retos são

formados dando origem a um objeto de referência. Esse objeto deverá ser comparado com outros iguais a ele ou não que sofreram rotações em um plano e/ou eixo espacial.

O teste é composto por três etapas: a primeira consiste na apresentação das instruções descrevendo como será o procedimento através de exemplos. Na sequência do teste, os indivíduos avaliados deverão analisar e responder dez questões por etapa, sendo essas disponibilizadas de forma impressa. Cada questão é formada por um desenho de referência e quatro opções de resposta. Duas respostas estão corretas, em que representam o objeto de referência rotacionado em um plano ou eixo e duas erradas em que aparecem imagens espelhadas e rotacionadas da figura de referência.

Os autores do teste recomendam que deve-se considerar a questão como correta apenas se as duas alternativas certas forem marcadas e não creditar nenhum ponto em qualquer outro caso, eliminando assim o fator “adivinhação”. Outra forma de definir a pontuação é contar 1 ponto para cada resposta certa marcada, mas zerar a questão se qualquer alternativa incorreta for assinalada. A Figura 04 mostra uma questão do *MRT*.

Figura 04 – Exemplo de questão do *MRT*



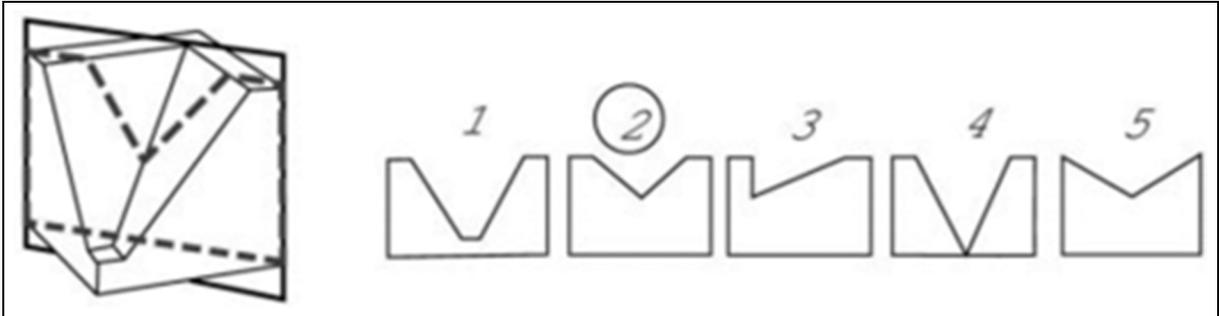
Fonte: Vanderberg; Kuse (1978)

2.11.2 *Mental Cutting Test (MCT)*

O *Mental Cutting Test (MCT)* foi desenvolvido no College Entrance Examination Board em 1939 e consiste em um teste de visualização espacial composto por duas partes, em que os objetivos e exemplos solucionados são apresentados na primeira etapa, seguido pela segunda parte a qual são apresentadas as 25 questões que compõem o teste. Cada questão apresenta a perspectiva de um objeto sendo cortado por um plano, onde os indivíduos testados deverão assinalar dentre as 5 opções de resposta qual corresponde ao perímetro resultante do corte do objeto pelo plano aplicado. O tempo recomendado pelos autores do teste é de 20 minutos para

solucionar e responder às questões. A Figura 05 mostra uma das questões presentes no teste.

Figura 05 – Exemplo de questão do *MCT*



Fonte: TSUTSUMI, 2004

Na bibliografia pesquisada, foram encontrados outros testes com o propósito de mensurar a habilidade de visualização espacial. Porém, os testes descritos foram considerados os mais pertinentes à investigação pretendida, por suas características de análise. O *MRT* analisa a habilidade de rotação mental dos indivíduos e o *MCT* verifica a habilidade de visualização espacial. Estas habilidades são definidas por Choi (2001) como as mais importantes a serem trabalhadas no contexto da arquitetura e, portanto, foram enfocadas no presente estudo.

Para que se possibilite a tentativa de desenvolvimento das habilidades de visualização espacial e rotação mental na pesquisa proposta, é necessário que se faça uma reflexão sobre a metodologia aplicada atualmente no processo de ensino/aprendizagem do Desenho Técnico Arquitetônico. Na seção 2.12 será apresentado o modelo metodológico desenvolvido por Wiley (1989), que fundamenta esta pesquisa, no qual o autor defende que o desenvolvimento das habilidades citadas deve preceder os processos mecânicos do Desenho Técnico.

2.11 Metodologia de Wiley - o desenvolvimento da percepção visual como objetivo principal no Desenho Técnico

A preparação dos alunos do ensino médio em relação a atividades que envolvem as manifestações artísticas pode ser considerada insatisfatória pelo fato de que os componentes curriculares que abordam o conteúdo relativo às artes e representações gráficas de qualquer natureza contam com pouco tempo de desenvolvimento no currículo.

Outro fator relevante, segundo Wiley (1989), é o fato de que alunos pertencentes à faixas socioeconômicas muito baixas podem ter, desde a sua infância a percepção visual pouco desenvolvida. O autor argumenta que seus ambientes residenciais tendem a fornecer menos enriquecimento visual e suas famílias e amigos tendem a não valorizar o treinamento da visualização espacial. Os ambientes de convivência desses alunos podem conter poucos objetos que possam ser relacionados com qualquer representação 2D ou 3D de objetos geométricos. O autor enfatiza que por esse motivo menos “pontes” de percepção visual podem ser construídas entre suas experiências prévias e os desenhos técnicos de engenharia.

Alunos com essas características normalmente fazem parte do rol de ingressantes nos cursos de graduação de Arquitetura e Engenharia Civil onde as habilidades de visualização são exigidas. Na estrutura curricular desses cursos existem componentes curriculares alinhadas com o propósito de desenvolver a visualização espacial, sendo estas as responsáveis por organizar e aplicar uma metodologia eficaz para atingir essa meta.

Wiley (1989, p.3) define percepção visual como “a capacidade de compreender nosso meio ambiente através do sistema neuro-visual”. Significa a capacidade de ver ou entender o que se está observando. Para o estudante de Desenho Técnico, esse fato pode significar a capacidade de compreender duas vistas ortogonais de um mesmo objeto e ainda ser capaz de determinar uma terceira vista mentalmente. No entanto, o autor entende que mesmo que através de duas vistas ortogonais o estudante seja capaz de determinar uma terceira vista, completando a sequência do desenho corretamente, pode não significar nada além de um passo-a-passo de uma construção geométrica que leva a uma representação gráfica correta. Wiley, (1989, p.3) defende que “esse domínio em representar o objeto, não garante necessariamente que o aluno compreenda visualmente a solução, mesmo com o desenho correto da vista ortogonal”. Segundo ele, a compreensão visual pode ocorrer durante ou até após a conclusão do desenho.

Assim, o autor argumenta que o desenvolvimento da percepção visual deve ter precedência no processo de ensino, pois desenvolve uma habilidade em um nível mais elevado e conduz a uma maior compreensão visual geral. Ou seja, determinar mentalmente a vista ortogonal de um objeto é uma habilidade que envolve maior complexidade e é estabelecida por um processo cognitivo. E desenhá-la pode ser considerada uma tarefa mais simples e envolve um processo psicomotor.

Portanto, Wiley (1989) entende que o objetivo principal das componentes responsáveis pelo desenvolvimento das habilidades de visualização espacial é o aprimoramento da percepção visual e não apenas priorizar o treinamento do desenho técnico e suas convenções gráficas. Para Ferreira (2004), o Desenho Técnico deve desempenhar um papel que ultrapasse as questões de representação técnica e exata de edifícios arquitetônicos e dos planos urbanísticos; ele desenvolve a capacidade de abstração, de visualização espacial e da atividade criativa.

Esta prática deve preceder todos os outros objetivos relacionados ao exercício do desenho uma vez que conseqüentemente os tornará possíveis. Nesse contexto, Scott Wiley (1989) defende que:

Pressupostos incorretos e práticas de ensino muito simplificadas podem não corrigir a deficiência de percepção visual do aluno. Se for evidente que existe uma “dificuldade na linguagem visual”, então as práticas de ensino podem precisar ser ajustadas para conter etapas que construam uma melhor compreensão visual das representações gráficas. (WILEY, 1989, p.6)

A percepção visual até certo ponto é inata ao indivíduo, porém pode ser melhorada através de métodos de treinamento específicos. Alguns autores apresentam estudos nos quais obtiveram êxito no desenvolvimento da percepção visual dos alunos utilizando formas alternativas ao desenho técnico tradicional. Utilizaram fotografias de alta resolução e até análises de desenhos animados com o objetivo de enriquecer a experiência visual dos estudantes. Essa circunstância é denominada de transferência de treinamento (THORNDIKE, 1901, p. 384 *apud* WILEY, 1989, p.6). O referido autor a define como a influência que uma habilidade adquirida exerce na aprendizagem, retenção e desempenho de outra habilidade. Para explicar, podemos considerar que um indivíduo que possua a habilidade de jogar futebol de salão domine a atividade de jogar futebol de campo em um ritmo mais acelerado do que alguém que não tenha nenhuma experiência com futebol. Segundo Wiley (1989, p.6), “quanto maior a experiência visual mais rápida será a transferência de treinamento entre habilidades relacionadas, como o desenho técnico”.

Em seus estudos, Wiley (1989) aponta algumas pesquisas realizadas nas quais foram apresentados resultados significativamente positivos em relação à utilização de métodos específicos de treinamento para o desenvolvimento de habilidades visuais específicas. O autor relata que nesses estudos os pesquisadores

mostraram que a análise visual de animações que continham muitos sinais de profundidade foi bastante eficaz no desenvolvimento da compreensão visual. Apresentaram também resultados favoráveis sobre o uso do desenho técnico auxiliado por modelos animados e texturizados.

2.12.1 A eficácia da computação gráfica segundo Wiley

Atualmente a nossa sociedade está completamente envolvida pela tecnologia e os sistemas computacionais assim como os processadores de alta velocidade estão cada vez mais acessíveis aos usuários comuns. Por esse motivo, as crianças já iniciam seu processo cognitivo geral apoiado pelo uso de computadores e *smartphones* potentes capazes de suportar *softwares* dos mais variados gêneros. Nesse contexto a computação gráfica se faz presente de maneira bastante sólida, em que os jovens são intimamente familiarizados com jogos eletrônicos extremamente realistas e atrativos. Nos processos de ensino na área da engenharia e arquitetura a computação gráfica pode ser uma poderosa aliada para preencher algumas lacunas de ordem visual constantes nos alunos menos experientes. Em seus estudos, Wiley, (1990a, p.30) relata que “à medida que a computação gráfica cresce em capacidade e disponibilidade, os laços entre as habilidades gráficas na engenharia e as práticas educacionais se fortalecem”. A aplicação da computação gráfica como melhoria da visualização pode ser bastante eficaz se for apresentada aos alunos da maneira correta. O autor argumenta que se os estudantes não forem submetidos a treinamentos da percepção visual nos seus cursos de graduação, a computação gráfica pode não ser tão eficaz o quanto deveria. Portanto, Wiley (1990b) propõe um modelo de desenvolvimento da percepção visual orientado pela computação gráfica, o qual apresenta o potencial adicional da animação e do controle do espectador sobre os objetos digitais realistas. Com isso, segundo ele, os detalhes dos objetos podem ser ampliados na tela e visualizados pelo espectador para que se obtenha uma percepção mais completa.

Em geral, os cursos de graduação oferecem aos ingressantes um processo de desenvolvimento da percepção visual através da Geometria Descritiva e do Desenho Técnico. Estas componentes abordam o conteúdo de forma tradicional, em que o professor, em alguns casos, deixa de enfatizar que as representações utilizadas como parte dos exercícios são abstraídas de objetos reais para serem representados

através de símbolos gráficos. Além disso, muitas vezes são utilizadas representações de objetos em perspectiva isométrica, das quais o aluno inexperiente pode ter dificuldade de interpretação das características do objeto pelo motivo de que a perspectiva isométrica não é uma representação fiel à realidade.

Para Cattani (2006, p. 121) a compreensão da simbologia adotada pelo Desenho Técnico de representação espacial “requer o desenvolvimento da capacidade de abstração, de modo a permitir que sejam identificadas características volumétrico/espaciais a partir de informações fornecidas pelo desenho bidimensional”.

Esses fatores podem ocasionar uma interpretação abstrata por parte dos alunos. Wiley (1989, p.6) argumenta que “à medida que aumenta a abstração dos objetos, através das diversas formas de representação, aumenta a dificuldade de percepção visual”. O autor enfatiza que a capacidade de percepção visual poderia ser desenvolvida experimentando níveis hierárquicos e lineares de informação, que começam com objetos reais e progredem em direção a desenhos mais abstratos, como as vistas bidimensionais.

Assim, Wiley (1989, p.6) propõe uma metodologia de desenvolvimento da percepção visual que compreende a seguinte sequência:

1. OBJETO REAL, (exemplo: peça de máquina, sem abstração)
2. VISÃO 3D DE OBJETO EM FOTOGRAFIA, (foto do objeto - abstração de primeiro nível).
3. DESENHO DE PERSPECTIVA DE OBLÍQUO LINEAR, (perspectiva com um ponto de fuga - abstração em segundo nível).
4. DESENHO DE MÚLTIPLAS VISTAS 2D, (vistas ortogonais - abstração de terceiro nível). (WILEY, 1989, p. 7)

Na área da arquitetura e engenharia, os objetos reais na maior parte das vezes possuem dimensões incompatíveis para serem trazidas como um modelo a ser trabalhado em sala de aula. Neste sentido, a computação gráfica vem a contribuir de forma muito significativa na visualização do objeto, pois com o avançado desenvolvimento dos *softwares* de modelagem, animação e apresentação gráfica e a facilidade de aquisição de computadores pessoais com potencial de processamento é possível de produzir objetos modelados e renderizados com alto nível de realismo.

Alguns estudos citados por Gomes *et al.* (2018), nos quais apresenta uma revisão de literatura sobre o desenvolvimento da HVE através de jogos eletrônicos, indicam que a análise visual específica de animações contendo múltiplos sinais de

profundidade se mostrou bastante eficaz no desenvolvimento da compreensão visual. Sendo assim, a computação gráfica utilizando objetos digitais animados, de certa forma, pode substituir os objetos reais a serem estudados em sala de aula. Sobre esse fato, Wiley (1990b) argumenta:

Objetos reais são normalmente percebidos tridimensionalmente e comparados contra si mesmos quando captados, manipulados e rotacionados. A computação gráfica proporciona essa mesma oportunidade, permitindo que um modelo 3D seja visualizado de várias maneiras durante a sua construção. Múltiplas cores, texturas, valores e características geométricas podem ser apresentadas ao usuário e ainda podem ser editados rapidamente. Através dessas interações dinâmicas, muitas características são apresentadas simultaneamente para construir uma percepção complexa do objeto. (WILEY, 1990b, p. 40)

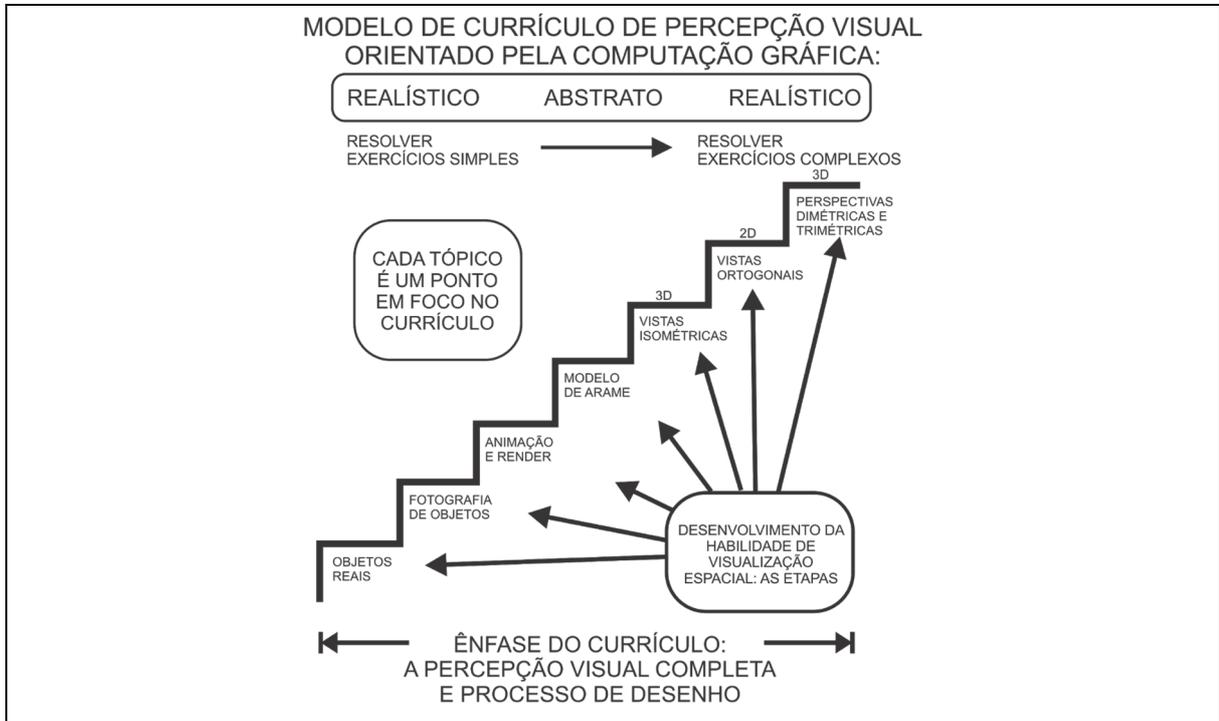
Assim, os alunos podem girar os objetos virtuais e exercer um controle dinâmico sobre o processo de aprendizado perceptivo em tempo real. A computação gráfica aplicada nessa etapa do desenvolvimento da percepção visual permite que os objetos sejam visualizados de várias maneiras simultaneamente. Além disso, oferece ao mesmo tempo a possibilidade de visualização ortográfica e pictórica proporcionando maiores oportunidades de comparação visual.

2.12.2 O uso da computação gráfica no desenvolvimento da percepção visual segundo a metodologia de Wiley

Na sequência de seus estudos, Wiley (1990b) propõe uma metodologia de ensino aplicando diretamente a computação gráfica como elemento estruturante da disciplina de Desenho Técnico para Engenharia, tendo como objetivo principal o desenvolvimento da percepção visual. O autor salienta que a computação gráfica proporciona aos alunos uma total interação com o modelo estudado através de seu forte apelo visual, das múltiplas cores e texturas e da geração de vistas realistas. Nesse método, os alunos podem controlar o ritmo do seu aprendizado no sentido de que a qualquer momento o processo pode ser retardado para reforçar alguma etapa da aprendizagem. A utilização de imagens reais ou digitais no início da sequência de aprendizado, permite que os alunos sejam introduzidos nos conceitos de Desenho Técnico através da visualização de objetos com maior facilidade de compreensão. Em outras palavras, o objeto é primeiramente entendido em todas as suas características técnico-construtivas e posteriormente é abstraído sob forma de diversas

representações. Na Figura 06 Wiley (1990b, p.42) apresenta a metodologia fundamentada no uso da computação gráfica.

Figura 06 – Currículo para desenvolvimento da percepção visual



Fonte: WILEY (1990b, p.42).

O processo se inicia através do contato direto, tanto visual como tátil, do estudante com o objeto real a ser estudado. Logo esse objeto é fotografado e em seguida digitalizado, renderizado em *softwares* específicos e manipulado pelo estudante utilizando uma interface gráfica. Posteriormente são exploradas as visuais do objeto texturizado e em modelo de arestas ou aramado⁶. Em seguida são executadas as perspectivas isométricas e as vistas ortogonais, aumentando gradativamente o grau de abstração. Em sequência, volta a representação de perspectivas dimétricas e trimétricas, segundo a metodologia do autor.

⁶ É o modelo construído posicionando-se no espaço elementos bidimensionais, tais como linhas, polígonos, círculos, elipses, arcos e suas composições (FERREIRA, 2007).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos se fundamentam no modelo metodológico de Wiley (1990b), que estimula o contato do aluno com objetos reais e a computação gráfica como apoio à visualização, a fim de potencializar o entendimento das fases de abstração presentes na representação gráfica técnica. Serão utilizados como recursos digitais os *softwares SketchUP* como modelador e renderizador e o *AutoCAD* como plataforma de desenho 2D. Esses *softwares* foram escolhidos por já serem usados nas componentes onde a metodologia foi testada.

3.1 Tipo de pesquisa

A pesquisa a ser desenvolvida terá um delineamento quase-experimental com uma abordagem quantitativa/qualitativa e de natureza aplicada. Sobre esse tipo de pesquisa, Gil (2008) relata:

Há pesquisas que embora não apresentando distribuição aleatória dos sujeitos nem grupos de controle, são desenvolvidas com bastante rigor metodológico e aproximam-se bastante das pesquisas experimentais, podendo ser denominadas quase-experimentais. Nesses casos, a comparação entre as condições de tratamento e não tratamento pode ser feita com grupos não equivalentes ou com os mesmos sujeitos antes do tratamento. Naturalmente perde-se a capacidade de controlar rigorosamente o que ocorre a quem. É possível, no entanto, observar o que ocorre, quando ocorre, a quem ocorre, tornando-se possível, de alguma forma, a análise de relações de causa-efeito. (GIL, 2008, p. 54)

Gomes *et al.* (2018), relatam que na revisão de literatura sobre o desenvolvimento das habilidades de visualização espacial pelo uso de jogos eletrônicos, na qual foram analisados 44 trabalhos internacionais, 21 tiveram um delineamento experimental. Fato que indica que o método escolhido é mais próximo e adequado para condução dessa pesquisa.

3.2 Desenvolvimento da pesquisa

Para etapa inicial de implementação da pesquisa, primeiramente foi preparada uma atividade pedagógica fundamentada na metodologia de Wiley, descrita na seção 2.12, a ser aplicada em um determinado grupo de estudo. Logo, foram estabelecidas as componentes curriculares que apresentavam relação com a metodologia proposta.

No Curso de Arquitetura e Urbanismo foi utilizada parte da carga horária da componente denominada Fundamentos do Desenho, integrante do primeiro semestre do curso, a qual contempla no seu conteúdo programático a temática relacionada ao ensino do Desenho Arquitetônico. No Curso de Engenharia Civil foi utilizada a componente denominada Visualização e Representação Gráfica, a qual também aborda o conteúdo referido e igualmente pertence ao primeiro semestre do curso.

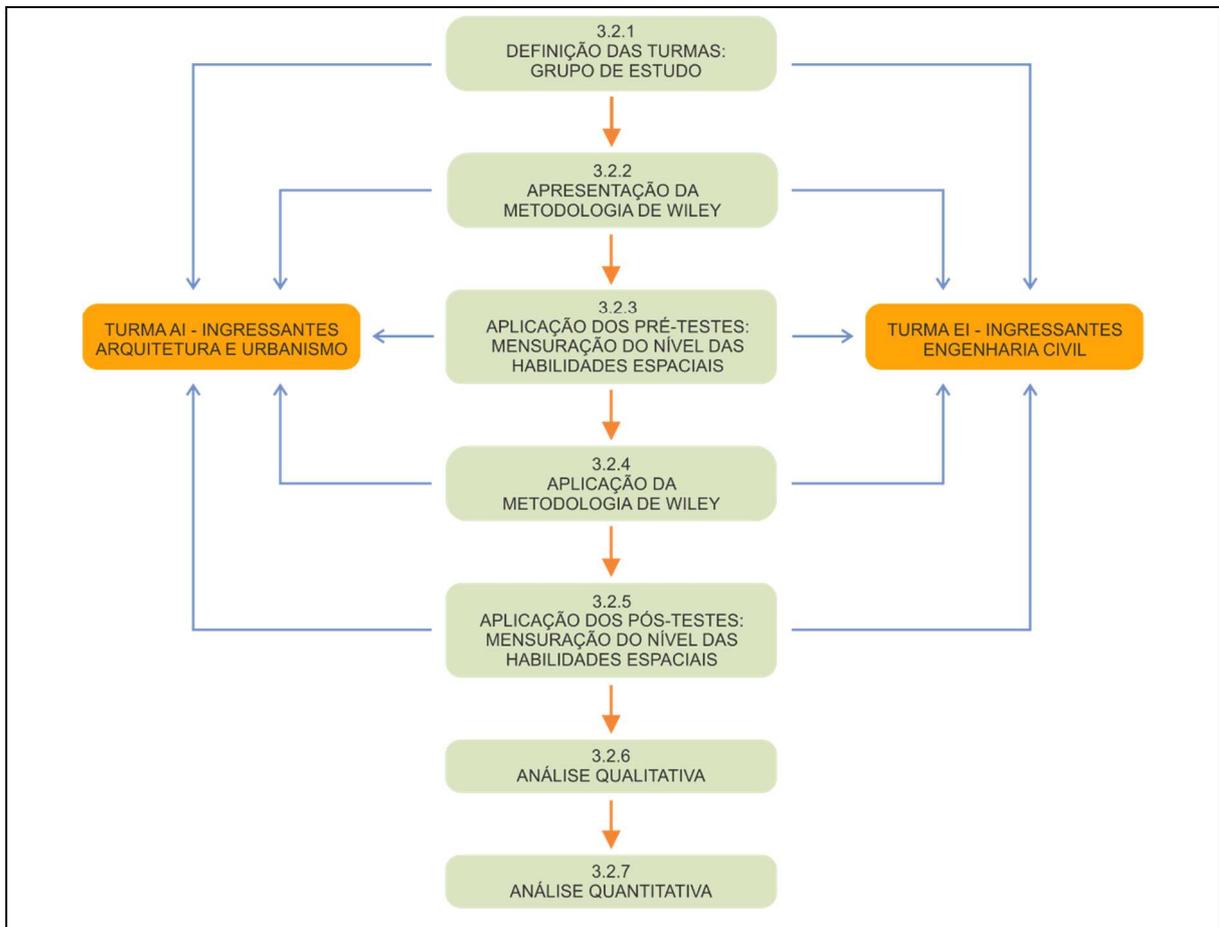
No período de aplicação da metodologia o autor deste estudo não estava ministrando aulas naquele período dos cursos, portanto a metodologia foi transmitida a outros dois docentes integrantes do curso e ministrantes das componentes citadas. Deve-se ressaltar que os docentes já possuem experiência em sala de aula no ensino do Desenho Arquitetônico. Para garantir o acompanhamento da atividade, a cada etapa o pesquisador permaneceu em contato com os docentes executores.

A aplicação da metodologia foi a atividade inicial do semestre nas duas componentes curriculares envolvidas e teve seu cronograma definido pelos docentes juntamente com o autor desse estudo. Contou com um (01) encontro semanal de 1,5 horas-aula durante sete (07) semanas, totalizando 10,5 horas-aula. Os encontros foram denominados **Aula 01**, **Aula 02** e assim sucessivamente até a **Aula 07**.

A metodologia inicialmente previa que a atividade pedagógica fosse aplicada presencialmente em sala aula para os alunos dos dois cursos. Porém, em função da condição sanitária causada pela pandemia de COVID-19, a maneira de condução da atividade, principalmente na aplicação dos testes de visualização, precisou sofrer adaptações para ser implementada de forma remota.

O trabalho desenvolvido foi estruturado conforme a sequência metodológica representada na Figura 07.

Figura 07 – Sequência metodológica do experimento



Fonte: O autor

3.2.1 Definição das turmas: Grupo de Estudo

O primeiro item do fluxograma da Figura 07 ilustra a etapa inicial da pesquisa, para a qual foram definidos como grupo de estudo as turmas de alunos ingressantes no segundo semestre do ano de 2020 dos Cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil da URCAMP. As referidas turmas contaram com 09 alunos em cada curso, perfazendo um total de 18 participantes da pesquisa.

3.2.2 Apresentação da metodologia de Wiley

Com o Grupo de Estudo definido, na **AULA 01/07**, coube ao pesquisador em conjunto com o docente da componente fazer uma explanação sobre a pesquisa, mais precisamente sobre do que se tratava a proposta metodológica. Foi apresentado um material de apoio em formato de apresentação do *PowerPoint* (Apêndice A) para que, de forma remota, os alunos tomassem conhecimento da proposta. Na referida

apresentação, toda a sequência que compõe a metodologia foi demonstrada através de um modelo de trabalho, indicando a maneira como os estudantes deveriam proceder para cumprir cada etapa da proposta. Nesse primeiro contato foi solicitado aos alunos que escolhessem o objeto real a ser utilizado no estudo, conforme consta na metodologia de Wiley, descrita na seção 2.12.2. Para o entendimento de todos foram citados alguns exemplos de elementos, tais como: portas, janelas, escadas, etc. Nesse momento, o pesquisador ressaltou que o objeto deveria fazer parte do contexto da arquitetura ou da engenharia e, se possível, estar presente em locais de convivência diária em razão da condição de isolamento social.

3.2.3 Aplicação dos pré-testes de mensuração do nível de HVE

Ainda na **AULA 01/07**, foi realizado o pré-teste de mensuração do nível das habilidades de rotação mental e visualização espacial através de exames específicos, com a aplicação MRT – *Mental Rotation Test* (Apêndice B) e o MCT – *Mental Cutting Test* (Apêndice C) respectivamente, nos estudantes dos dois cursos, finalizando o primeiro dia da atividade.

Os testes MRT e MCT, no modo presencial, são aplicados da seguinte forma: o aluno recebe o material impresso no qual são apresentadas a figura de referência e as alternativas de resposta na mesma página (ver seção 2.11.1 e 2.11.2). Com a necessidade de adaptação em função da pandemia a configuração foi alterada para uma plataforma *online*, sendo escolhido o *Google Forms*. Seabra e Santos (2007), em seus estudos, já haviam desenvolvido formulários eletrônicos dos testes destacando que a maior facilidade está na possibilidade de aplicação e agilidade na correção.

Cabe ressaltar que o teste *online* foi desenvolvido para ser feito pelo aluno utilizando um computador, para que as imagens fossem visualizadas no mesmo enquadramento dos testes impressos. Porém, se o teste for acessado pelo *smartphone*, a imagem de referência e as alternativas de resposta aparecem uma a uma na tela, o que pode dificultar o processo de comparação entre as imagens e talvez comprometer o resultado do teste. Esse fato foi explicitado para todos os participantes.

Através da aplicação dos pré-testes foi possível conhecer os níveis das habilidades de rotação mental e visualização espacial do grupo de estudo antes da aplicação da metodologia.

3.2.4 Aplicação da metodologia de Wiley

Na **AULA 02/07**, iniciou-se a aplicação da metodologia propriamente dita através da atividade pedagógica, onde os estudantes apresentaram os objetos que foram solicitados na aula anterior, os quais foram analisados e aprovados pelo pesquisador do estudo. Na sequência foram orientados pelos dois docentes das componentes sobre como desenvolver a etapa da metodologia que contempla o levantamento físico-visual do objeto de estudo. As orientações indicaram que o levantamento fotográfico – 1º nível de abstração, deveria registrar as características gerais assim como os detalhes construtivos relevantes para a compreensão do objeto. Logo em seguida os alunos foram instruídos sobre como deveria ser feito o levantamento físico, no qual necessitaria constar todas as dimensões do elemento.

Já com os levantamentos desenvolvidos os estudantes iniciaram na **AULA 03/07** as atividades referentes à computação gráfica, utilizando o *software SketchUP* para desenvolver o modelo 3D – 2º nível de abstração – do objeto em estudo. Através das informações obtidas no levantamento desenvolvido na etapa anterior, a maioria dos alunos foi capaz de construir um modelo tridimensional do objeto com ênfase na representação de detalhes técnico-construtivos, como dobradiças, fechaduras, parafusos e outros. Em função da complexidade do *software* associada ao pouco domínio dos alunos, essa etapa foi estendida para a **AULA 04/07**, desenvolvida na semana seguinte. Nesse mesmo encontro, os estudantes utilizaram alguns recursos de visualização do *software*, apresentando o objeto texturizado semelhante ao real e em arame, mostrando suas arestas ocultas.

O uso do *software SketchUP* permitiu que os modelos 3D fossem manipulados de diversas maneiras, possibilitando o exercício da habilidade de rotação mental através da execução das transformações geométricas, e ainda a visualização das arestas ocultas em tempo real, o que pode auxiliar na representação das vistas ortogonais.

As atividades que incluem as formas de representação do objeto escolhido fizeram parte da **AULA 05/07**. Com o modelo 3D desenvolvido na etapa anterior, foi solicitado que todos os participantes desenvolvessem uma representação em perspectiva isométrica - 3º nível de abstração - apresentando os detalhes técnico-construtivos do elemento.

Deve-se ressaltar que todos os alunos se encontravam na condição de ingressantes no curso, onde os docentes precisaram ensinar as técnicas de representação em perspectivas isométricas para viabilizar o cumprimento da etapa.

Na **AULA 06/07** os alunos foram estimulados a avançar para a construção das vistas ortogonais do objeto de estudo, mantendo a representação das suas características técnico-construtivas. A maioria dos estudantes cumpriu essa orientação e apresentou desenhos representativos e condizentes com o objeto de estudo, considerado pelo pesquisador da investigação como o nível máximo de abstração do objeto.

A última etapa da metodologia de Wiley foi desenvolvida na **AULA 07/07** e correspondeu à representação de outra visualização em perspectiva do objeto. Para essa etapa, foi solicitado que não fosse repetido um desenho semelhante ao já desenvolvido, por isso, sugeriu-se que fosse executado um corte no objeto utilizando a perspectiva isométrica como técnica de representação. Vale destacar que uma parcela considerável dos alunos apresentou o desenho em conformidade.

Com a finalização da atividade, os professores das componentes envolvidas solicitaram que os arquivos (fotos, *printscreens*, arquivos PDF e arquivos CAD) desenvolvidos pelos estudantes fossem entregues através da plataforma digital *Moodle* na data previamente combinada. Convém salientar que o exercício proposto fez parte da composição da nota bimestral do aluno.

3.2.5 Aplicação dos pós-testes de mensuração do nível de HVE

Ao término do desenvolvimento da atividade proposta, ainda na **AULA 07/07** foi realizada uma nova mensuração da capacidade de visualização dos integrantes do grupo de estudo, onde foram utilizados os mesmos instrumentos de medição e procedimentos descritos na seção 3.2.3. Os dados extraídos do pós-teste foram comparados estatisticamente aos resultados obtidos no pré-teste no intuito de verificar as contribuições da metodologia para o desenvolvimento das habilidades de rotação mental e de visualização espacial dos estudantes pertencentes ao grupo de estudo. A metodologia de análise estatística utilizada será apresentada na seção 3.2.7, e seus resultados demonstrados e discutidos na seção 4.3.

3.2.6 Análise qualitativa

A metodologia utilizada para analisar os resultados dos pré-testes e pós-testes (seções 2.11.1 e 2.11.2), assim como o material resultante da atividade didática desenvolvida com a aplicação da metodologia de Wiley (seção 3.2.4) foi a Análise de Conteúdo. Segundo Bardin (2011), consiste em uma técnica metodológica aplicável a discursos diversos e a todas as formas de comunicação, seja qual for a natureza do suporte. A autora relata que essa metodologia é composta por três fases sequenciais, que são a pré-análise, que consiste na organização do material; a exploração do material na qual são adotados procedimentos para a escolha das unidades de codificação e categorização e por fim, a fase analítica que envolve o tratamento dos resultados, inferência e interpretação.

3.2.6.1 Pré-análise

Nessa etapa cada aluno entregou um conjunto de arquivos digitais (fotos, *printscreens*, arquivos PDF e arquivos CAD) que registram cada momento da metodologia aplicada.

Ainda nessa fase foram traçados três eixos de análise seguindo as dimensões presentes na metodologia de ensino do desenho técnico fundamentada nos procedimentos de Wiley (1990b), conforme descrito na seção 2.12.2. As referidas dimensões consistem no uso de objetos reais (**Eixo de Análise – 01**), na utilização da computação gráfica como auxílio à visualização (**Eixo de Análise – 02**) e na prática de desenhos ortogonais e perspectivas isométricas (**Eixo de Análise – 03**).

3.2.6.2 Exploração do material

Na segunda etapa, o grupo composto por nove alunos ingressantes no Curso de Arquitetura e Urbanismo foi codificado como “AI”, e o grupo de nove ingressantes no Curso de Engenharia Civil foi codificado como “EI”, conforme mostra a Tabela 01.

Tabela 01 – Codificação dos alunos (unidades de análise)

ALUNOS INGRESSANTES	
Arquitetura e Urbanismo	Engenharia Civil
AI_01	EI_01
AI_02	EI_02
AI_03	EI_03
AI_04	EI_04
AI_05	EI_05
AI_06	EI_06
AI_07	EI_07
AI_08	EI_08
AI_09	EI_09

Fonte: o autor

Cabe salientar que, dentre as habilidades espaciais aplicadas no contexto da arquitetura, Choi (2001) destaca a Rotação Mental e a Visualização Espacial, conforme descrito na seção 2.6. Esses conceitos fundamentaram a definição das categorias e os critérios de análise dos resultados coletados nesse estudo. Portanto foi elaborada uma categorização na qual foi utilizada a pontuação de cada participante nos pós-testes já descritos (seções 2.12.1 e 2.12.2), comparados com o desempenho nos pré-testes.

Obteve-se então, para o MRT e MCT a **Categoria 01 - Evolução**, caracterizada por abranger os estudantes que obtiveram uma pontuação maior no pós-teste comparada ao pré-teste; a **Categoria 02 - Invariável**, na qual ficaram os alunos que obtiveram a mesma pontuação no pós-teste e no pré-teste; e a **Categoria 03 - Redução** que incluiu os alunos que apresentaram um desempenho inferior no pós-teste.

A partir dos três eixos de investigação foi traçado um conjunto de questões norteadoras com a finalidade de analisar e classificar o conteúdo do material entregue pelos estudantes nas diferentes dimensões da metodologia empregada.

Para o Eixo de Análise – 01, foi colocado como questão norteadora (**QN-1**) o grau de envolvimento do estudante com objeto real escolhido, fato considerado por Willey (1990) como o primeiro nível de abstração e peça chave da metodologia do ensino do desenho focando o desenvolvimento das habilidades de visualização

espacial. Neste propósito foi observado se o aluno identificou e registrou as características técnico-construtivas do objeto através do levantamento fotográfico e croquis que representam os componentes do mesmo. Deve-se destacar que todos os estudantes foram instruídos sobre a importância dessa etapa, pois esta é pré-requisito para as próximas fases da metodologia. Por esse motivo foram analisados todos os participantes do estudo, sem considerar qualquer categorização.

A questão norteadora **(QN-2)**, direcionada às categorias do MRT, está relacionada ao Eixo de Análise - 02, que consiste na análise da qualidade do modelo 3D entregue pelo aluno, assim como os processos de visualização utilizados (texturizado e arame). Ao analisar o modelo 3D foi verificado se o estudante contemplou as características técnico-construtivas do objeto real como detalhes, texturas e peças escondidas (modo arame).

Por fim, no Eixo de Análise – 03, direcionado às categorias do MCT, a questão norteadora **(QN-3)** aplicada se propôs a analisar se as representações das vistas ortogonais e das perspectivas isométricas foram executadas seguindo as características técnico-construtivas existentes no objeto real. Ou seja, consiste em verificar se os procedimentos de visualização espacial, nos quais o indivíduo deve ser capaz de transformar mentalmente um objeto tridimensional em uma representação bidimensional, foram aplicados na execução dos desenhos técnicos.

3.2.6.3 Fase analítica

Primeiramente as unidades de análise foram inseridas nas categorias definidas para o MRT e para o MCT descritas na seção 3.2.6.2. Logo em seguida o material resultante da atividade didática fundamentada na metodologia de Wiley apresentada na seção 3.2.4 foi verificado a partir dos três eixos de análise descritos na seção 3.2.6.2.

A questão norteadora QN-1, apontada como etapa chave da metodologia, teve como foco a classificação do grupo como um todo, não sendo considerada qualquer categorização para a sua análise. As questões norteadoras QN-2 e QN-3, relacionadas ao MRT e MCT respectivamente, definiram uma classificação específica dos estudantes que permitiu a apresentação, a análise e a discussão dos resultados por categoria.

3.2.7 Análise quantitativa

Os resultados obtidos nos testes de visualização foram verificados através da estatística descritiva, a qual considera as medidas de tendência central média, desvio padrão das variáveis quantitativas e frequência das variáveis qualitativas. Foi realizada a aplicação do teste de normalidade Shapiro-Wilk na variável de interesse, considerando os grupos dependentes pré e pós-teste. Caso estes fossem satisfeitos, seriam utilizados testes paramétricos. Verificou-se então que a hipótese de normalidade dos dados foi violada, portanto foram utilizados os equivalentes não paramétricos dos mesmos. O teste não paramétrico de Wilcoxon pareado foi considerado o mais adequado para comparar se as medidas de posição das duas amostras são iguais, sendo que as amostras são dependentes. Foram consideradas as hipóteses H_0 : não há diferença entre as pontuações antes ou depois da aplicação da metodologia e H_1 : há uma diferença entre as pontuações antes ou depois da aplicação da metodologia.

Através do método de análise utilizado foi possível verificar as contribuições da metodologia para o desenvolvimento das habilidades de visualização espacial dos integrantes do grupo de estudo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse capítulo serão apresentados os resultados da categorização obtida pelos testes de visualização MRT e MCT (seção 4.1), assim como os resultados com discussão da análise qualitativa obtida pela aplicação da atividade pedagógica (seção 4.2) e da análise quantitativa obtida pelos testes de visualização MRT e MCT (seção 4.3).

Para fins de contextualização, cabe trazer informações sobre o sexo, a faixa etária dos integrantes do grupo de estudo, assim como o tipo de objeto real do contexto da arquitetura escolhido por eles. Dos 09 alunos do Curso de Arquitetura 06 são do sexo feminino e 03 são do sexo masculino. Já dos 09 estudantes do Curso de Engenharia Civil, 01 é do sexo feminino e 08 são do sexo masculino. A faixa etária dos alunos dois cursos é de 18 a 30 anos.

A Tabela 02 apresenta os objetos escolhidos pelos estudantes dos cursos de Arquitetura e urbanismo e Engenharia Civil para desenvolver a atividade, descrita no seção 3.2.4.

Tabela 02 – Objetos reais escolhidos pelos estudantes

CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO		CURSO DE ENGENHARIA CIVIL	
UN. DE ANÁLISE	OBJETO	UN. DE ANÁLISE	OBJETO
AI_01	Porta simples em madeira – acesso principal	EI_01	Porta metálica do tipo de correr – 02 folhas
AI_02	Box de banheiro com porta de correr – vidro temperado	EI_02	Porta camarão em madeira
AI_03	Lareira em alvenaria	EI_03	Janela em madeira do tipo de correr – 02 folhas
AI_04	Estrutura metálica de cobertura (tesouras e terças)	EI_04	Janela metálica do tipo basculante
AI_05	Porta simples em madeira – acesso principal	EI_05	Janela metálica do tipo basculante
AI_06	Porta-janela em madeira do tipo de correr – 02 folhas, com venezianas	EI_06	Janela metálica do tipo de correr - 02 folhas
AI_07	Janela de correr em madeira do tipo de correr - 02 folhas, com venezianas	EI_07	Portão externo de fechamento
AI_08	Porta simples em madeira – acesso principal	EI_08	Box de banheiro com porta de correr – vidro temperado

AI_09	Porta simples em madeira – acesso principal	EI_09	Janela metálica do tipo de correr – 02 folhas, com grade
-------	---	-------	--

Fonte: O autor

Observa-se que portas e janelas, de diferentes tipos e materiais, predominaram como objeto real de estudo na escolha dos alunos. Outros elementos interessantes foram selecionados, como estrutura metálica de cobertura, lareira e box de banheiro. Todos os objetos apresentam um grau de complexidade, referente a suas características técnico-construtivas, compatível com a proposta metodológica desenvolvida.

4.1 Análise qualitativa - Categorização obtida pelos testes de visualização MRT e MCT

Primeiramente, será apresentado o resultado da categorização dos estudantes, conforme critérios descritos no seção 3.2.6.2. Em seguida serão apresentados os resultados obtidos pela verificação do material entregue pelos alunos, sendo analisado e discutidos de acordo com as três questões norteadoras propostas.

A Tabela 03 apresenta as unidades de análise classificadas nas categorias definidas para o teste MRT e MCT.

Tabela 03 – Categorização das unidades de análise no teste MRT e MCT.

MRT		
CATEGORIA 01 - EVOLUÇÃO	CATEGORIA 02 - INVARIÁVEL	CATEGORIA 03 – REDUÇÃO
AI_01	AI_06	AI_02
AI_03	EI_01	AI_05
AI_04	EI_02	EI_08
AI_07	EI_04	-
AI_08	EI_06	-
AI_09	EI_07	-
EI_03	EI_09	-
EI_05	-	-
MCT		
AI_02	AI_04	AI_07
AI_03	AI_05	AI_08

AI_09	AI_06	EI_02
EI_03	EI_01	EI_06
EI_04	EI_08	-
EI_07	-	-
EI_09	-	-

Fonte: O autor

A Categoria 01 – Evolução do teste MRT foi composta por 08 alunos, sendo estes 06 do Curso de Arquitetura e Urbanismo e 02 do Curso de Engenharia Civil. Para a Categoria 02 – Invariável, do mesmo teste, foram classificados 07 estudantes, onde apenas 01 pertence ao Curso de Arquitetura e o restante ao outro curso. E para a Categoria 03 – Redução do MRT foi constituída por 03 estudantes, os quais 02 são alunos do Curso de Arquitetura e 01 do Curso de Engenharia Civil.

Já para o teste MCT, foram determinadas categorias de mesma nomenclatura, onde a Categoria 01 – Evolução engloba 03 estudantes do Curso de Arquitetura e 04 de Engenharia Civil, totalizando 07 componentes. A Categoria 02 – Invariável, com 07 integrantes, foi composta por 03 alunos de Arquitetura e 02 de Engenharia Civil. E integram a Categoria 03 – Redução 04 estudantes, sendo dois de cada curso.

Cabe salientar que a Categoria 01 – Evolução do MRT, assim como a de mesmo nome do MCT se destacam por abranger o maior número de estudantes pertencentes ao grupo de estudo.

4.2 Análise qualitativa obtida pela aplicação da atividade pedagógica

Nessa seção serão apresentados e discutidos os resultados obtidos no desenvolvimento da atividade pedagógica fundamentada na metodologia de Wiley.

4.2.1 Análise qualitativa - Questão norteadora 01

O Eixo de Análise 01 apresenta a questão norteadora 01, que tem a finalidade verificar o envolvimento dos estudantes com o objeto real em estudo. A Tabela 04 apresenta a relação de alunos classificados conforme a questão norteadora (QN-1). A coluna “i” inclui os estudantes que tiveram a preocupação em registrar o objeto de maneira completa através dos levantamentos solicitados, e a coluna “ii” corresponde aos alunos que não conseguiram registrar o objeto de forma completa.

Tabela 04 – Classificação das unidades de análise em relação à questão norteadora QN-1

Unidade de análise	QN-1		Unidade de análise	QN-1	
	i	ii		i	ii
AI_01	X		EI_01	X	
AI_02	X		EI_02	X	
AI_03		X	EI_03		X
AI_04	X		EI_04	X	
AI_05	X		EI_05	X	
AI_06	X		EI_06	X	
AI_07	X		EI_07	X	
AI_08	X		EI_08	X	
AI_09		X	EI_09		X

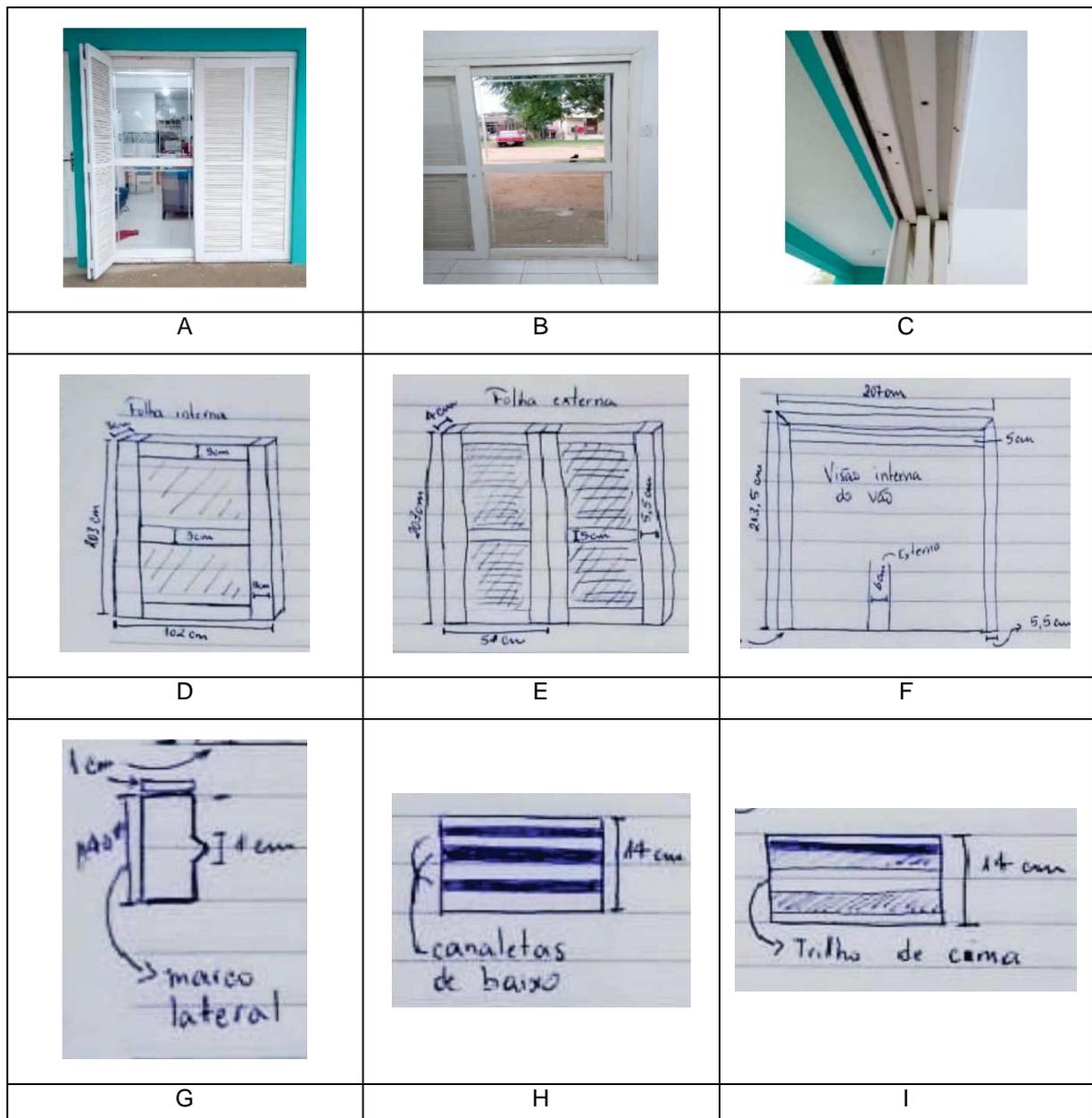
Fonte: O autor

Foi constatado, através da análise do levantamento fotográfico e dos croquis utilizados no levantamento físico, que 77,77% dos alunos do grupo participante do estudo composto por 18 integrantes, demonstram um envolvimento satisfatório com o objeto escolhido. Nas fotografias entregues pelos estudantes classificados na coluna “i” pode-se perceber, de modo geral, que o objeto foi representado através de enquadramentos que o mostram de forma integral e pormenorizada (peças específicas, detalhes de montagem, etc). Nos croquis desenvolvidos para o levantamento das medidas o grupo demonstra preocupação em compreender o desenho do objeto, assim como de suas peças constituintes. Os estudantes classificados na coluna “ii” entregaram levantamentos fotográficos e físicos insatisfatórios, os quais não registraram por completo características construtivas importantes, contribuindo pouco para a apropriação das particularidades do objeto de estudo.

A Figura 08 (A, B e C) mostra um exemplo do levantamento fotográfico onde o aluno AI_06 registra as vistas principais e o detalhe dos trilhos do marco superior da porta-janela. Os croquis à mão livre utilizados para o levantamento das medidas da

porta-janela são apresentados na Figura 08 (D, E, F, G, H e I) que destaca a preocupação do estudante AI_06 em representar o objeto integralmente, assim como as peças que o constituem. Nesses exemplos são detalhados os marcos laterais, os trilhos do marco superior e as canaletas-guia do marco inferior através de desenhos e coleta de dimensões que representam claramente o objeto de estudo.

Figura 08 – Levantamento físico-visual apresentado pelo estudante AI_06 (i)

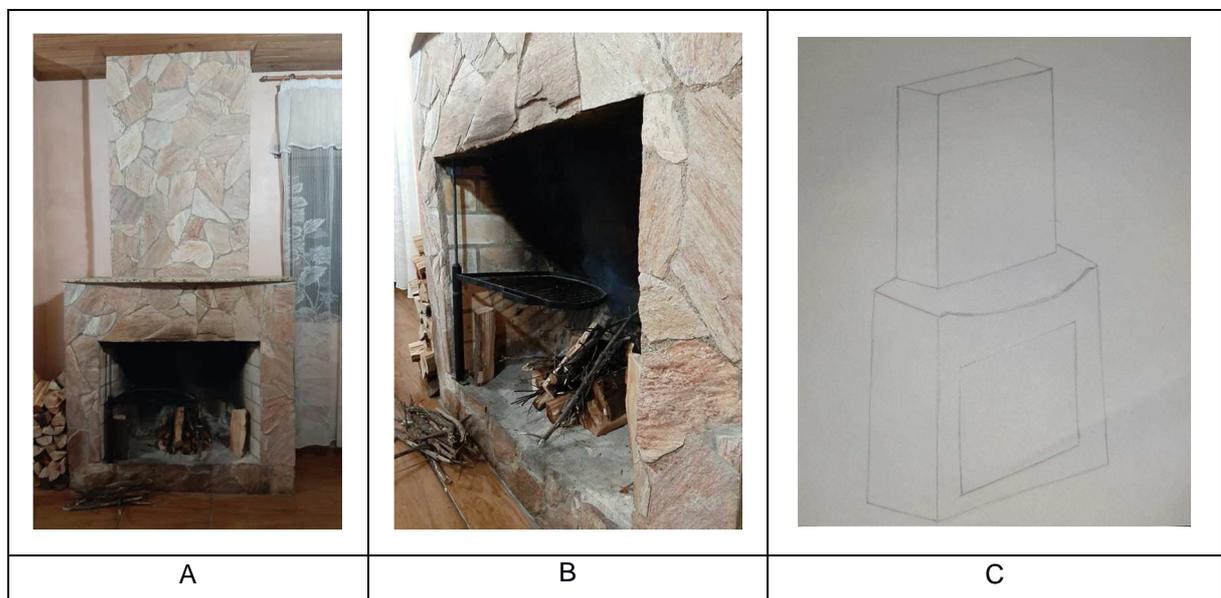


Fonte: O autor

Essas características repetem-se nos materiais entregues pelos outros componentes do grupo pertencente a coluna "i" da Tabela 04.

A Figura 09 apresenta o levantamento físico-visual entregue pelo estudante AI_03, indicando a sua relação de envolvimento com o objeto de estudo. As imagens A e B mostram que o estudante registrou apenas as visuais gerais da lareira escolhida como objeto de estudo. Detalhes construtivos como componentes internos, acabamento do tampo e outros foram desconsiderados. A imagem C mostra o levantamento físico do objeto através da representação à mão livre de forma incompleta, não indicando as suas dimensões e não registrando componentes importantes para a sua compreensão.

Figura 09 – Levantamento físico-visual apresentado pelo estudante AI_03 (ii)



Fonte: O autor

De maneira geral, essas características se repetem nos materiais entregues pelos outros componentes do grupo pertencente a coluna “ii” da Tabela 04.

Observando esses resultados através da questão norteadora do Eixo de Análise - 01, percebe-se que a maioria (77,77%) dos alunos demonstrou atenção ao apropriar-se do objeto no intuito de compreendê-lo por completo, apresentando preocupação com a captação das características gerais e dos detalhes do objeto através das fotografias e croquis, promovendo a chamada primeira abstração (WILEY, 1990b). Este foi considerado um ponto positivo da metodologia aplicada, no sentido de que ao apropriarem-se das características do objeto real, os processos envolvidos na sua representação gráfica podem ter sido potencializados. Sobre esse argumento, Tamashiro (2003, p.118) relata que “é necessário dispor de conhecimento técnico-

construtivo para executar desenhos corretos”. Reforçando essa circunstância, Bruno *et al.* (2019, p.1) argumenta que “manipular objetos reais ao invés de imaginá-los pode diminuir as abstrações envolvidas na representação de objetos”. Segundo Herpich *et al.* (2018, p.346) “o fato de os estudantes estarem abstraído de forma parcial ou limitada pode comprometer o pleno entendimento sobre os processos de operações mentais”.

Os estudantes AI_03, AI_09, EI_03 e EI_09, mesmo recebendo a orientação de como realizar o levantamento físico-visual de forma adequada, não entregaram-no de maneira satisfatória. Não se descarta a possibilidade de que os estudantes, por serem iniciantes nos cursos e nas suas práticas, podem ter apresentado incertezas ou insegurança no momento da realização dessa tarefa. Fulgêncio *et al.* (2019) relata que em pesquisa realizada envolvendo estudantes e levantamentos físicos de elementos reais foram detectadas dificuldades similares às encontradas no presente estudo. Os alunos manifestaram dúvidas variadas, como não saber ao certo o que medir e de como representar detalhes do objeto. Porém, mesmo assim, esses estudantes obtiveram resultados melhores nos pós-testes aplicados. Como a atividade não foi acompanhada de forma presencial não se exclui o fato de que eles podem ter desenvolvido essa apropriação diretamente com o objeto escolhido, uma vez que os elementos deveriam fazer parte dos ambientes de seu convívio diário.

4.2.2 Análise qualitativa – Questão norteadora 02

A questão norteadora do Eixo de Análise 02 observa a qualidade de construção e detalhamento do modelo 3D desenvolvido na atividade pedagógica. A Tabela 05 mostra a classificação dos alunos em cada categoria a partir da questão norteadora (QN-2). A coluna “i” traz a relação de estudantes que apresentaram um modelo 3D que reflete as características técnico-construtivas do objeto real, representando peças específicas como roldanas, perfis e outros, com visualização do elemento texturizado e em arame. Já a coluna “ii” mostra o grupo de alunos que desenvolveu modelos pouco consistentes e que não seguiu as características do objeto real.

Tabela 05 – Classificação das unidades de análise em relação à questão norteadora QN-2

MRT QN-2								
CATEGORIA 01 - EVOLUÇÃO			CATEGORIA 02 - INVARIÁVEL			CATEGORIA 03 – REDUÇÃO		
Unidade de análise	i	ii	Unidade de análise	i	ii	Unidade de análise	i	ii
AI_01	X		AI_06	X		AI_02	X	
AI_03		X	EI_01	X		AI_05		X
AI_04	X		EI_02		X	EI_08		X
AI_07	X		EI_04		X	-		
AI_08	X		EI_06		X	-		
AI_09		X	EI_07	X		-		
EI_03	X		EI_09	X		-		
EI_05	X		-			-		

Fonte: O autor

A Categoria 01 – Evolução do MRT, foi composta por 08 alunos, onde 06 deles (75%) desenvolveram modelos 3D que representaram adequadamente o objeto de estudo e 02 (25%) não desenvolveram o modelo de forma adequada. Dentre as três categorias formadas, proporcionalmente, a Categoria 01 foi a que apresentou o maior número de alunos comprometidos com o desenvolvimento de modelos 3D apropriados.

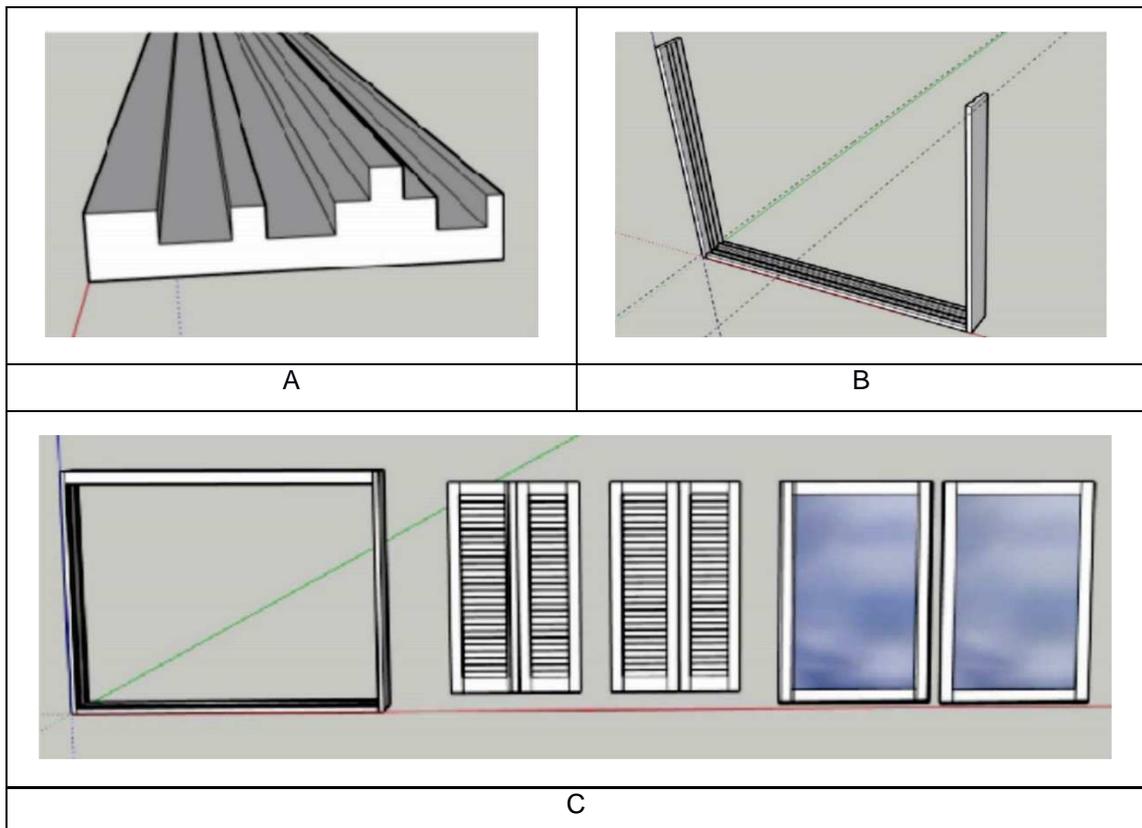
Na Categoria 02 – Invariável do MRT, do total de 07 alunos, 04 (57,14%) desenvolveram modelos 3D compatíveis com a metodologia proposta e 03 (42,86%) mostraram modelos 3D inconsistentes.

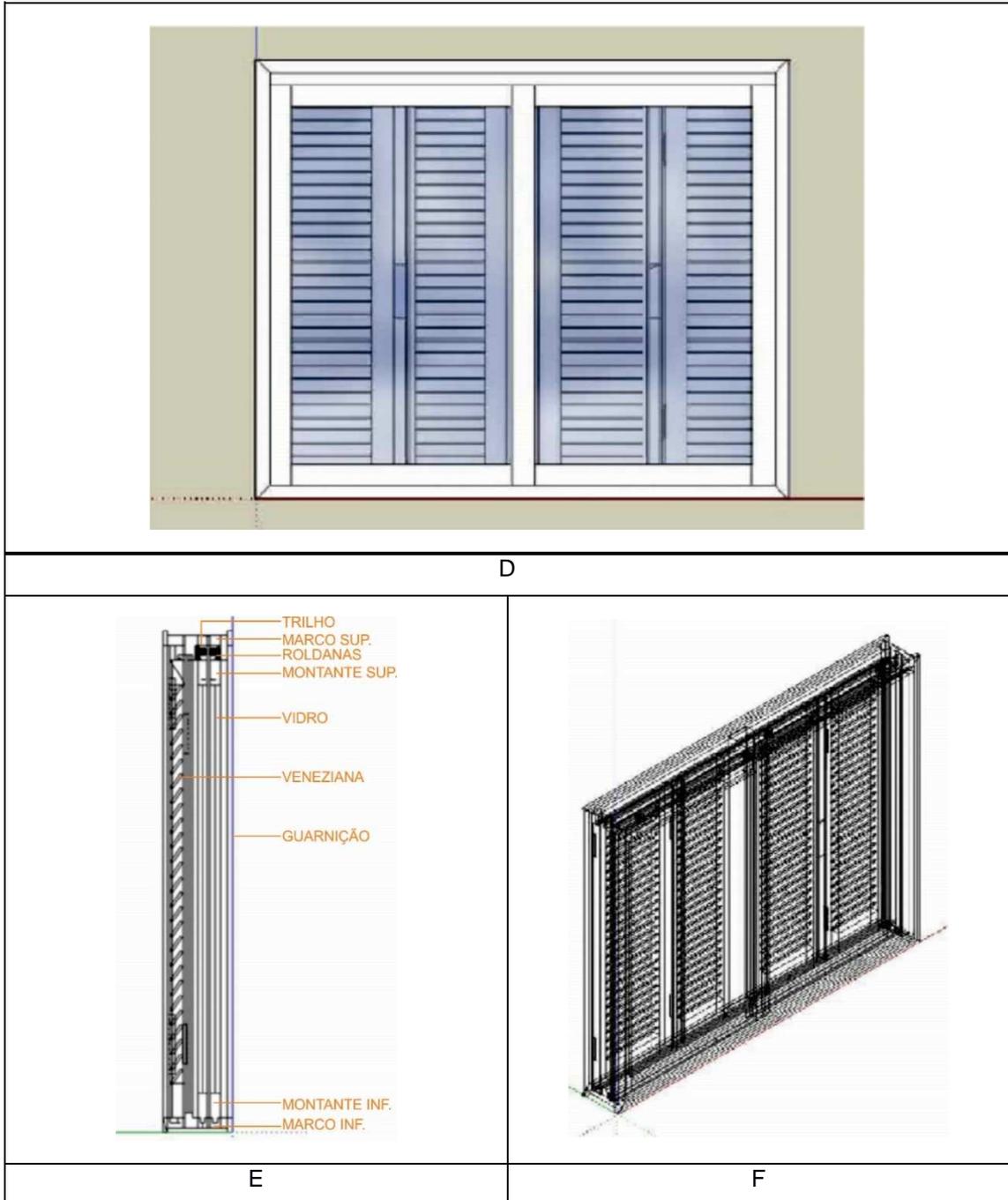
Já na Categoria 03 – Redução do MRT, constituída por 03 alunos, 01 (33,33%) apresentou um modelo 3D em conformidade com o objeto escolhido e 02 (66,66%) entregaram a modelagem tridimensional incompleta e inconsistente, representando a menor proporção de alunos comprometidos com a construção correta dos modelos 3D, entre as três categorias.

Na Figura 10, as imagens (A e B) mostram a construção adequada do modelo 3D, na qual o estudante AI_07, integrante da Categoria 01 e classificado na coluna “i”, inicia por modelar o marco inferior e logo completa o quadro formando a estrutura da

janela. Na imagem (C), pode ser observado que o aluno avança para a modelagem dos caixilhos de correr e das venezianas externas da esquadria. A imagem (D) apresenta o modelo texturizado e concluído. As imagens (E e F) registram a visualização do modelo 3D em modo arame, no qual estão visíveis as peças escondidas como marcos, roldanas, trilhos e outros.

Figura 10 – Exemplo de modelagem desenvolvida pelo aluno AI_06 da Categoria 01 (i)- MRT



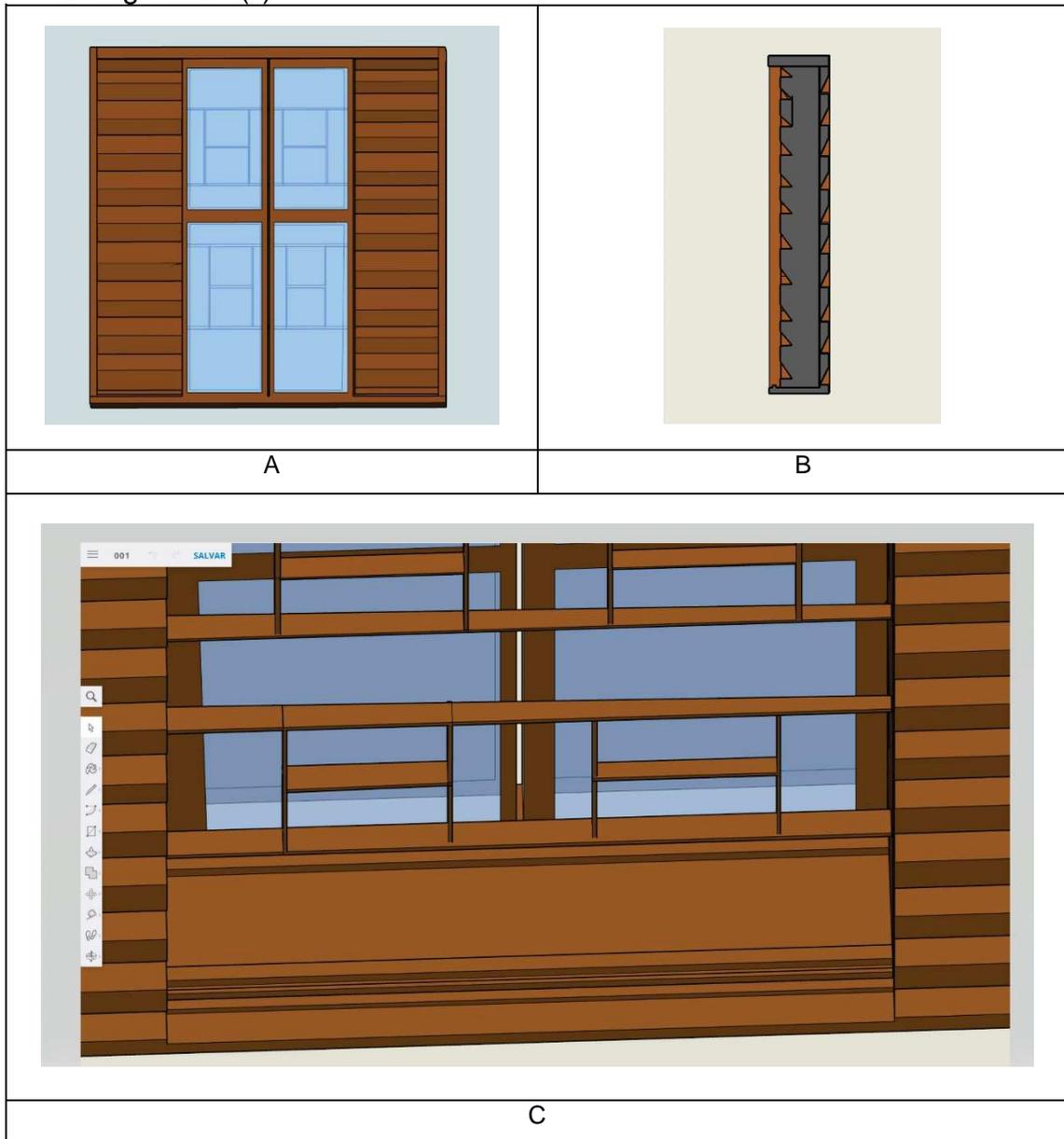


Fonte: O autor

Já na Figura 11 as imagens (A, B e C) mostram o modelo 3D desenvolvido pelo estudante EI_06, integrante da Categoria 02 e classificado na coluna “ii”. O elemento foi modelado sem o compromisso de representar o objeto real em todas as suas características. Várias peças foram simplificadas resultando em um modelo inconsistente e pouco eficaz para a proposta metodológica utilizada. Na imagem (B), percebe-se erros na modelagem das venezianas metálicas existentes nesse tipo de esquadria. Outro fato que compromete a eficiência dessa etapa da metodologia

consiste na supressão da visualização em modo arame, considerada por Wiley (1990b) com um dos degraus a serem alcançados em direção ao aprendizado do desenho técnico.

Figura 11 – Exemplo de modelagem desenvolvida pelo aluno EI_06 da Categoria 02 (ii) - MRT



Fonte: O autor

Os modelos 3D entregues pelos estudantes foram determinantes para a classificação demonstrada na Tabela 05, portanto o restante do material entregue segue o mesmo padrão de acertos e erros apresentados nesses dois exemplos, variando apenas o objeto de estudo.

A discussão dos resultados da análise da questão norteadora 02 será fundamentada na Categoria 01 – Evolução do MRT, por ser considerada a que mais se aproxima do objetivo principal do trabalho.

Em análise dos resultados conduzidos pela questão norteadora do Eixo de Análise – 02, percebe-se que a maioria (75%) dos classificados na Categoria 01 – Evolução do MRT, desenvolveu modelos tridimensionais seguindo as características técnico-construtivas do objeto real. Ao seguir tais características o estudante se obrigou a manipular o modelo 3D por mais tempo, utilizando as transformações geométricas focadas na translação, rotação e reflexão no espaço tridimensional digital. Segundo Ramos (2012, p. 13), exercícios de transformações geométricas são capazes de auxiliar consideravelmente a habilidade de rotação mental dos indivíduos por se tratarem de atividades de equivalência funcional. Considera-se que ao modelar e manipular o objeto virtual, os estudantes utilizam movimentos reais de rotação e realizam deslocamentos “concretos” pelo ambiente virtual. Essas ações são bastante próximas das rotações mentais e das formas de visualização que executamos em atividades que envolvem o raciocínio espacial. Portanto, quanto mais detalhado o modelo, mais vezes o aluno supostamente aplicou os processos semelhantes aos presentes na rotação mental – segundo e terceiro nível de abstração.

Nessa linha, Gomes *et al.* (2018) indica que a aproximação com ambientes virtuais dos jogos digitais é interessante para o desenvolvimento das habilidades espaciais. Tamashiro (2003, p.118) corrobora da mesma ideia, argumentando que “os modelos tridimensionais devem ser utilizados no ensino do desenho técnico arquitetônico por possibilitarem a visualização 3D e o entendimento da representação dos objetos”.

É possível argumentar também que tais processos envolvidos na modelagem podem ter contribuído com a melhora dos resultados dos estudantes no pós-teste MRT, através da transferência de treinamento. Kojiio; Scoz (2019, p. 86) destacam as considerações de Holding (1965) sobre a transferência de treinamento, que “ocorre sempre que os efeitos de um aprendizado anterior influenciam na performance de uma atividade posterior”. O autor destaca ainda que quanto maior for a semelhança entre as atividades maior a transferência de habilidades. Kojiio; Scoz (2019, p.86) argumentam que “as habilidades mentais envolvidas durante a realização de uma tarefa podem influenciar na metodologia e na performance, bem como na execução de tarefas semelhantes, mesmo que pela primeira vez”. Nesse sentido, Wiley (1989,

p.6) argumenta que “quanto maior a experiência visual mais rápida será a transferência de treinamento entre habilidades relacionadas”, o que pode justificar o rendimento insatisfatório no pós-teste dos alunos que foram alocados nas outras categorias.

Os alunos AI_03 e AI_09 não desenvolveram modelos com características adequadas ao objeto de estudo, porém obtiveram pontuação maior no pós-teste MRT. Esse episódio pode ser fundamentado pelo fato de que mesmo não apresentando a qualidade esperada para o modelo 3D, esses estudantes, na tentativa de executar a modelagem, exercitaram as transformações geométricas referidas acima.

4.2.3 Análise qualitativa – Questão norteadora 03

A questão norteadora (QN-3) do Eixo de Análise 03, verifica as propriedades relacionadas às representações de vistas ortogonais e perspectivas isométricas do objeto de estudo. A Tabela 06 apresenta a relação de estudantes classificados pela questão norteadora (QN-3), na qual a coluna “i” das três categorias agrupa os estudantes que desenvolveram as vistas ortogonais e perspectivas isométricas, representando as características técnico-construtivas do objeto de estudo. E a coluna “ii” traz os alunos que não representaram as características citadas.

Tabela 06 – Classificação das unidades de análise em relação à questão norteadora QN-3

MCT QN-3								
CATEGORIA 01 - EVOLUÇÃO			CATEGORIA 02 - INVARIÁVEL			CATEGORIA 03 – REDUÇÃO		
Unidade de análise	i	ii	Unidade de análise	i	ii	Unidade de análise	i	ii
AI_02	X		AI_04	X		AI_07	X	
AI_03		X	AI_05	X		AI_08		X
AI_09	X		AI_06		X	EI_02		X
EI_03	X		EI_01	X		EI_06		X
EI_04	X		EI_08		X	-		
EI_07	X		-			-		
EI_09	X		-			-		

Fonte: O autor

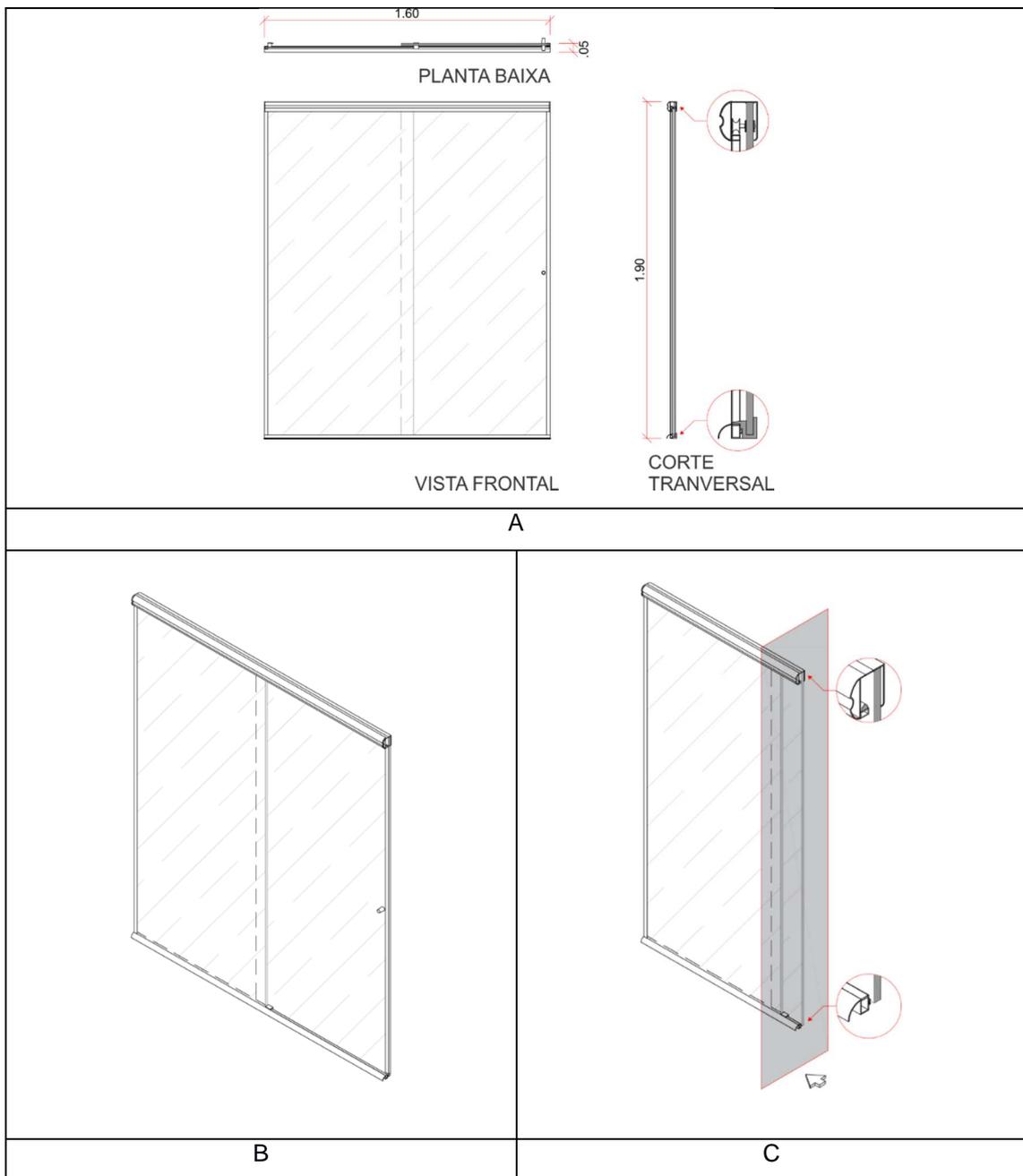
A Categoria 01 – Evolução do MCT, foi constituída por 07 alunos, sendo que 06 deles (85,71%) foram classificados na coluna “i” por representarem corretamente as vistas ortogonais e perspectivas isométricas do objeto, enquanto 01 estudante (14,29%) foi classificado na coluna “ii” por apresentar desenhos inconsistentes. Das três categorias instituídas para o MCT, a Categoria 01 foi a que apresentou, proporcionalmente, o maior número de alunos compromissados com o desenvolvimento de desenhos corretos.

Já na Categoria 02 – Invariável do MCT, composta por 05 estudantes, 03 (60%) conseguiram desenvolver corretamente a representação bidimensional do objeto e 02 (40%) apresentaram nos desenhos representações incoerentes com as características técnico-construtivas do objeto.

Na Categoria 03 – Redução do MCT, formada por 04 alunos, 01 (25%) apresentou as vistas ortogonais e perspectivas isométricas em conformidade com o objeto escolhido e 03 (75%) desenvolveram desenhos incompletos e pouco representativos, sendo, dentre as três categorias do MCT, a que apresenta menor proporção de alunos engajados com a correta representação bidimensional do objeto.

Na Figura 12, a imagem (A) mostra a representação em vistas ortogonais do objeto escolhido pelo estudante AI_02, classificado na coluna “i” da Categoria 01. As visualizações em planta baixa, corte e vista frontal, traduzem de forma clara e detalhada o objeto real em estudo e reforçam o grande envolvimento do estudante com a metodologia aplicada. A imagem (B) representa o objeto na íntegra em perspectiva isométrica e a imagem (C) mostra o objeto também em perspectiva isométrica, porém com a aplicação de um plano de corte conforme solicitado na atividade. Esses desenhos foram executados com a utilização do *software AutoCAD 2D*.

Figura 12 – Exemplo de Desenhos Técnicos pelo aluno AI_02 da Categoria 01 (i) – MCT



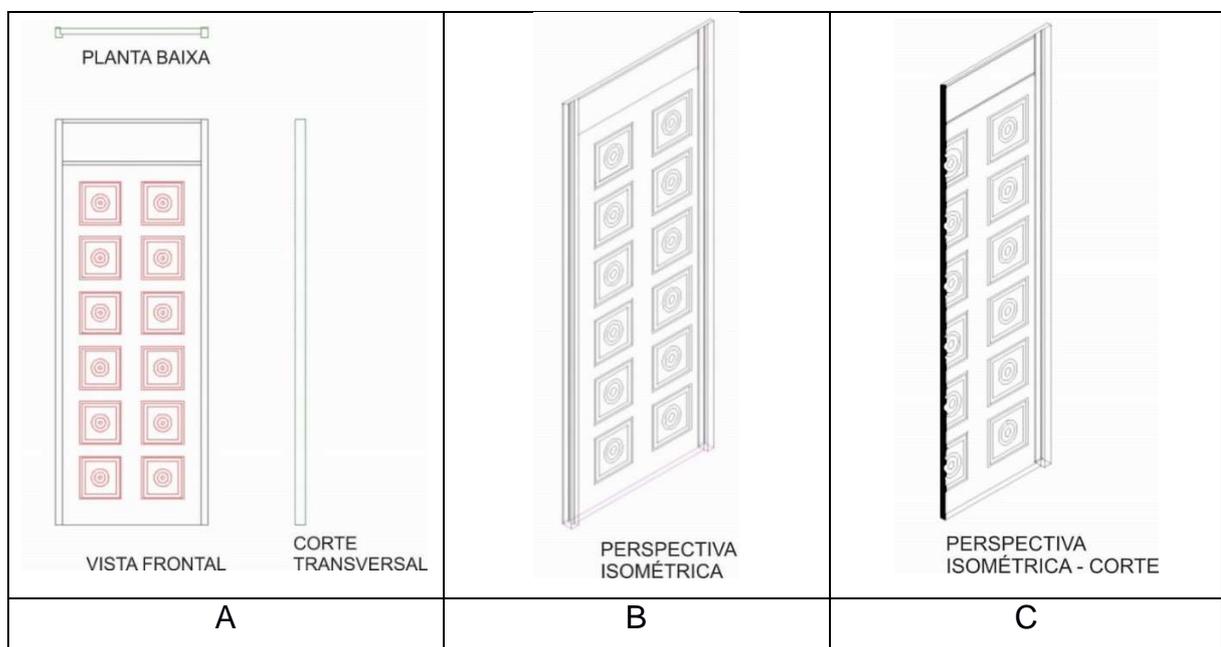
Fonte: O autor

A Figura 13 apresenta os desenhos técnicos entregues pelo estudante AI_08 pertencente à Categoria 03 – Redução do MCT, classificado na coluna “ii”. Ao analisar os desenhos, observa-se na imagem (A) que faltam elementos a serem representados na planta baixa, como o desenho dos marcos, da maçaneta e dos detalhes em baixo relevo presentes no objeto real. No corte transversal o aluno não demonstra as partes

cortadas pelo plano, como o marco superior, o vidro da bandeira fixa e a folha da porta, representando apenas uma vista lateral.

Já as imagens (B e C) da Figura 13, apresentam as perspectivas isométricas do objeto completo e com o plano de corte aplicado, porém se percebe que tais desenhos foram extraídos da modelagem no *software SketchUP*. Claramente nota-se que não foram construídos manualmente com a utilização do *software AutoCAD 2D*, conforme orientação transmitida durante o processo de aplicação da metodologia.

Figura 13 – Exemplo de Desenhos Técnicos desenvolvidos pelo aluno AI_08 da Categoria 03 (ii) – MCT



Fonte: O autor

Cabe salientar que o restante dos desenhos entregues pelos alunos apresenta características semelhantes aos dois exemplos apresentados.

A Categoria 01 – Evolução do MCT, é considerada a que apresenta maior proximidade com os objetivos do trabalho, portando fundamentará a discussão dos resultados da análise da questão norteadora QN-03.

Os estudantes classificados na Categoria 01 – Evolução do MCT, em sua grande maioria (85,71%) desenvolveram os desenhos técnicos detalhados e condizentes com o objeto real em estudo. Segundo Fulgêncio *et al.* (2019) o conhecimento técnico-constructivo contribuiu para o desenvolvimento da visualização espacial e para o processo de projeto e suas representações.

Os estudantes demonstraram capacidade de abstração ao representar os detalhes técnico-construtivos e elementos específicos de composição do objeto, sendo esta uma das propriedades do processo de visualização espacial. Na visão de Queiroz (2017), apesar de historicamente o ensino do desenho estar ligado à constituição técnica, a experiência em desenho visa oportunizar o desenvolvimento das habilidades de visualização espacial e da representação, através de sua linguagem específica.

4.3 Análise quantitativa obtida pelos testes de visualização MRT e MCT

A partir dos resultados obtidos pela aplicação dos pré-testes e com os dados extraídos dos pós-testes aplicados nos estudantes integrantes dos grupos de estudo descritos na seção 3.2.1, foi realizada a análise quantitativa para verificação das contribuições da atividade pedagógica fundamentada na metodologia de Wiley. A metodologia de análise foi descrita no seção 3.2.7.

4.3.1 Análise do teste de visualização MRT

A média das pontuações dos participantes no pré-teste é de 66,2 com um desvio padrão de 0,21, indicando uma variabilidade baixa. A menor pontuação foi de 0,15 e a maior pontuação 0,85. No pós-teste, a média das pontuações dos participantes é de 63,2 com um desvio padrão de 0,20, indicando uma variabilidade baixa. A menor pontuação foi de 0,25 e a maior pontuação 0,85. A Tabela 07 apresenta as medidas descritivas da variável pontuação.

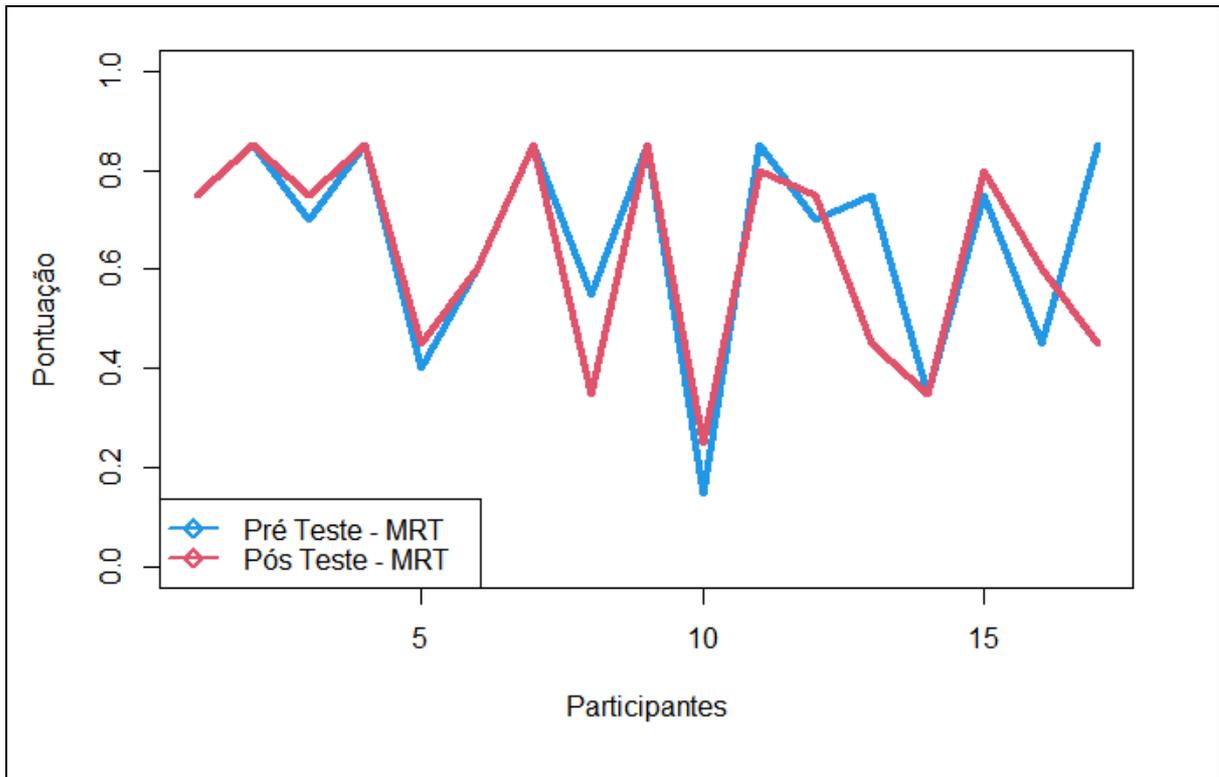
Tabela 07 – Medidas descritivas da variável pontuação para o MRT

	N	Media	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Pontuação Pré-teste	17	,6618	,21326	,15	,85
Pontuação Pós-teste	17	,6324	,20837	,25	,85

Fonte: O autor

A Figura 14 mostra o gráfico de linhas comparando a pontuação dos participantes no pré-teste e pós-teste.

Figura 14 – Gráfico descritivo da pontuação dos participantes no MRT



Fonte: O autor

A Tabela 08 apresenta o resultado da análise estatística do teste MRT considerando duas amostras dependentes.

Tabela 08 – Resultado do teste MRT considerando duas amostras dependentes

	Pós - Pré
Z	-,258 ^b
p-valor bilateral	,796

b. Based on positive ranks.

Fonte: O autor

Ao observarmos a Figura 14, podemos verificar que as pontuações de cada participante no pré-teste e pós-teste se assemelham. De acordo com o resultado do teste, não se rejeita a hipótese nula. Com isso não temos diferença estatística nos dois grupos.

4.3.2 Análise do teste de visualização MCT

A média das pontuações dos participantes no pré-teste é de 44,5 com um desvio padrão de 0,14, indicando uma variabilidade baixa. A menor pontuação foi de 0,20 e a maior pontuação 0,72. No pós-teste a média das pontuações dos participantes é de 45,0 com um desvio padrão de 0,16, indicando uma variabilidade baixa. A menor pontuação foi de 0,20 e a maior pontuação 0,84. A Tabela 09 apresenta as medidas descritivas da variável pontuação.

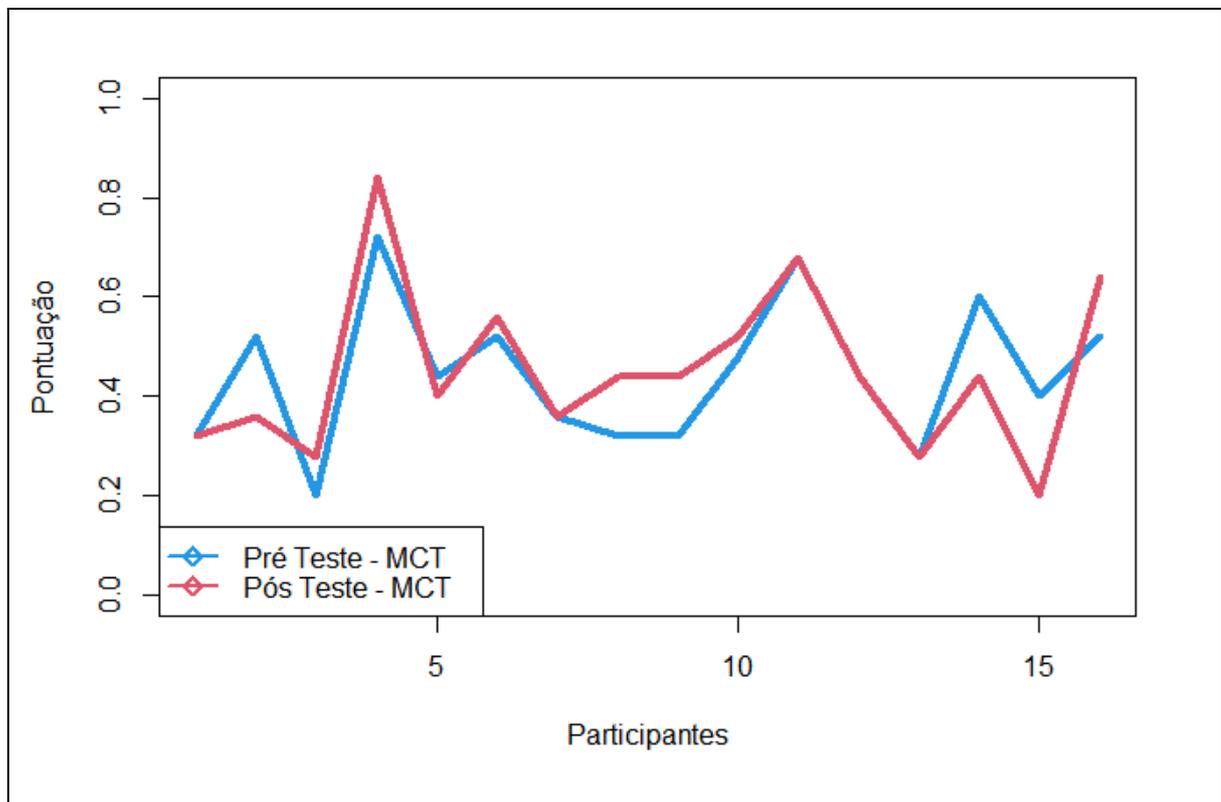
Tabela 09 – Medidas descritivas da variável pontuação para o MCT

	N	Media	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Pontuação Pré-teste	16	,4450	,14524	,20	,72
Pontuação Pós-teste	16	,4500	,16621	,20	,84

Fonte: O autor

A Figura 15 apresenta o gráfico de linhas comparando a pontuação dos estudantes no pré-teste e pós-teste.

Figura 15 – Gráfico descritivo da pontuação dos participantes no MCT



Fonte: O autor

A Tabela 10 apresenta o resultado da análise estatística do teste MCT, considerando duas amostras dependentes.

Tabela 10 – resultado do teste MCT considerando duas amostras dependentes

	Pós - Pré
Z	-,090 ^b
p-valor bilateral	,929

b. Based on negative ranks.

Fonte: O autor

Ao observarmos a Figura 15, podemos verificar que as pontuações de cada participante no pré-teste e pós-teste se assemelham. De acordo com o resultado do teste, não se rejeita a hipótese nula. Com isso não temos diferença estatística nos dois grupos.

Sendo assim, pode-se afirmar que a análise estatística apresentada nas seções 4.3.1 e 4.3.2 revelou que, após a aplicação da metodologia, em média, os resultados obtidos nos pré-testes e nos pós-testes se mostraram de maneira bastante semelhante. Alguns fatores podem ter influenciado essa condição indicada pela análise estatística. O principal deles consiste no tempo disponível para a aplicação da metodologia dentro do cronograma geral das componentes curriculares, possibilitando empregá-la em apenas uma atividade. Ou seja, o estudante escolheu apenas um objeto real, seguiu a sequência metodológica proposta e entregou o material, sendo este o único exercício. Não houve tempo para repetir por mais vezes o método. Já em pesquisas correlatas realizadas por outros autores, como a de Ramos (2012), a qual apresentou resultados significativos no desenvolvimento de habilidades espaciais, a metodologia foi desenvolvida em múltiplas atividades.

Deve ser considerado também que a condição de ingressantes nos cursos e a complexidade do *software* gráfico utilizado associada ao pouco domínio das técnicas de representação, pode ter influenciado o desenvolvimento pleno da metodologia de alguns estudantes do grupo.

Outro fator relevante consiste nas adaptações dos procedimentos metodológicos em adequação ao formato remoto de contato com os alunos, em função da pandemia de COVID-19. Esse fator proporcionou um grau de dificuldade na condução do processo que primeiramente não havia sido considerado.

5 CONCLUSÃO

As habilidades de visualização espacial são indispensáveis para a prática profissional de arquitetos e engenheiros por serem instrumentos para a compreensão da complexidade do objeto construído e sua representação gráfica. Em geral, nos Cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil essas habilidades começam a ser desenvolvidas em componentes curriculares que abordam conteúdos referentes a Geometria Descritiva e Desenho de Arquitetura, porém às vezes esses conteúdos podem se mostrar abstratos para os alunos. Muitos fatores podem contribuir para essa condição, sendo um deles o fato de que parte dos alunos ingressantes nos cursos citados apresentam essas habilidades pouco desenvolvidas. Outro fator relevante pode estar relacionado à metodologia empregada no processo de ensino/aprendizagem utilizado para conduzir esses conteúdos.

A compreensão da Geometria Descritiva e do Desenho de Arquitetura exige um complexo processo de abstração, o qual muitas vezes não é alcançado pelos estudantes. Assim, esta pesquisa buscou investigar as contribuições da implementação de estratégias pedagógicas aplicadas em um grupo de estudantes ingressantes dos Cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil, seguindo uma metodologia de ensino do Desenho Arquitetônico focado no desenvolvimento das habilidades de visualização espacial desenvolvida por Scott Wiley.

De maneira geral, a aplicação da metodologia de Scott Wiley mostrou-se eficaz no contexto deste estudo. Através da análise qualitativa desenvolvida, percebeu-se que o uso prévio de objetos reais como forma de diminuir a abstração das suas representações se mostrou bastante importante no desenvolvimento das habilidades de rotação mental e de visualização espacial dos estudantes. Demonstrou que ao apropriar-se das características técnico-construtivas dos objetos reais, a maioria dos alunos apresentou maior capacidade para desenvolver modelos tridimensionais mais ricos e detalhados. O uso das transformações geométricas do *software* modelador influenciou significativamente no treinamento da rotação mental dos alunos, embora a maioria não tinha conhecimento dos recursos e potencialidades do *software*. Tal fato pode ser confirmado na análise da classificação dos alunos na categoria que indica evolução nessa habilidade.

As representações bidimensionais entregues pelos estudantes indicaram que, para o exercício do Desenho Arquitetônico, assim como para a modelagem 3D, a

utilização de objetos reais apresentou influência positiva na representação dos objetos. Percebeu-se que quanto maior o domínio e compreensão do objeto a ser representado maiores são as possibilidades de obtenção de desenhos mais qualificados. Esse domínio pode ser resultado da progressão nos níveis de abstração possibilitados pela sequência metodológica utilizada. No momento da representação das vistas ortogonais os cursistas já tinham ampla compreensão das características gerais e dos detalhes do objeto de estudo.

Cabe ressaltar que todos os alunos se encontravam na condição de ingressantes nos cursos, e os docentes precisaram ensinar as técnicas de representação de vistas ortogonais e perspectivas isométricas no momento do cumprimento da etapa da atividade pedagógica que abordou esses temas.

Um fator importante a ser destacado foi a motivação demonstrada pelos estudantes participantes do estudo ocasionada pela metodologia empregada. A maioria dos alunos entregou e apresentou o material solicitado com a excelência esperada, superando a expectativa dos docentes envolvidos. Naturalmente, alunos ingressantes nos cursos em questão não apresentam domínio sobre o elemento a ser representado, produzindo desenhos pouco expressivos, o que difere das representações resultantes da atividade proposta, que envolve o aluno através de um suporte visual ocasionado pelo contato com o objeto e sua digitalização 3D.

Apesar da metodologia aplicada no estudo apresentar resultados qualitativos bastantes significativos, estatisticamente foi detectado que os resultados dos pós-testes MRT e MCT se mostraram semelhantes aos extraídos dos pré-testes. Tal fato indica que, em média, o nível das habilidades de rotação mental e de visualização espacial não sofreu alteração após a aplicação da atividade pedagógica. Porém, muitos estudantes apresentaram resultados individuais melhorados nos pós-testes e que são compatíveis com as características dos materiais entregues na atividade pedagógica proposta. Cabe ressaltar que os testes em seu formato original foram desenvolvidos para serem aplicados presencialmente. Em função da pandemia de COVID-19, os testes foram aplicados de forma remota, e os alunos orientados para realizá-los no computador, mantendo o enquadramento das imagens conforme o teste original. Porém, se os alunos praticaram os testes no *smartphone*, o processo de comparação entre a imagem de referência e as respostas pode ser dificultado, podendo comprometer o resultado do teste.

Conclui-se então, considerando as análises desenvolvidas e respondendo a hipótese do trabalho, que o exercício do Desenho Arquitetônico fundamentado no uso de objetos reais e virtuais pode promover o desenvolvimento da cognição espacial dos estudantes. No entanto, não se pode afirmar que apenas a metodologia aplicada foi responsável pelo aumento dos níveis de habilidades espaciais de alguns alunos participantes, no sentido de que tais habilidades podem ser exercitadas de diferentes maneiras.

6 TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros, sugere-se:

- Planejar e implementar uma pesquisa do tipo genuinamente experimental, contando com encontros presenciais, na qual deverá ser aplicada a metodologia convencional para o ensino do Desenho Arquitetônico a um grupo de controle e a metodologia de Wiley aplicada em um grupo experimental, gerando parâmetros de comparação;
- Trabalhar com grupos numericamente mais significativos a fim de tentar comprovar estatisticamente a eficácia da metodologia;
- Dispor de mais tempo para a aplicação da atividade pedagógica, permitindo o desenvolvimento de um maior número de exercícios por aluno, proporcionando maior contato com a metodologia de Wiley;
- Desenvolver a metodologia com alunos de meio e final de curso;
- Investigar e explorar outros métodos de análise quantitativa;
- Analisar o perfil pessoal e experiências vividas com a expressão gráfica dos estudantes que ingressam nos Cursos de Arquitetura e Engenharia;
- Aumentar o tempo de experiência com o *software* gráfico para que os alunos tenham mais autonomia e confiança;
- Ofertar cursos e atividades para que os demais docentes adotem os princípios da metodologia de Wiley nas componentes afins do curso.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Max. L. V. X. **Computação gráfica tridimensional e ensino de arquitetura: uma experiência pedagógica**. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA GRÁFICA NAS ARTES E NO DESENHO, 2007.
- BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BRASIL, **Parecer CNE/CES nº 1362/2001** – Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Brasília: MEC, 2001.
- BRASIL, **Parecer CNE/CES nº 112/2005** – Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Brasília: MEC, 2005.
- BRUNO, Fernando Batista; TEIXEIRA, Fábio Gonçalves; SILVA, Régio Pierre; SILVA, Tânia Luisa Koltermann. **Design-based learning: o uso de objetos empírico-concretos e virtuais na geometria descritiva**. Anais do 13º Congresso Pesquisa e Desenvolvimento em Design (2018). São Paulo, v.6, n.1, p. 500-510, 2019.
- CATTANI, Airton. **Arquitetura e Representação gráfica: Considerações históricas e aspectos práticos**. Arqtexto. n. 9 (2006), p. 110-123, 2006.
- CHOI, Jean. **Sex differences in spatial abilities in humans: two levels of explanation**. In: VOKEY, JR; ALLEN, SW. Psychological Sketches, Department of Psychology and Neuroscience, University of Lethbridge, 5.ed. 270p. 2001.
- COTTA, Rosângela Minardi Mitre; COSTA, Glauce Dias da; MENDONÇA, Érica Toledo. **Portfólio reflexivo: uma proposta de ensino e aprendizagem orientada por competências**. Ciência & Saúde Coletiva, [S.L.], v. 18, n. 6, p. 1847-1856, jun. 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-81232013000600035>.
- FERNANDES, S. v. d. H; AYMONE, José L.F.; DE OLIVEIRA, Branca F.; DA SILVA, Tânia L.K. **Visualização espacial em ambiente virtual para ensino de desenho técnico**. XLI Congresso Brasileiro De Educação Em Engenharia – COBENGE, 2013.
- FERREIRA, Bráulio Vinícius. **O Ensino do Desenho Técnico no Curso de Arquitetura e Urbanismo: limites e possibilidades**. Mestrado em Educação. Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2004.
- FULGÊNCIO, Vinícius Albuquerque, ANDIARA Valentina de Freitas e MARIANA Buarque Ribeiro de Gusmão. **Representação gráfica arquitetônica digital: avaliação do uso de novas abordagens didáticas para melhoria no processo de ensino-aprendizagem**. RENOTE, v. 17, n. 1, p. 456-465, 2019.
- GIL, Antonio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6ª Edição. São Paulo: Atlas, 2008.
- GÓES, Heliza Colaço. **Expressão gráfica: esboço de conceituação**. 2012. 123 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Educação e em

Matemática, Centro de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

GOMES, Marcus Vinicius Mendes; DE SOUZA Pereira-Guizzo, Camila; RIBEIRO Sampaio, Renelson; OLIVEIRA do Nascimento, Jefferson. **Jogos digitais para o desenvolvimento da habilidade espacial: uma revisão da literatura internacional**. Revista Educação: Teoria e Prática, v. 28, n. 58, p. 357-373, 2018.

HERPICH, Fabrício; LUIGI Martins Guarese, Renan; CASSOLA Amaury; TAROUCO, Rockenbach Margarida Liane. **Realidade aumentada no desenvolvimento da habilidade de visualização espacial em física**. In: Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação, p. 345, 2018.

JUNIOR, Álvaro da Cruz Picanço; DE LIMA, Fernando Fabiano Gonçalves. **Ensino de habilidades de orientação espacial à luz das representações mentais: um estudo narrativo**. South American Development Society Journal, v. 4, n. 12, p. 134, 2018.

KAUFMAN, Scott Barry. **Sex differences in mental rotation and spatial visualization ability: Can they be accounted for by differences in working memory capacity?** Intelligence, v. 35, n. 3, p. 211-223, 2007.

KAUFMANN, Hannes; SCHMALSTIEG, Dieter. **Mathematics and geometry education with collaborative augmented reality**. In: ACM SIGGRAPH 2002 conference abstracts and applications. ACM, p. 37-41, 2002.

KOJIO, Rafael; SCOZ, Murilo. **Avaliação da transferência de habilidades em jogos digitais no aprendizado de computação gráfica**. Design e Tecnologia, v. 9, n. 18, p. 84-101, 2019.

LOUZADA, Alana Gomes Tomaz. **Geometria dinâmica 3D: uma experiência com Geogebra no ensino da geometria espacial**. 2018. 88 f. TCC (Graduação) - Curso de Instituto de Matemática e Estatística, Departamento de Matemática Pura e Aplicada, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

MACIEL, Sérgio Dias; DE AMORIM, Arivaldo Leão; DE SOUSA CHECCUCCI, Érica. **Ensino de projeto de arquitetura em ambiente digital: uma experiência na Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal da Bahia**. Gestão & Tecnologia de Projetos, v. 13, n. 1, p. 21-38, 2018.

MAFALDA, Rovilson. **Efeitos do uso de diferentes métodos de representação gráfica no desenvolvimento da habilidade de visualização espacial**. 2000. 74 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

MANSSOUR, Isabel Harb; COHEN, Marcelo. **Introdução à computação gráfica**. RITA, v. 13, n. 2, p. 43-68, 2006.

MONICE, Simone; SANTOS, Eduardo Toledo; PETRECHE, João Roberto Diego. **O uso de recursos da internet para o ensino de desenho**. 16º Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico–GRAPHICA, 2003.

MONNERAT, Lúcia Patrícia. **Uma abordagem para a melhoria do processo de ensino-aprendizagem em desenho técnico utilizando métodos e técnicas da computação**. 2012. 164 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências da Computação, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

MONTENEGRO, Gildo A. **Inteligência Visual e 3-D: Compreendendo Conceitos Básicos da Geometria Espacial**. 1ª Edição, 3ª reimpressão. São Paulo: Blucher, 2005.

MOTA, Janine F.; PINTO, Rieuse L.; FERREIRA, Ronaldo D. **Visualização e pensamento geométrico na Geometria em movimento**. Revista de Ensino de Ciências e Matemática, v. 10, n. 2, p. 188-203, 2019.

PASTANA, Carlos Eduardo Troccoli. Desenho Técnico. **Anotações de aulas de desenho técnico**, p. 1-06, 2006.

PRIETO, Gerardo; VELASCO, Angela D.. **Treinamento da visualização espacial mediante exercícios informatizados de desenho técnico**. *Psicol. Esc. Educ.* (Impr.) [online]. 2008, vol.12, n.2, pp.309-317. ISSN 2175-3539. <https://doi.org/10.1590/S1413-85572008000200002>.

PRIETO, Gerardo; VELASCO, Angela Dias. Visualização espacial, raciocínio indutivo e rendimento acadêmico em desenho técnico. **Psicologia Escolar e Educacional**, [S.L.], v. 10, n. 1, p. 11-20, jun. 2006. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-85572006000100002>.

QUEIROZ, Lilian Quelle Santos de. Ensino de desenho e habilidade espacial no conceito de Gildo Montenegro. **Revista Geometria Gráfica**, Feira de Santana, v. 1, p. 35-45, 2017.

QUINTERO, Eliud; SALINAS, Patricia; GONZÁLES, Mendívil. RAMÍRES, Héctor. **Augmented Reality app for Calculus: A Proposal for the Development of Spatial Visualization**. International Conference on Virtual and Augmented Reality in Education. Procedia. Computer Science. 2015.

RAMOS, Fernando da Silva. **Geometria e Habilidade de Rotação Mental: Uma experiência de ensino com transformações isométricas no design**. 2012. 328 f. Tese (Doutorado) - Curso de Instituto de Artes, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

SEABRA, Rodrigo Duarte. **Uma ferramenta em realidade virtual para o desenvolvimento da habilidade de visualização espacial**. 2009. 227 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SEABRA, Rodrigo Duarte; SANTOS Eduardo Toledo. **Proposta de desenvolvimento da visualização espacial através de sistemas estereoscópicos**. Egrafia - 4º Congresso Nacional y 1ro. Internacional Rosario, Argentina, 2004.

SEABRA, Rodrigo Duarte; SANTOS, Eduardo Toledo. **Avaliação da eficácia de um curso de geometria gráfica para engenharia no desenvolvimento da habilidade de visualização espacial**. In: Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. 2007.

SHEPARD, Roger. N.; METZLER, Jaqueline. **Mental Rotation of Three-Dimensional Objects**. Science, [S.L.], v. 171, n. 3972, p. 701-703, 19 fev. 1971. American Association for the Advancement of Science (AAAS). <http://dx.doi.org/10.1126/science.171.3972.701>.

SILVA, Halisson Junior Da Silva *et al.* **The cleaning of the vacuum in the Antonio Olaio's drawings/A limpeza do vacuo nos desenhos de Antonio Olaio**. Estúdio, n. 22, p. 130-140, 2018.

SORBY, S. A. **Developing 3-D spatial visualization skills**. Engineering Design Graphics Journal, v.63, n.2, p.21-32, 1999.

TAMASHIRO, Heverson Akira. **Desenho técnico arquitetônico: constatação do atual ensino nas escolas brasileiras de arquitetura e urbanismo**. 2003. 261 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

VANDENBERG, Steven G.; KUSE, Allan R. **Mental rotations, a group test of three-dimensional spatial visualization**. Perceptual and motor skills, v. 47, n. 2, p. 599-604, 1978.

VELASCO, Angela Dias. **Avaliação da aptidão espacial em estudantes de engenharia como instrumento de diagnóstico do desempenho em desenho técnico**. 2002. 171 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

WILEY, Scott E. **Advocating the development of visual perception as a dominant goal of technical graphics curricula**. The Engineering Design Graphics Journal, v. 53, n.1, p.1-12, 1989.

WILEY, Scott E. **An hierarchy of visual learning**. The Engineering Design Graphics Journal, v. 54, n.3, p.30-35, 1990a.

WILEY, Scott E. **Computer graphics and the development of visual perception in engineering graphics curricula**. The Engineering Design Graphics Journal, v. 54, n.2, p.39-43, 1990b.

YILMAZ, Rabia M., BAYDAS, Ozlem, KARAKUS, Turkan, GOKTAS, Yuksel. **An examination of interactions in a three-dimensional virtual world**. Computers & Education, v. 88, p. 256-267, 2015.

APÊNDICES

ATIVIDADE PEDAGÓGICA DE WILEY

MATERIAL DE ORIENTAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DA ATIVIDADE

METODOLOGIA DE ENSINO DO DESENHO TÉCNICO - SCOTT WILEY

OS OBJETOS REAIS E OS MODELOS DIGITAIS NO INÍCIO DA SEQUÊNCIA DO APRENDIZADO PROPORCIONA AOS ALUNOS MAIOR FACILIDADE DE COMPREENSÃO.

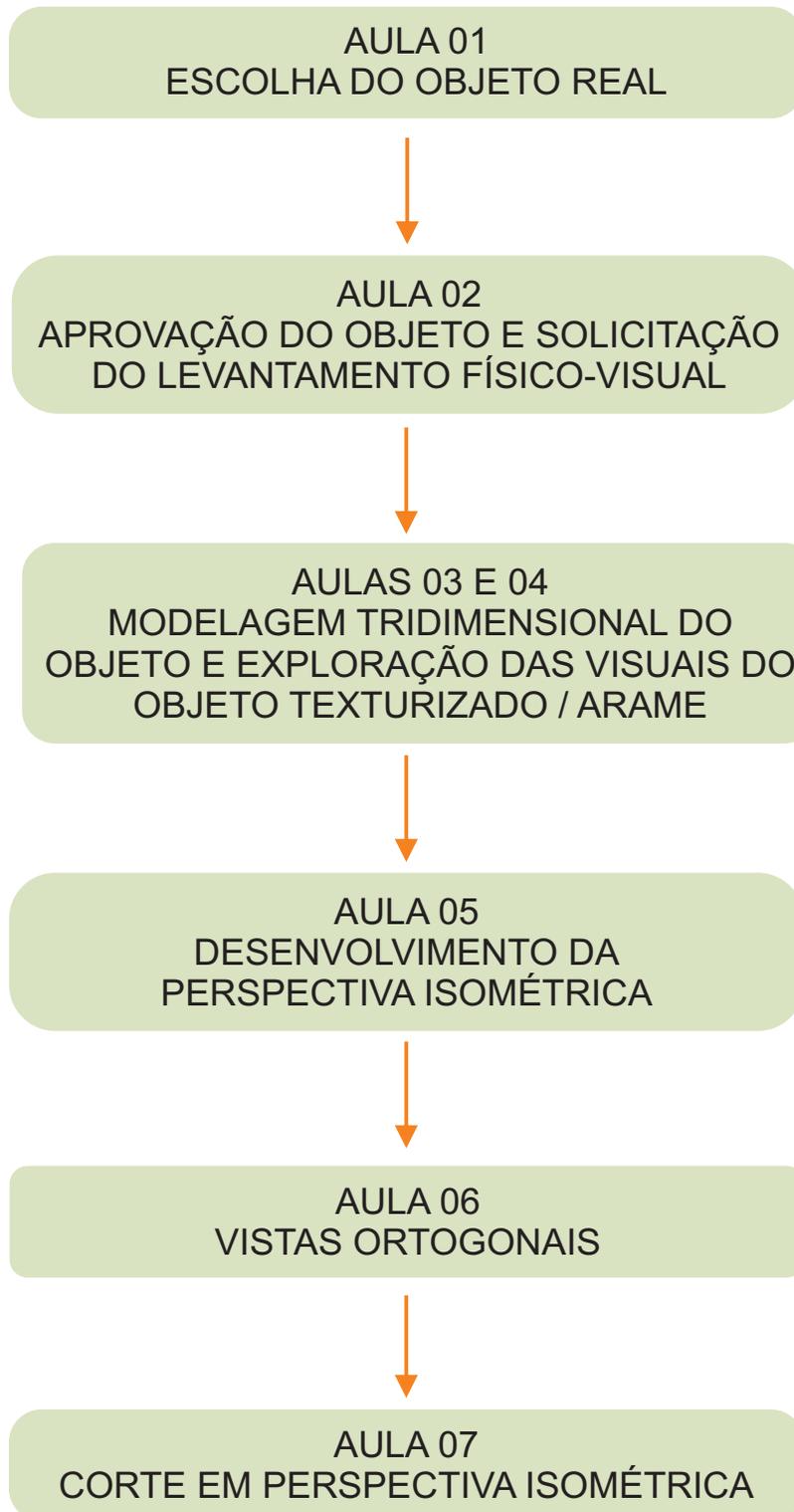
OS ALUNOS CONTROLAM O RITMO DO SEU APRENDIZADO;

A COMPUTAÇÃO GRÁFICA PROPORCIONA TOTAL INTERAÇÃO COM O MODELO ESTUDADO ATRAVÉS DE SEU FORTE APELO VISUAL:

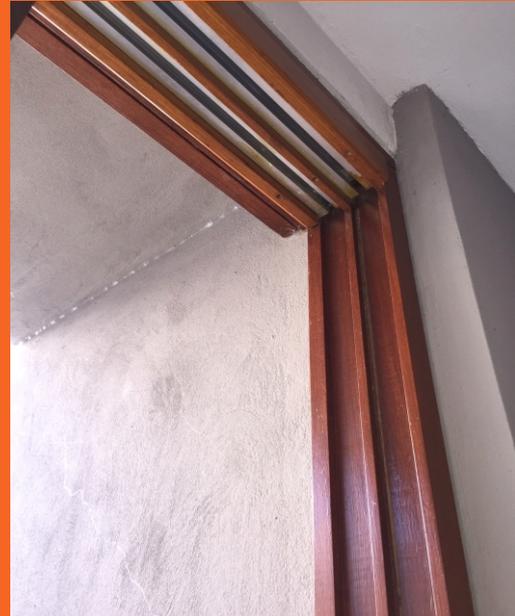
- MÚLTIPLAS CORES E TEXTURAS;
- VISTAS REALISTAS.



FLUXOGRAMA DA ATIVIDADE



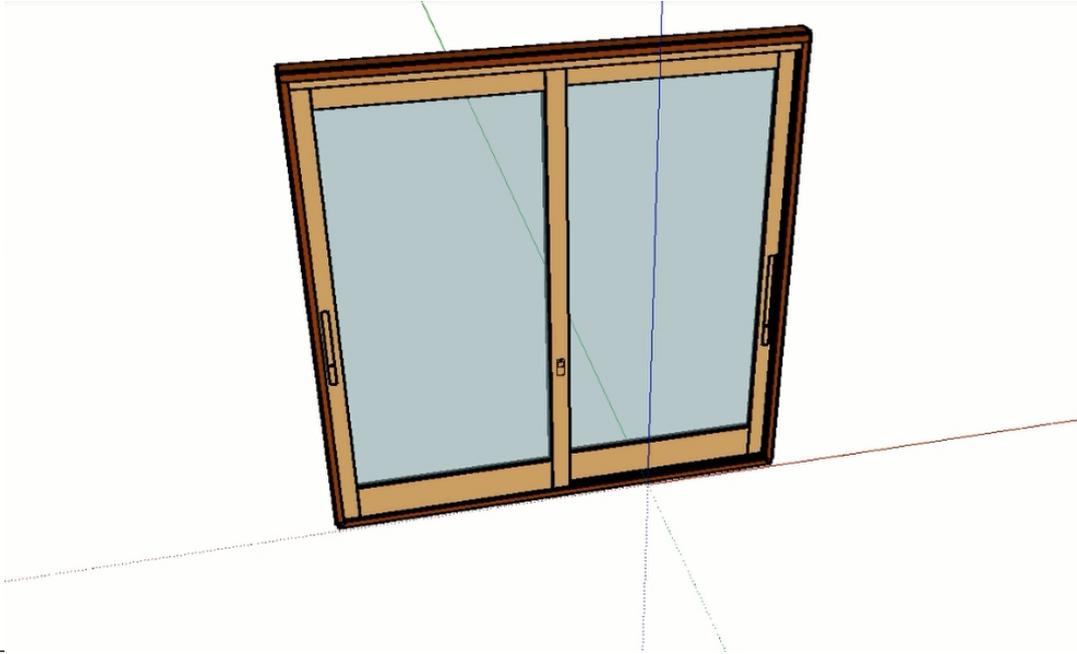
**OBJETO REAL:
LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO**



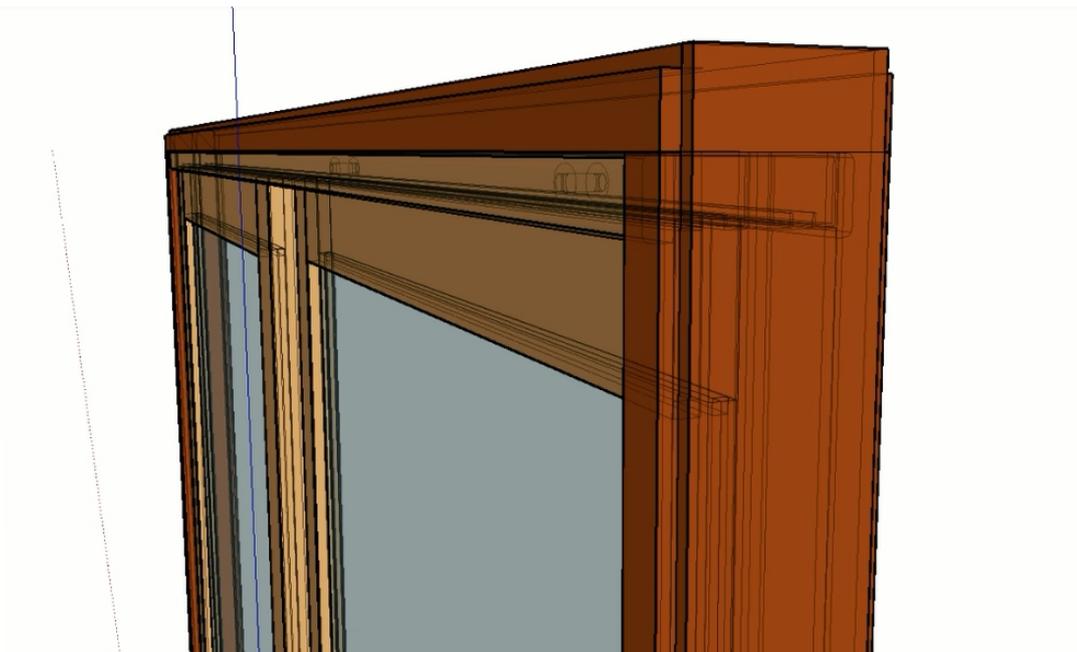
**OBJETO REAL:
LEVANTAMENTO DAS DIMENSÕES**



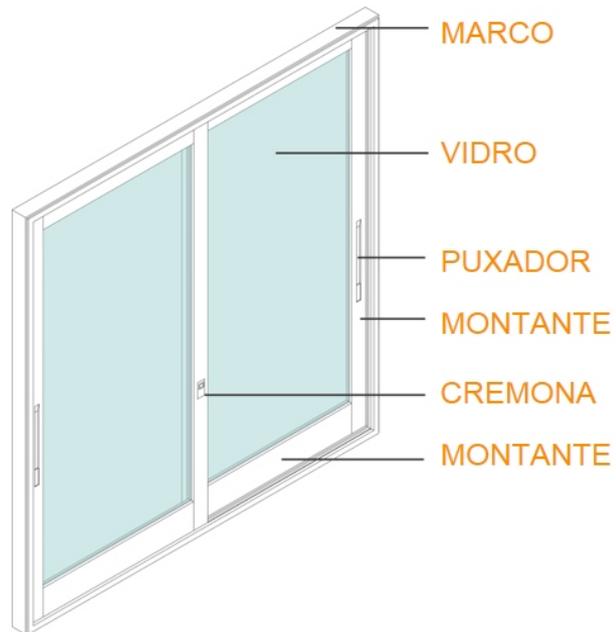
MODELAGEM 3D - EXPLORAÇÃO DAS VISUAIS DO OBJETO TEXTURIZADO



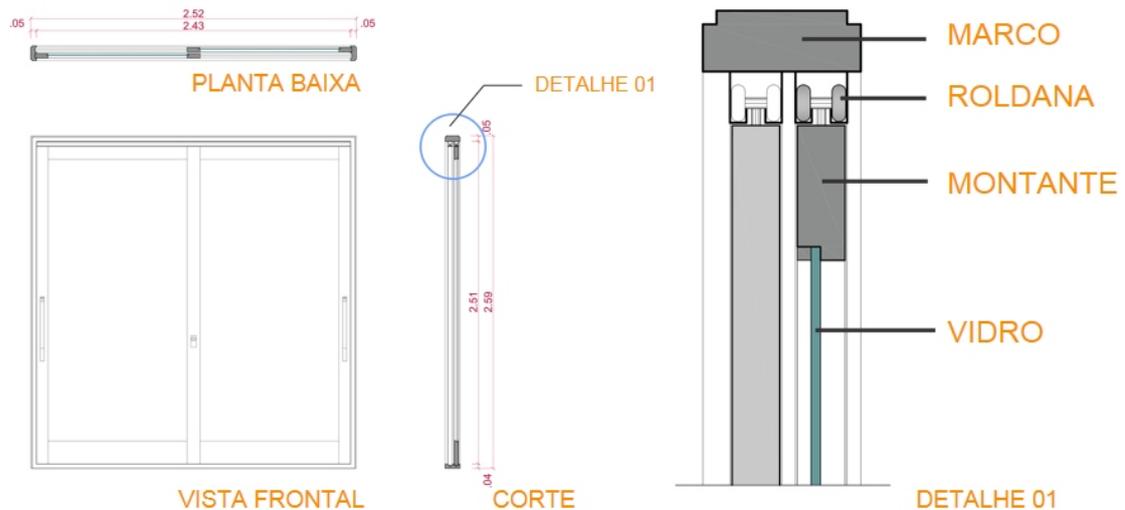
MODELAGEM 3D - EXPLORAÇÃO DAS VISUAIS DO OBJETO EM ARAME



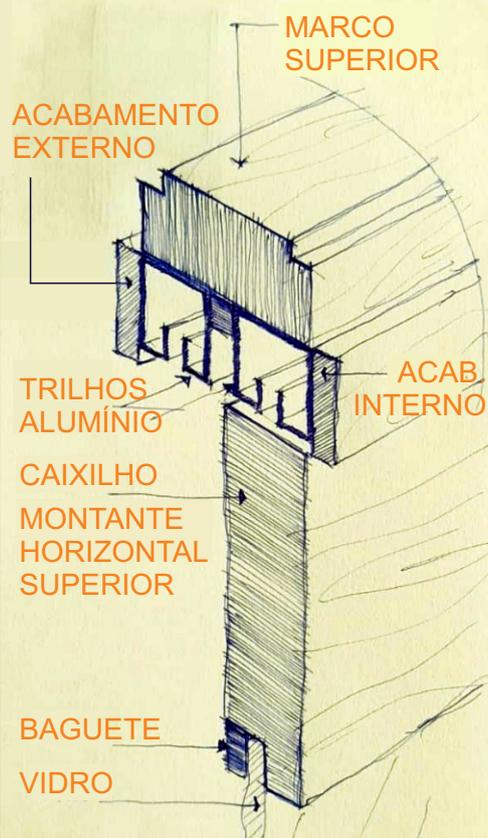
DESENVOLVIMENTO DA PERSPECTIVA ISOMÉTRICA



VISTAS ORTOGONAIS



**CORTE EM
PERSPECTIVA
ISOMÉTRICA**



APÊNDICE B - MRT

TESTE DE ROTAÇÃO MENTAL

*Obrigatório

1. Endereço de e-mail *

2. MATRÍCULA *

3. DATA *

Exemplo: 7 de janeiro de 2019

4. Qual seu curso de graduação? *

Marcar apenas uma oval.

Arquitetura e Urbanismo

Engenharia Civil

5. Qual a importância do Desenho Técnico para o seu curso de graduação? *

Marcar apenas uma oval.

Muito importante

Importante

Pouco importante

Indiferente

6. QUAL SEMESTRE ESTÁ CURSANDO *

Marcar apenas uma oval.

- 1º
- 2º
- 3º
- 4º
- 5º
- 6º
- 7º
- 8º
- 9º
- 10º

7. IDADE *

DESCRIÇÃO DO TESTE

OBJETIVO:

Estimar a habilidade de rotação mental do indivíduo analisado.

PROCEDIMENTO:

Encontrar, dentre as quatro alternativas à direita, as duas figuras que representem o objeto de referência, localizado à esquerda.

COMPOSIÇÃO DO TESTE:

Questões de 1 - 10: Tempo limite para execução = 10 minutos.

Questões de 11 - 20: Tempo limite para execução = 10 minutos.

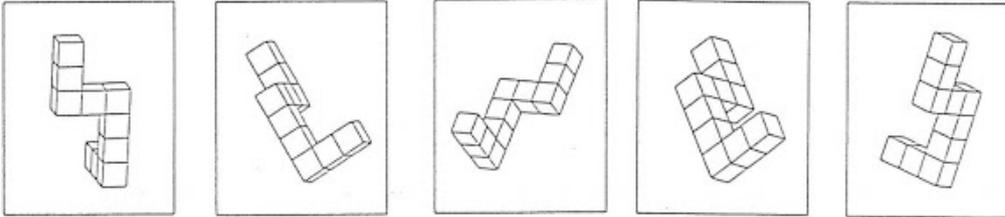
PONTUAÇÃO:

Será considerado 1 ponto para cada uma das duas alternativas corretas marcadas. Se qualquer alternativa incorreta for marcada, a questão será zerada.

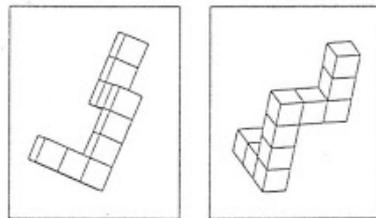
EXEMPLOS

Desenhos em AUTOCAD de Vanderberg & Kuse (1978). Michael Peters, PhD, Dept. Psychology, University of Guelph, Guelph, ON, Canada N1G 2W1

Veja estas cinco figuras.



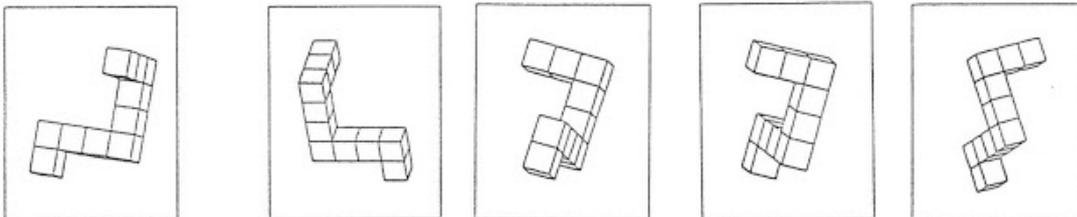
Note que estas são todas as imagens do mesmo objeto, mostradas de ângulos diferentes. Tente se imaginar movendo o objeto (ou a si mesmo em relação ao objeto), ao passar do desenho para o próximo.



Aqui estão dois desenhos de uma nova figura diferente da mostrada nos 5 primeiros desenhos. Certifique-se de que esses dois desenhos mostrem um objeto diferente e não possa ser girado para ser idêntico ao objeto mostrado nos cinco primeiros desenhos.

Agora olhe para este objeto:

Dois desses quatro desenhos mostram o mesmo objeto. Você pode encontrar esses dois? Coloque X no canto inferior direito canto.

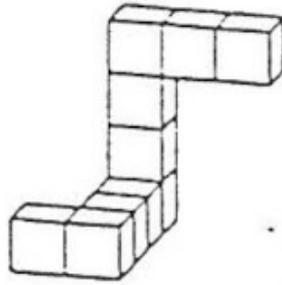


Se você marcou o primeiro e o terceiro desenhos, fez a escolha correta.

INÍCIO DO TESTE

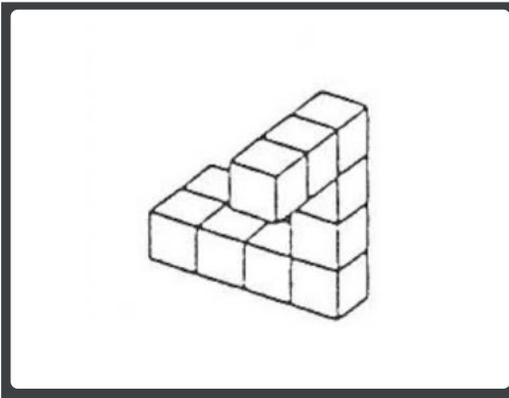
8. Questão 1

2 pontos

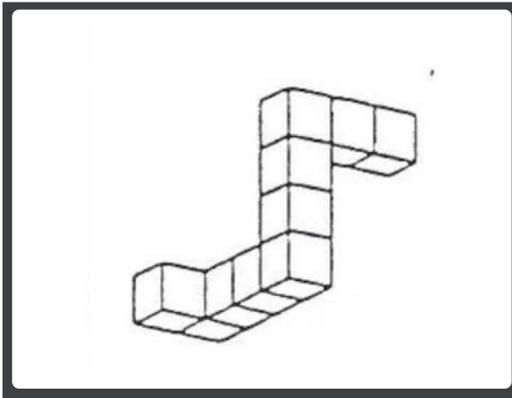


REFERÊNCIA

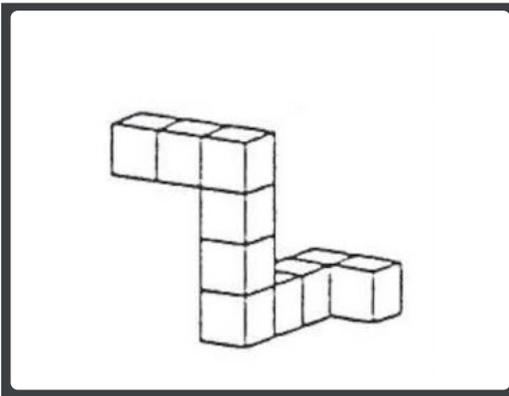
Marque todas que se aplicam.



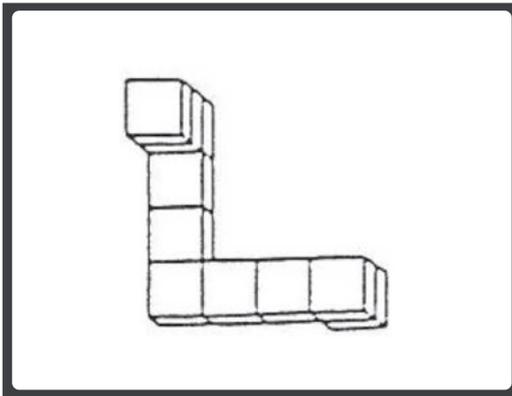
1



2



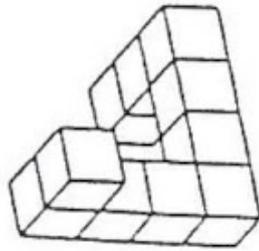
3



4

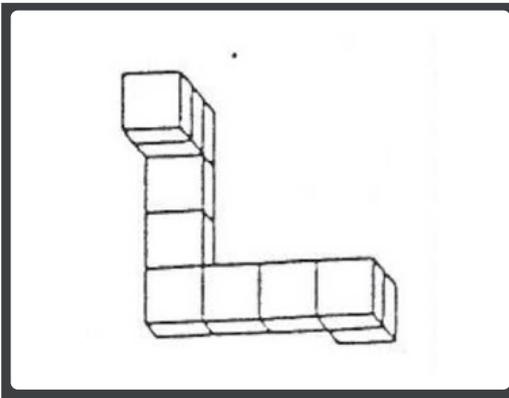
9. Questão 2

2 pontos

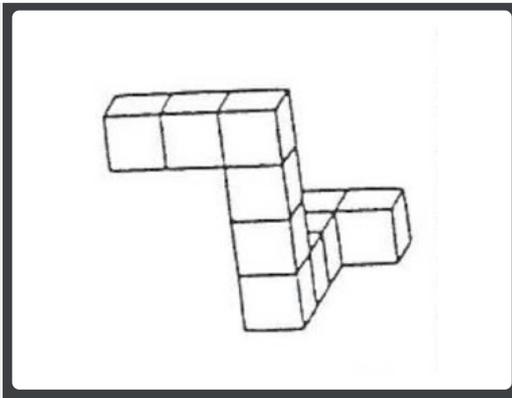


REFERÊNCIA

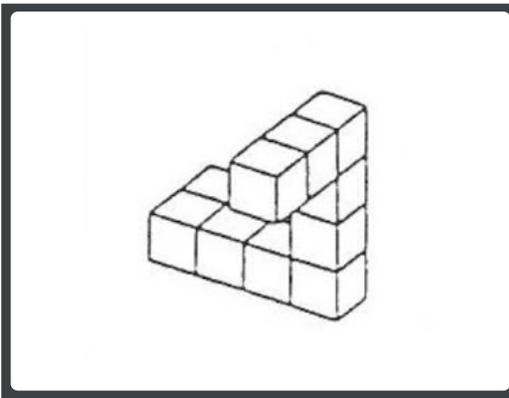
Marque todas que se aplicam.



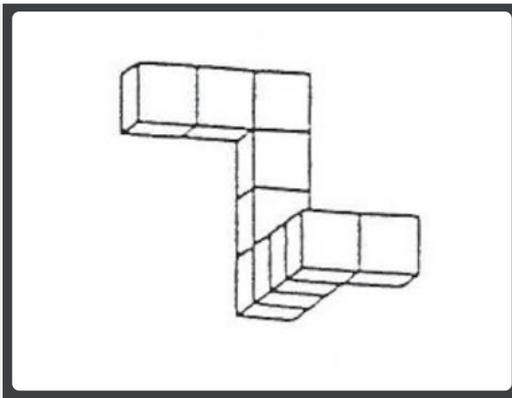
1



2



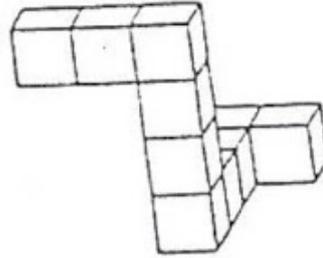
3



4

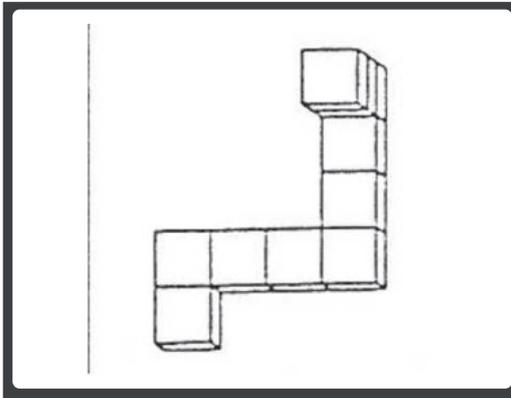
10. Questão 3

2 pontos

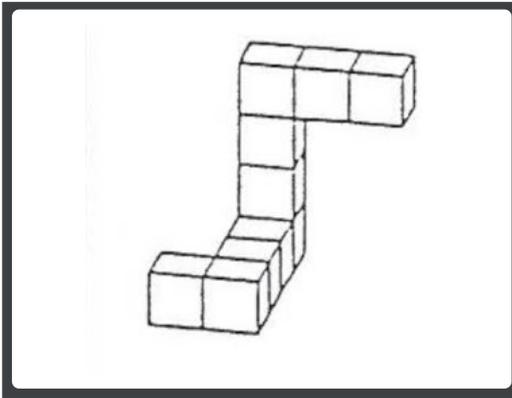


REFERÊNCIA

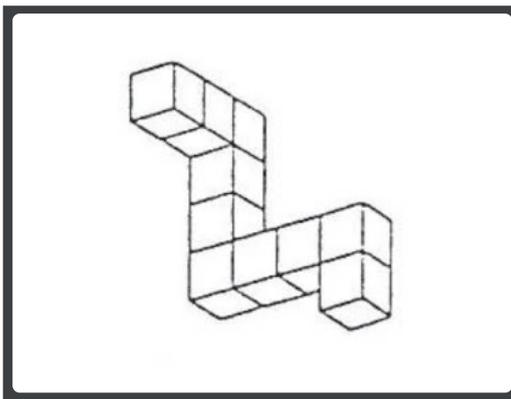
Marque todas que se aplicam.



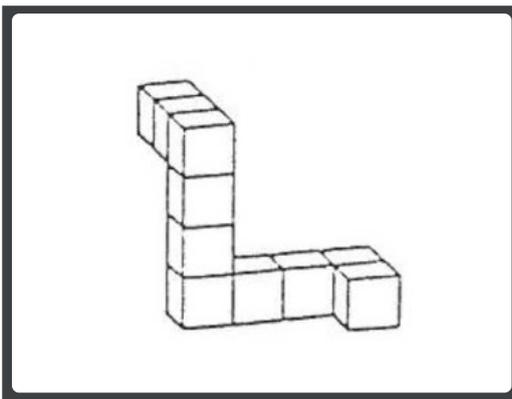
1



2



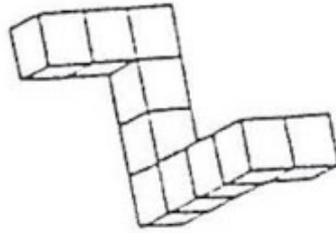
3



4

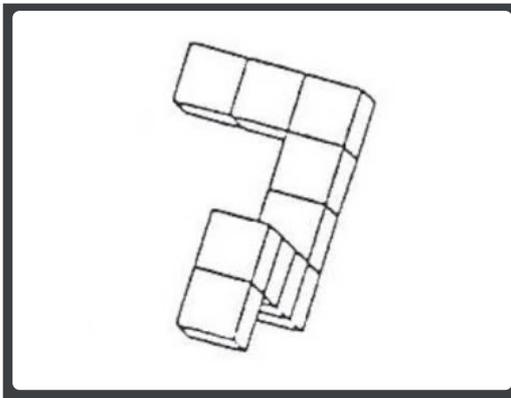
11. Questão 4

2 pontos

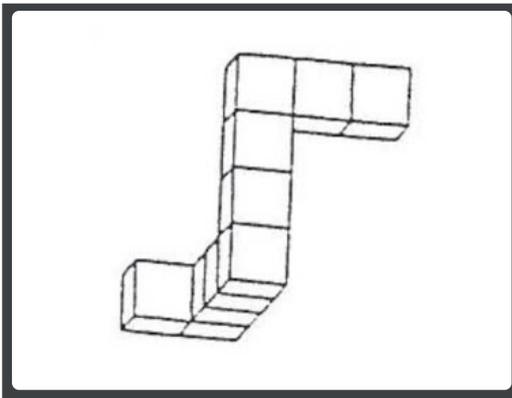


REFERÊNCIA

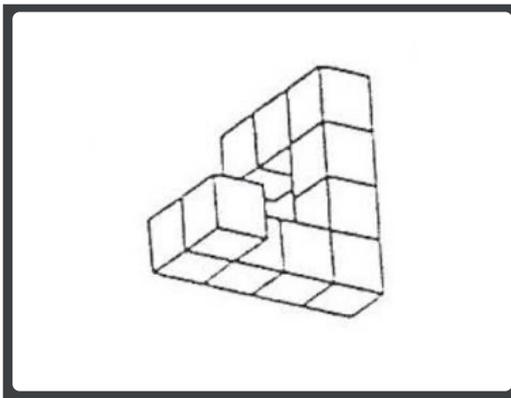
Marque todas que se aplicam.



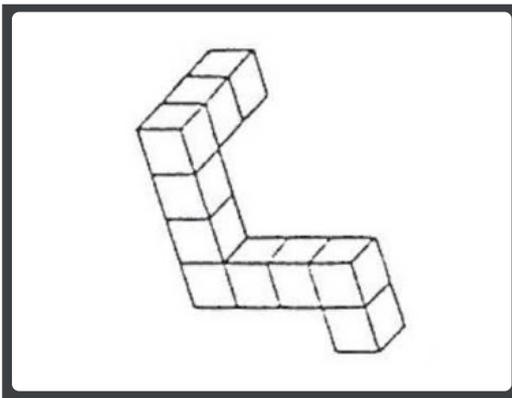
1



2



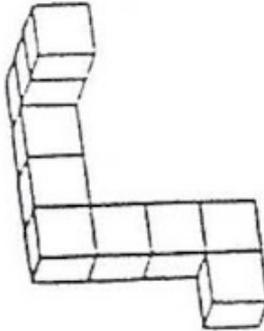
3



4

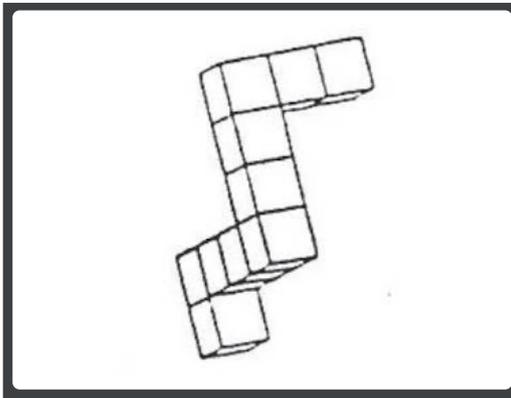
12. Questão 5

2 pontos

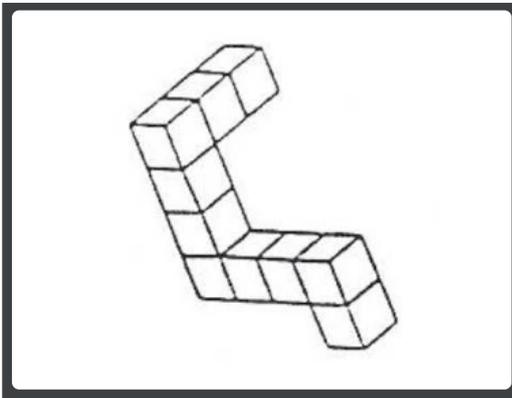


REFERÊNCIA

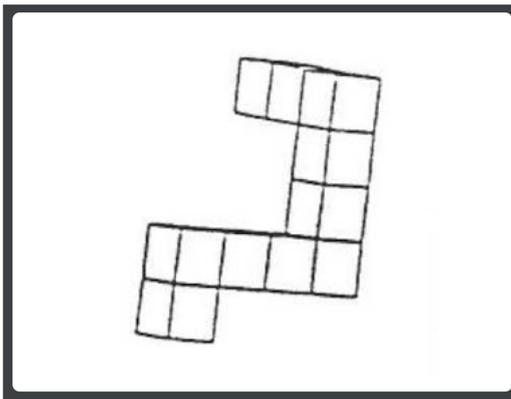
Marque todas que se aplicam.



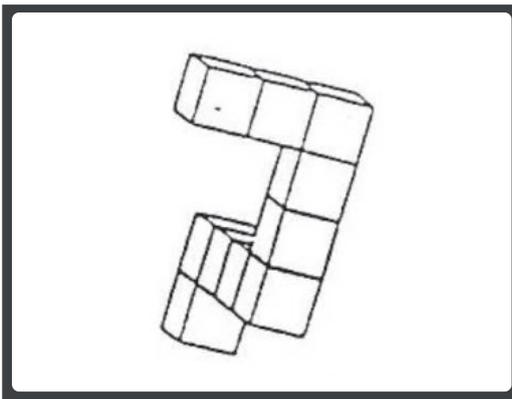
1



2



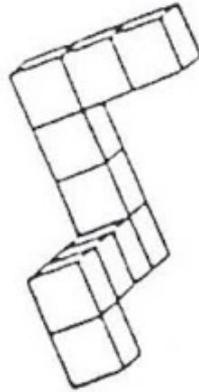
3



4

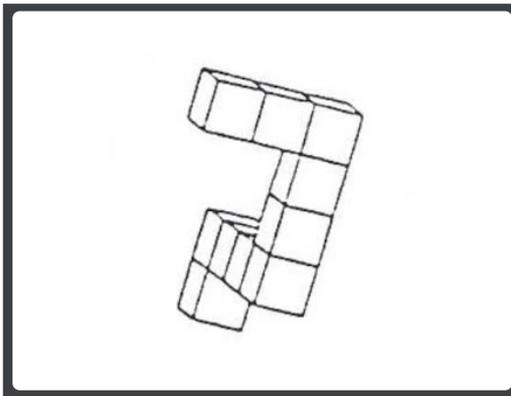
13. Questão 6

2 pontos

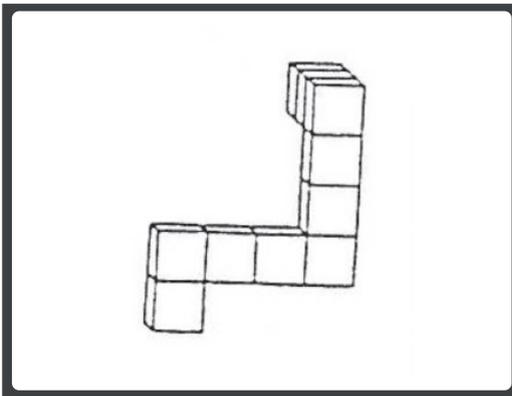


REFERÊNCIA

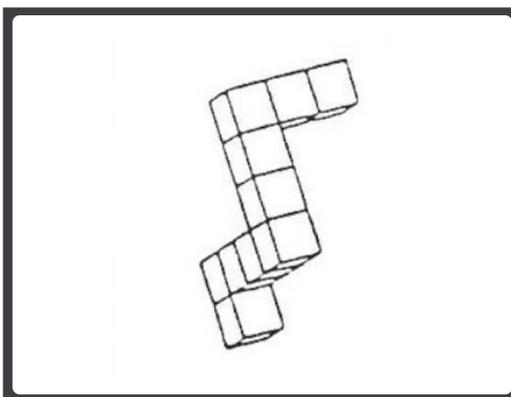
Marque todas que se aplicam.



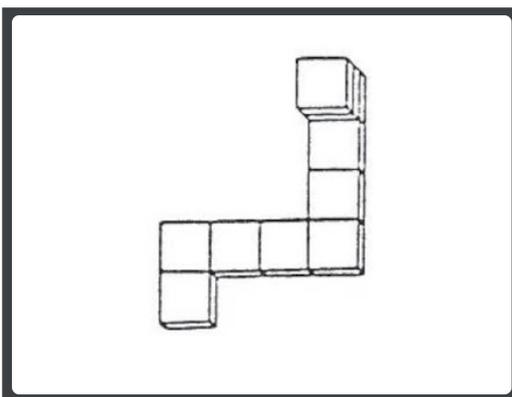
1



2



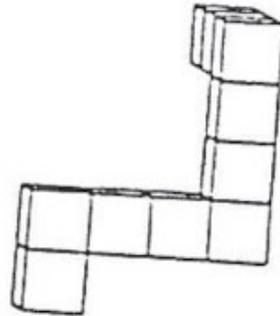
3



4

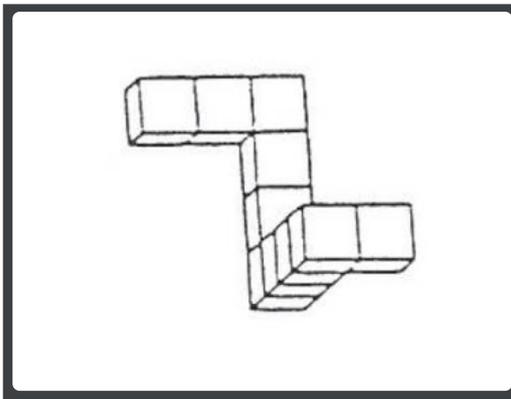
14. Questão 7

2 pontos

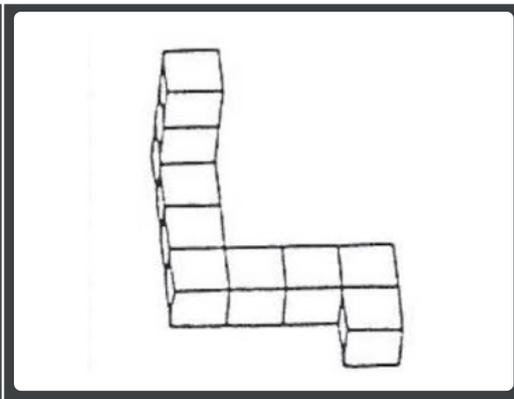


REFERÊNCIA

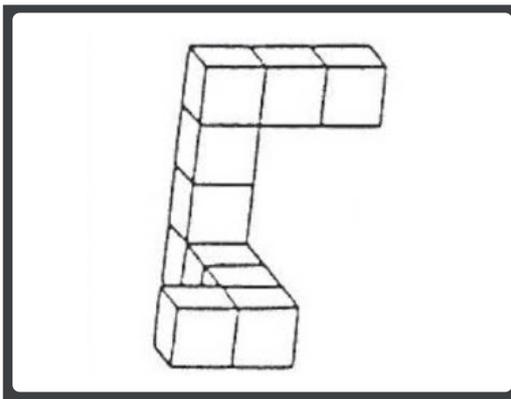
Marque todas que se aplicam.



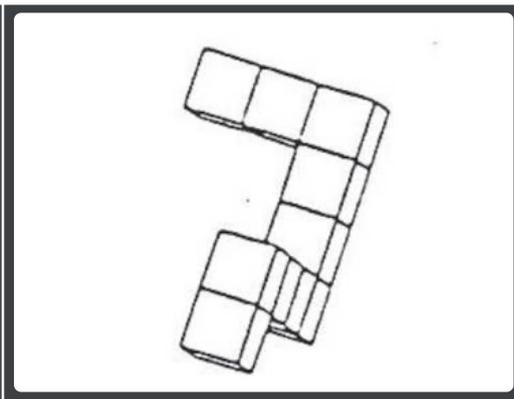
1



2



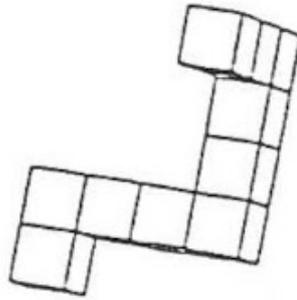
3



4

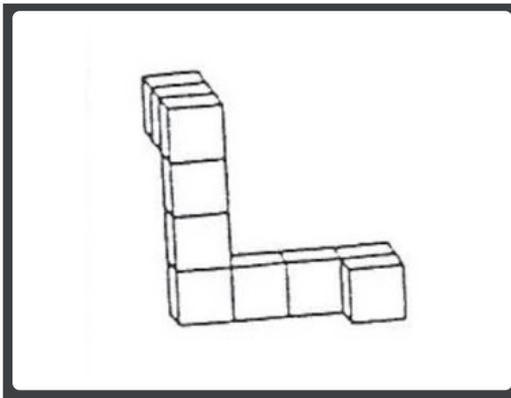
15. Questão 8

2 pontos

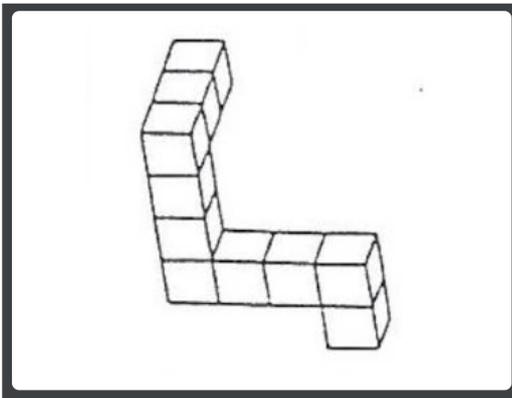


REFERÊNCIA

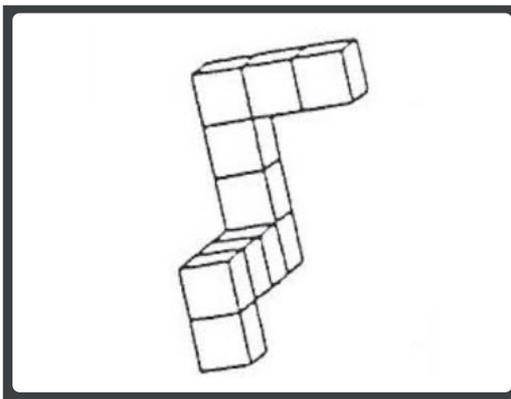
Marque todas que se aplicam.



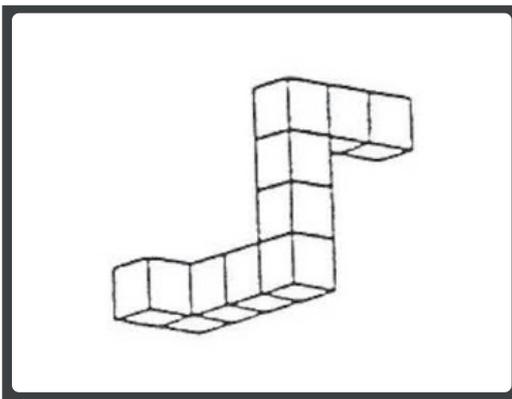
1



2



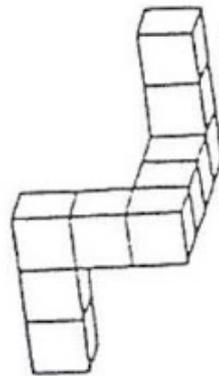
3



4

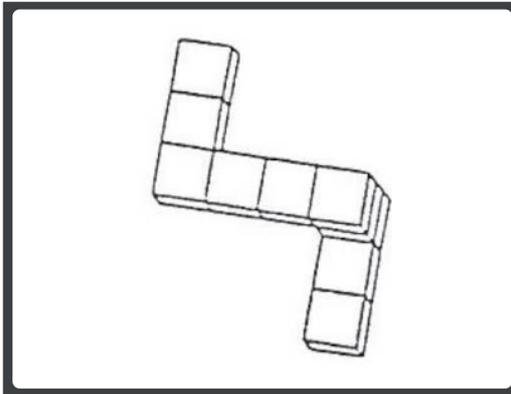
16. Questão 9

2 pontos

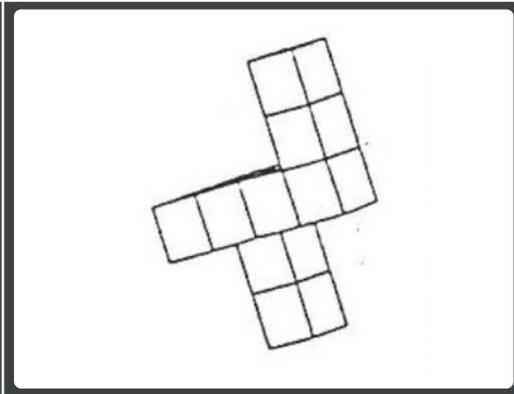


REFERÊNCIA

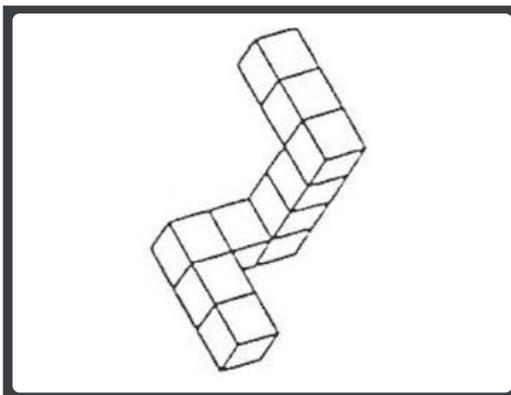
Marque todas que se aplicam.



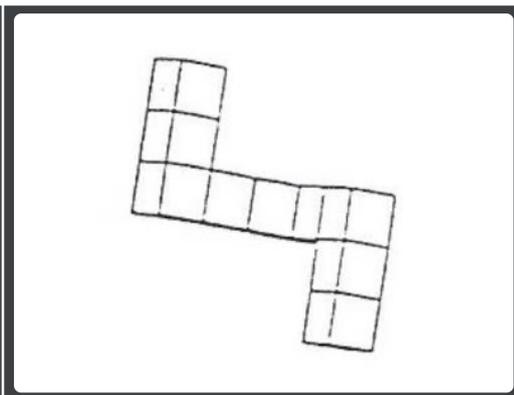
1



2



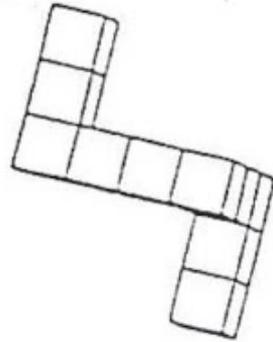
3



4

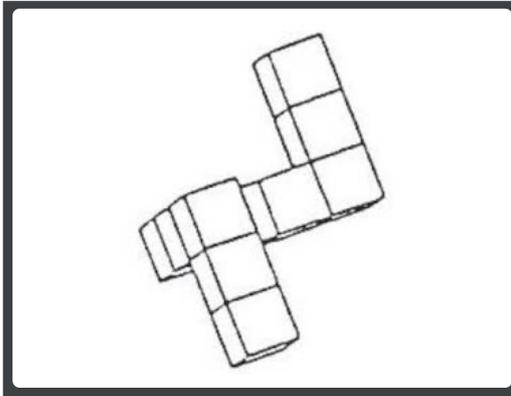
17. Questão 10

2 pontos

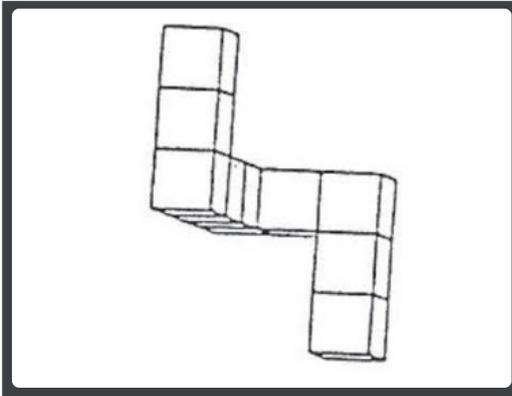


REFERÊNCIA

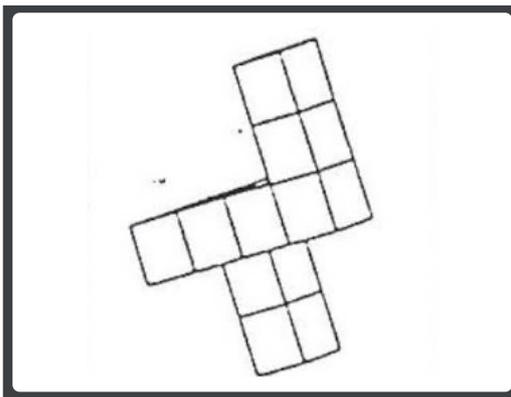
Marque todas que se aplicam.



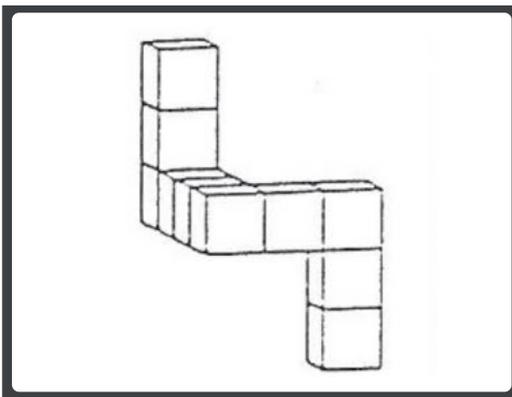
1



2



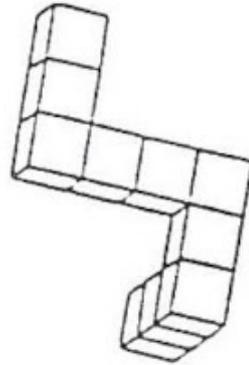
3



4

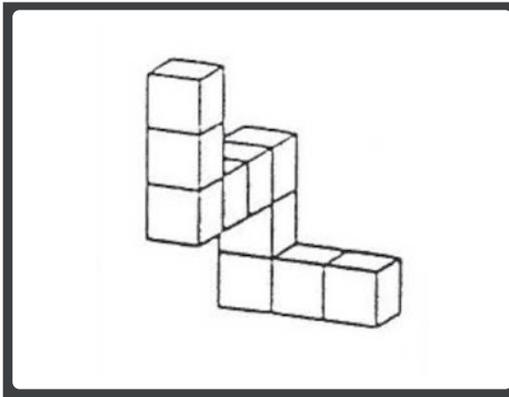
18. Questão 11

2 pontos

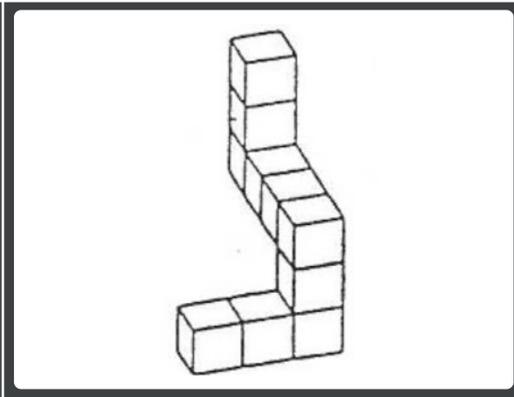


REFERÊNCIA

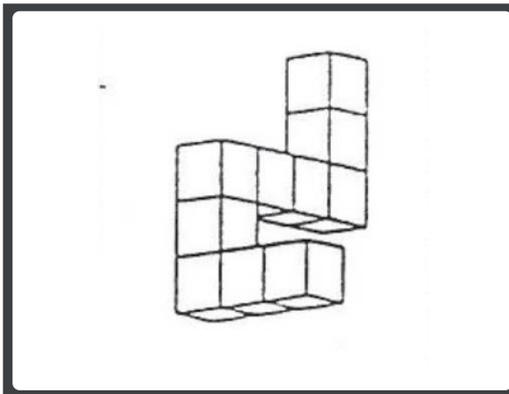
Marque todas que se aplicam.



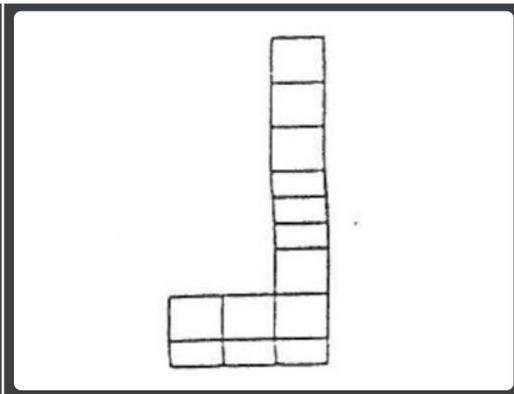
1



2



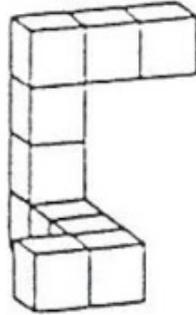
3



4

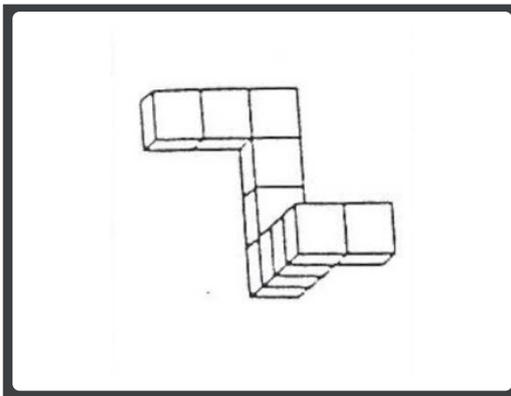
19. Questão 12

2 pontos

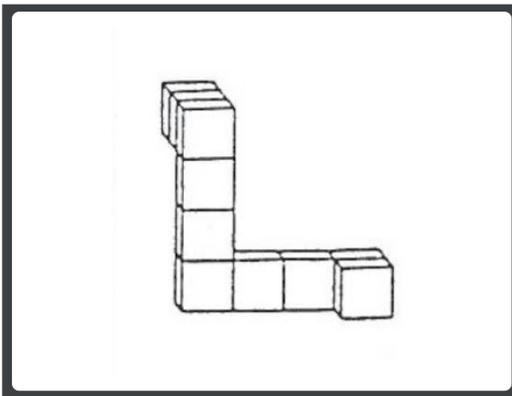


REFERÊNCIA

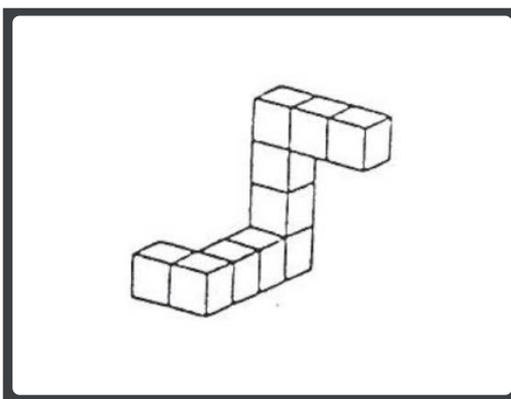
Marque todas que se aplicam.



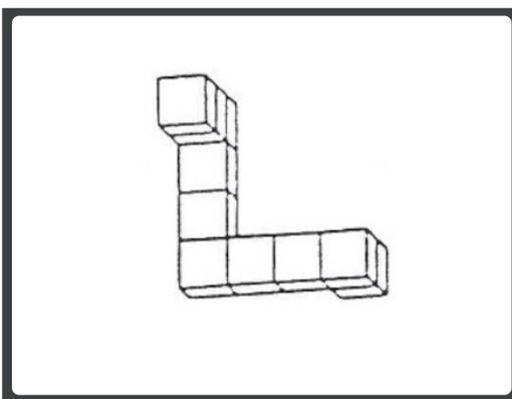
1



2



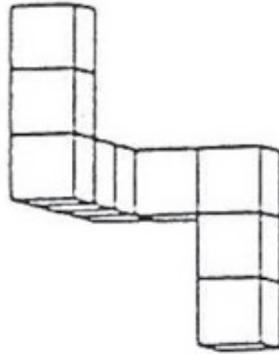
3



4

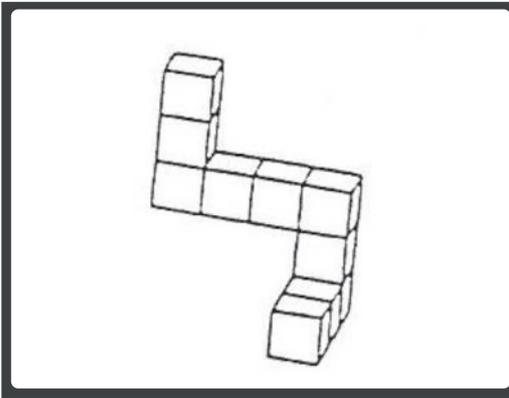
20. Questão 13

2 pontos

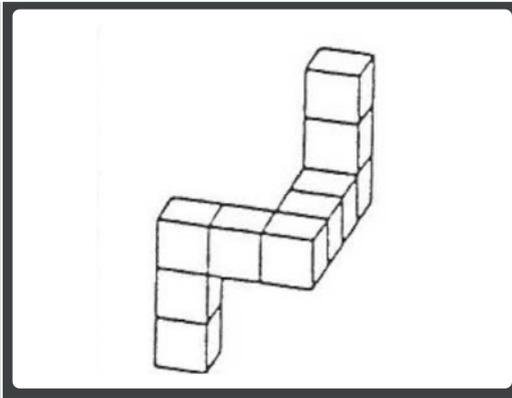


REFERÊNCIA

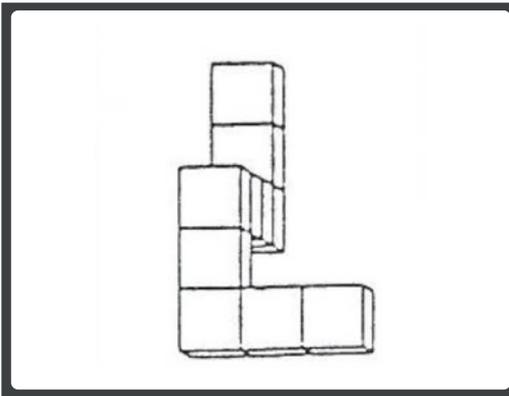
Marque todas que se aplicam.



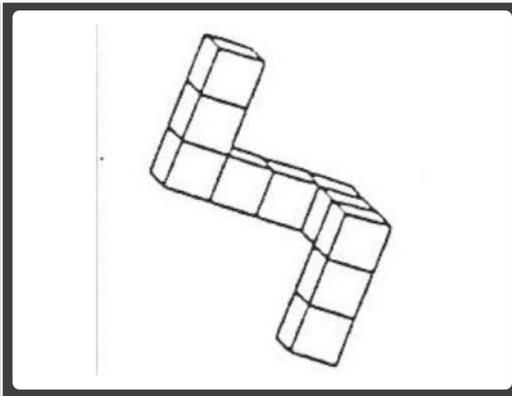
1



2



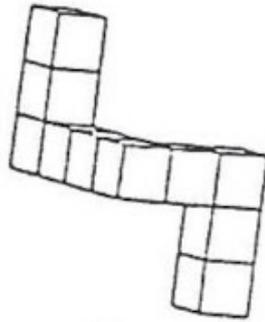
3



4

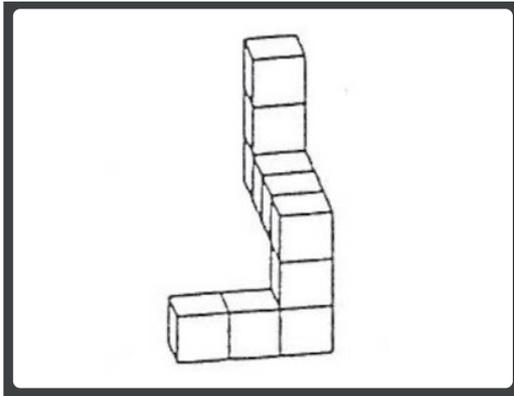
21. Questão 14

2 pontos

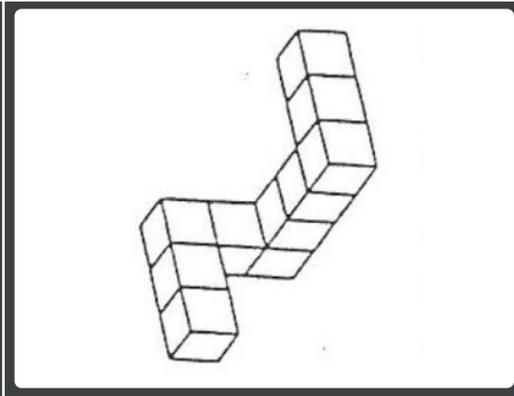


REFERÊNCIA

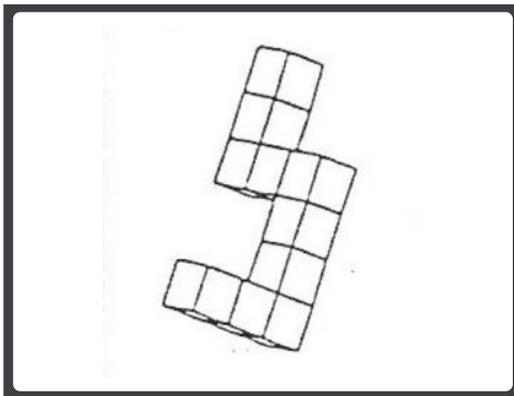
Marque todas que se aplicam.



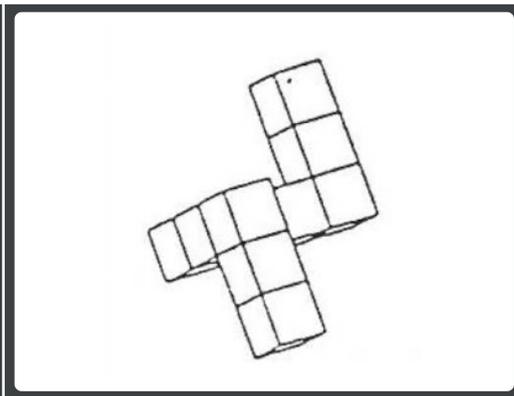
1



2



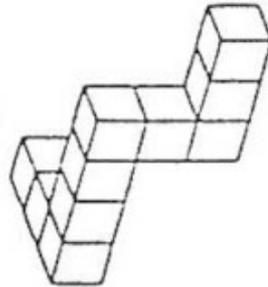
3



4

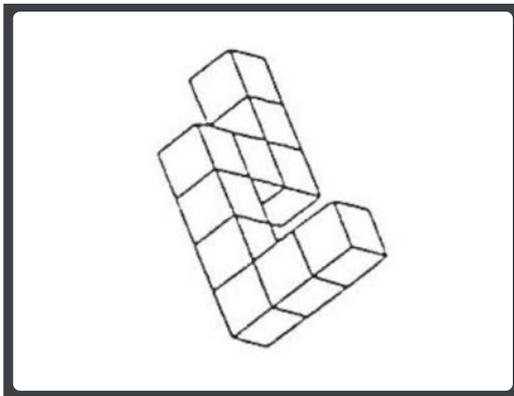
22. Questão 15

2 pontos

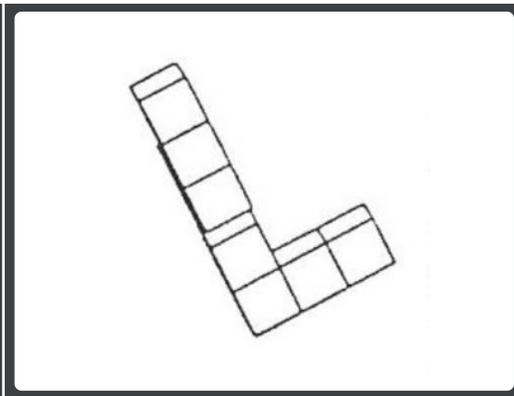


REFERÊNCIA

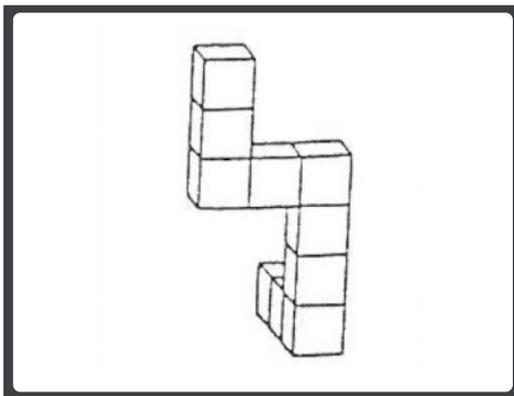
Marque todas que se aplicam.



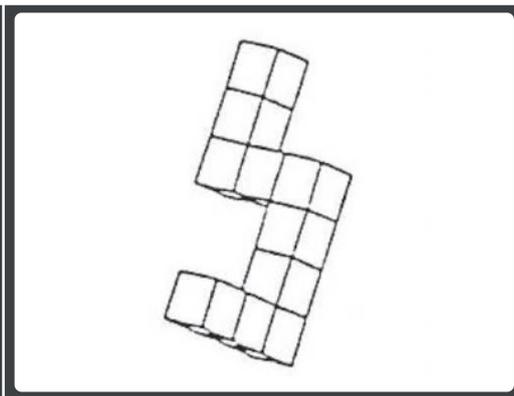
1



2



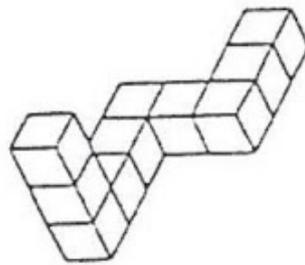
3



4

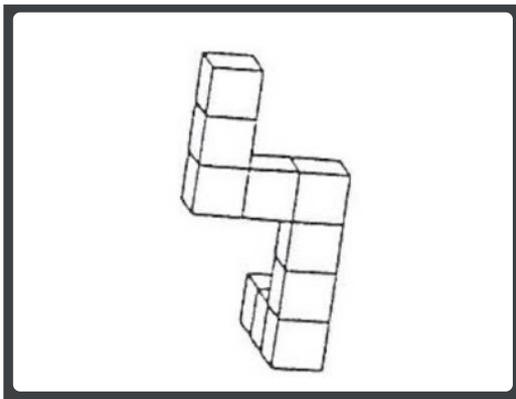
23. Questão 16

2 pontos

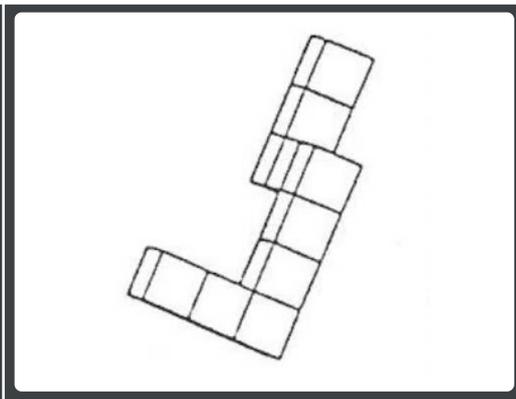


REFERÊNCIA

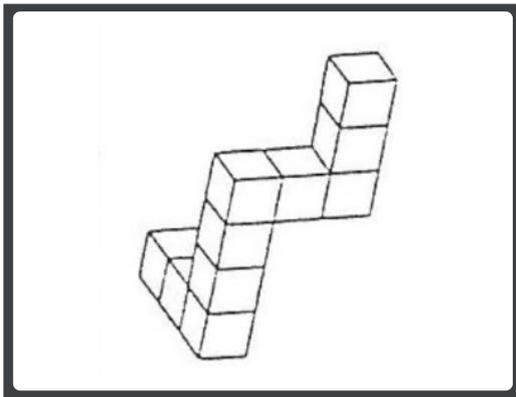
Marque todas que se aplicam.



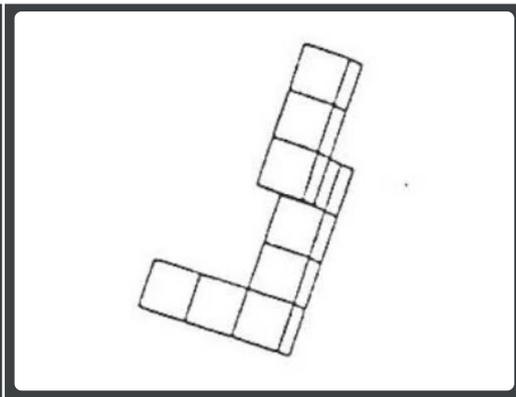
1



2



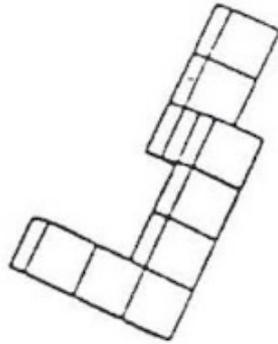
3



4

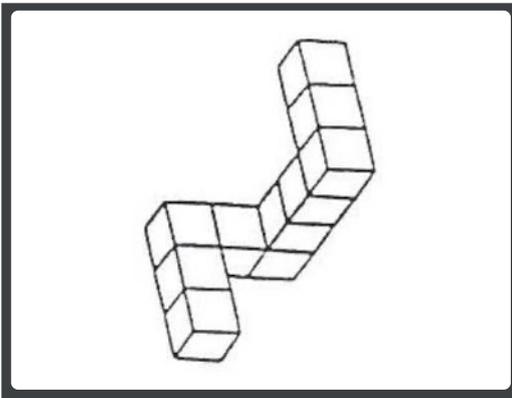
24. Questão 17

2 pontos

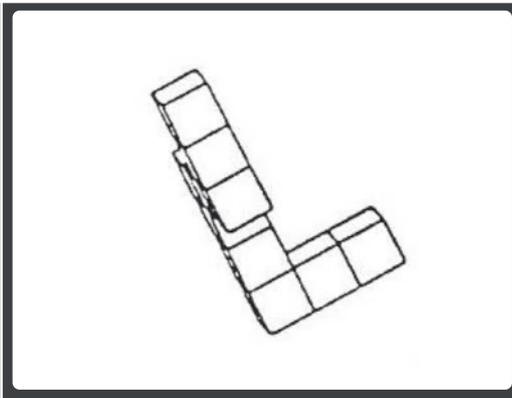


REFERÊNCIA

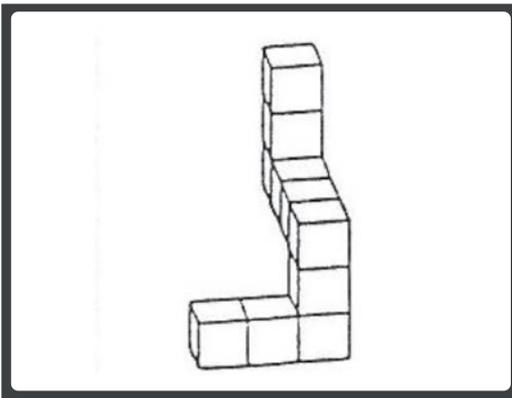
Marque todas que se aplicam.



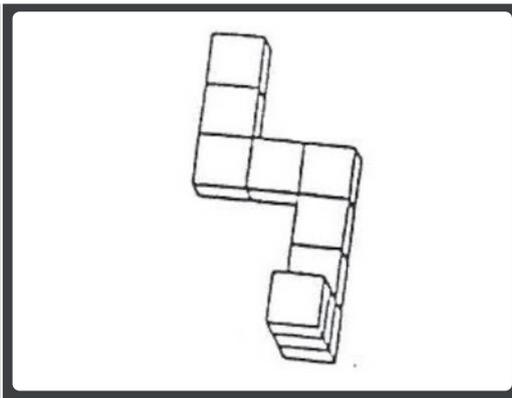
1



2



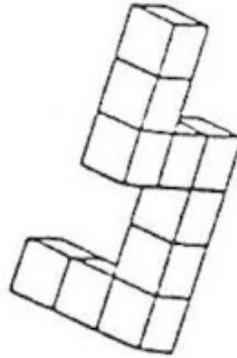
3



4

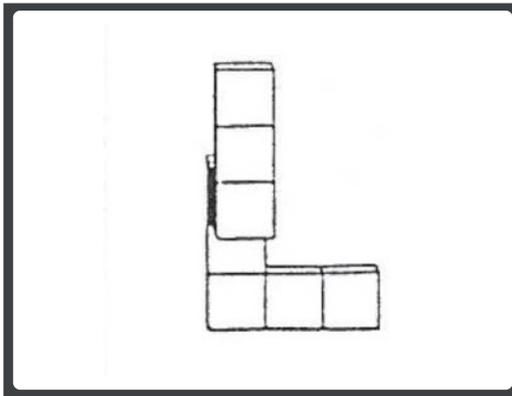
25. Questão 18

2 pontos

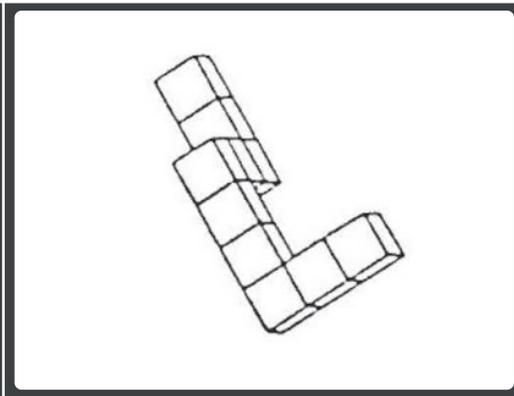


REFERÊNCIA

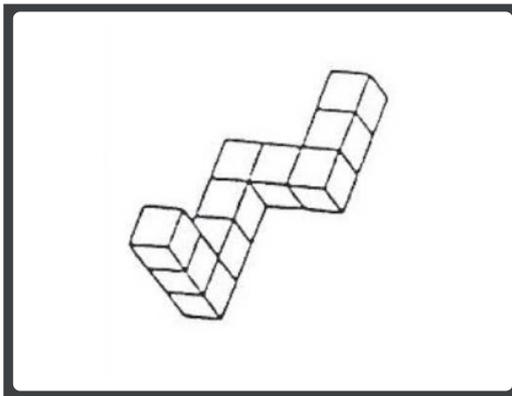
Marque todas que se aplicam.



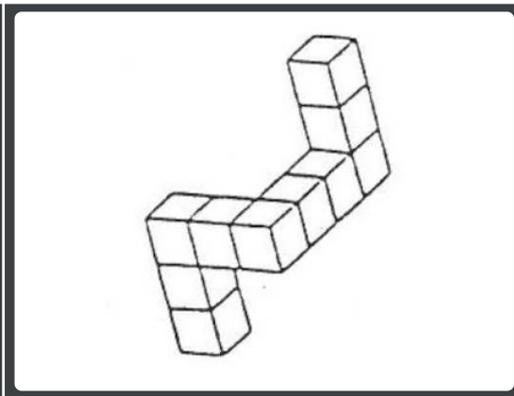
1



2



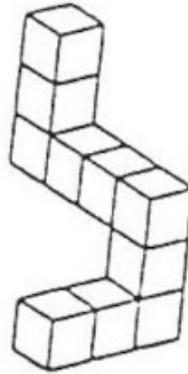
3



4

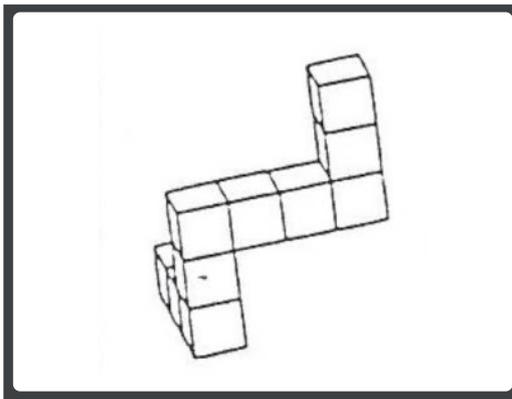
26. Questão 19

2 pontos

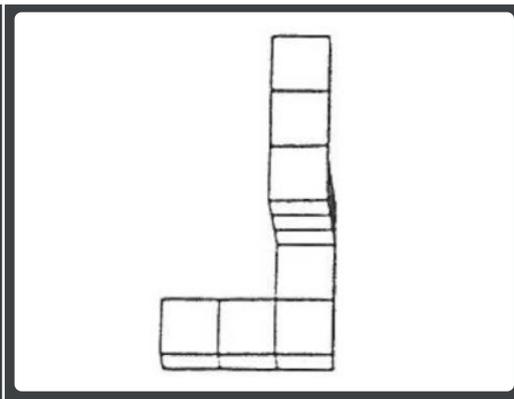


REFERÊNCIA

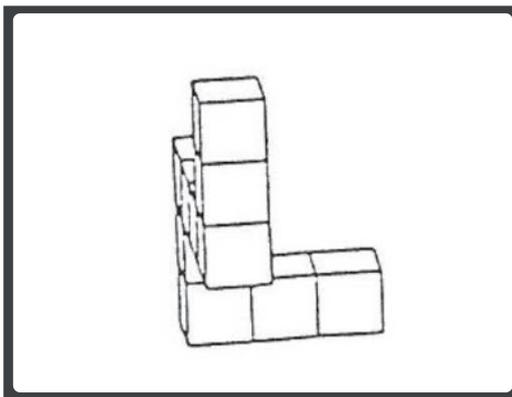
Marque todas que se aplicam.



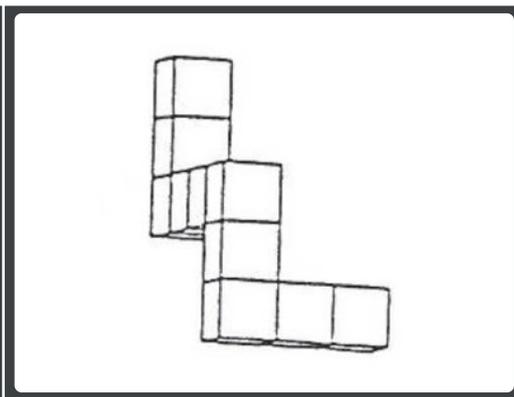
1



2



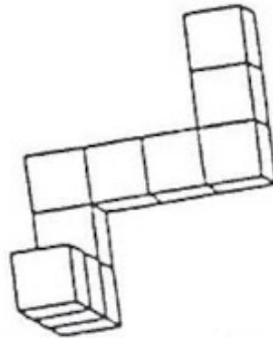
3



4

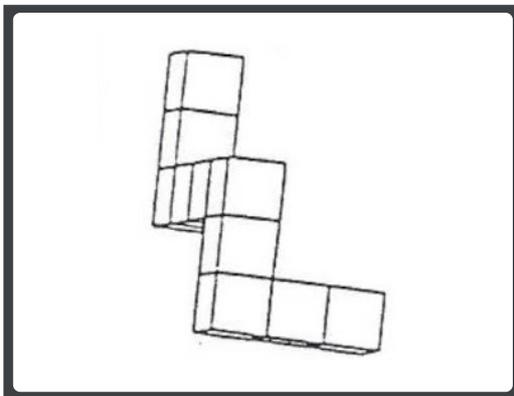
27. Questão 20

2 pontos

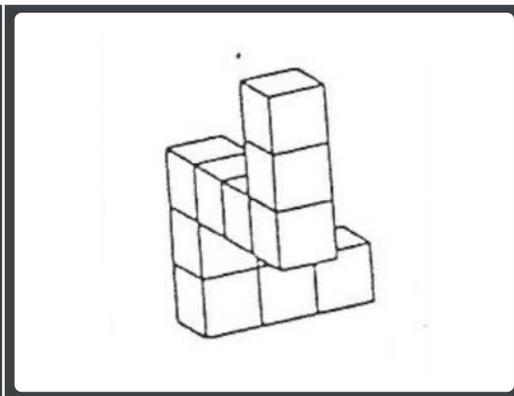


REFERÊNCIA

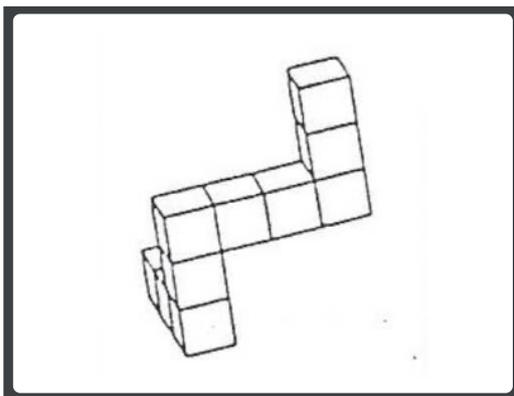
Marque todas que se aplicam.



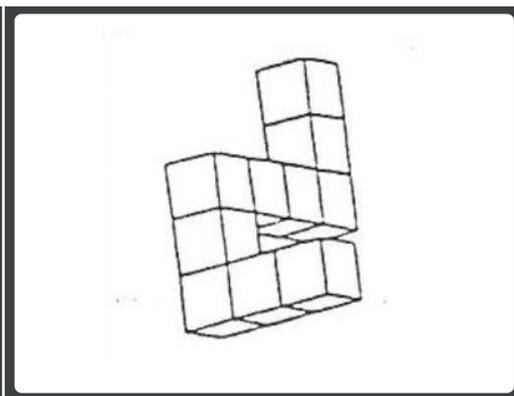
1



2



3



4

APÊNDICE C - MCT

MENTAL CUTTING TEST

*Obrigatório

1. Endereço de e-mail *

2. MATRÍCULA *

3. DATA:*

Exemplo: 7 de janeiro de 2019

4. CURSO *

5. QUAL SEMESTRE ESTÁ CURSANDO? *

Marcar apenas uma oval.

- 1º
- 2º
- 3º
- 4º
- 5º
- 6º
- 7º
- 8º
- 9º
- 10º

6. IDADE *

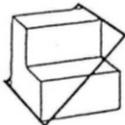
DESCRIÇÃO DO TESTE

O MCT é um subconjunto do Teste de Aptidão Especial do CEEB em Relações Espaciais. Reference: CEEB Special Aptitude Test in Spatial Relations, 1939, Developed by the College Entrance Examination Board, U.S.A.

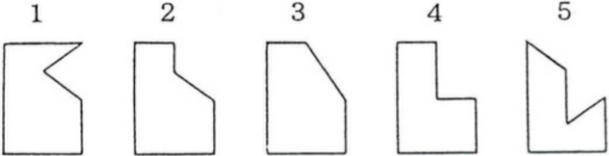
Neste teste, cada problema consiste em uma imagem de um bloco fechado e uma linha grossa que mostra onde o corte deve ser feito. A resposta é a forma da superfície resultante do corte. Veja o exemplo de problema I. Circule o número que corresponde a resposta correta.

Exemplo de questão do teste MCT

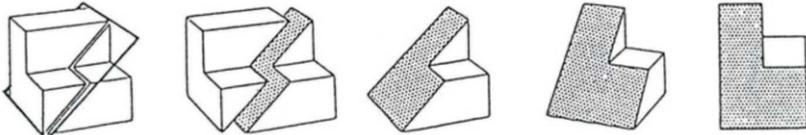
Exemplo I



1 2 3 4 5



Essas figuras mostram que o número 4 é a opção de resposta correta para o Exemplo I.

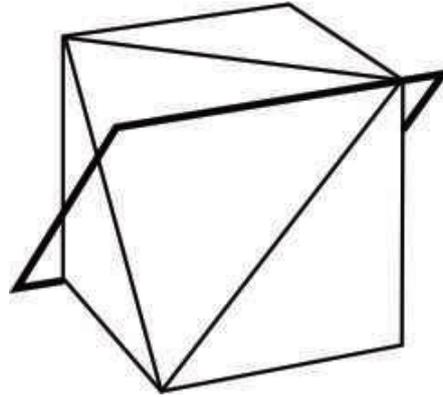


Nestas imagens, você vê o bloco cortado em dois e a parte frontal do bloco removida. Em seguida, o bloco é girado para que o lado cortado fique voltado diretamente para você. A resposta é a forma do corte mostrado sombreado apenas na última imagem.

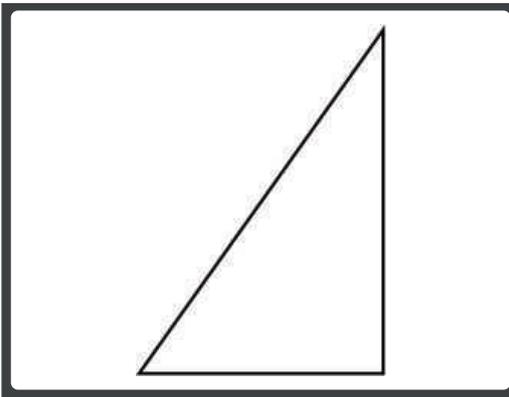
INÍCIO DO TESTE

7. Questão 1

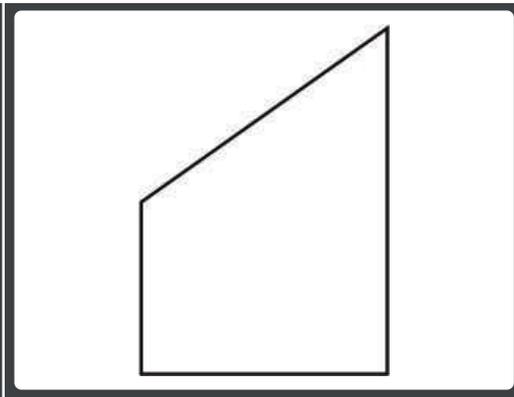
1 ponto



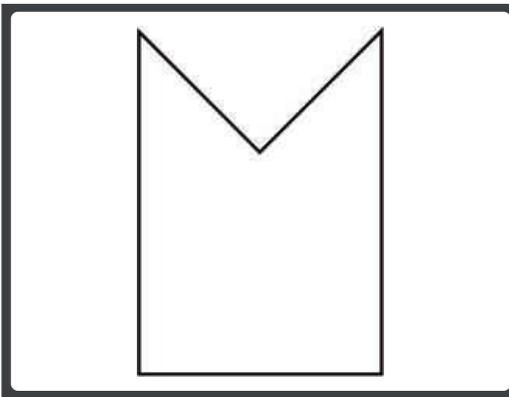
Marcar apenas uma oval.



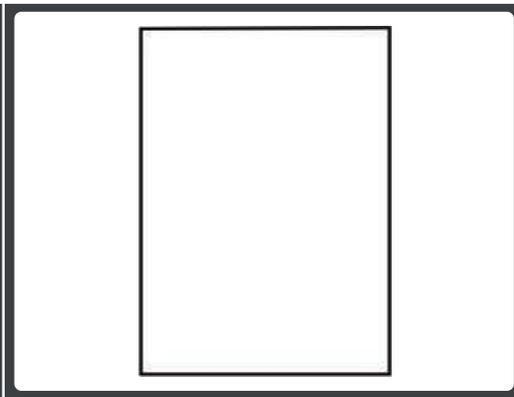
1



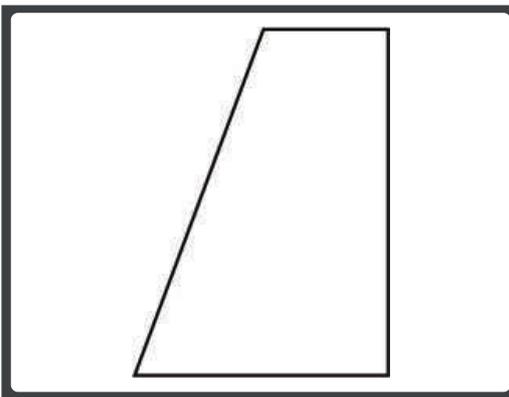
2



3



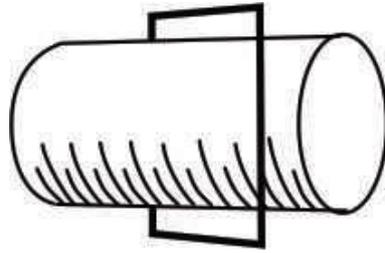
4



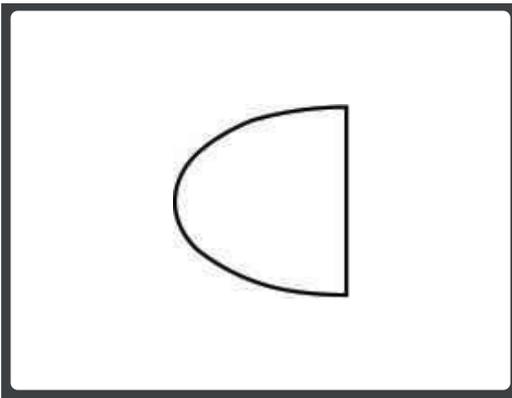
5

8. Questão 2

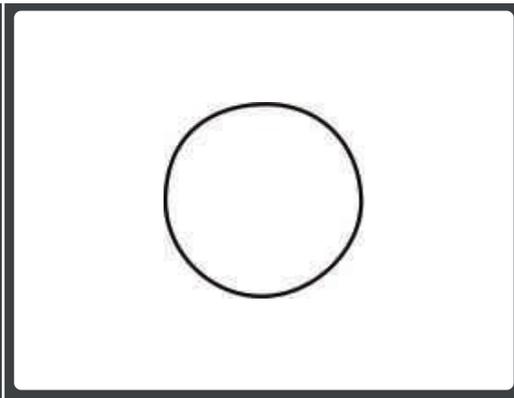
1 ponto



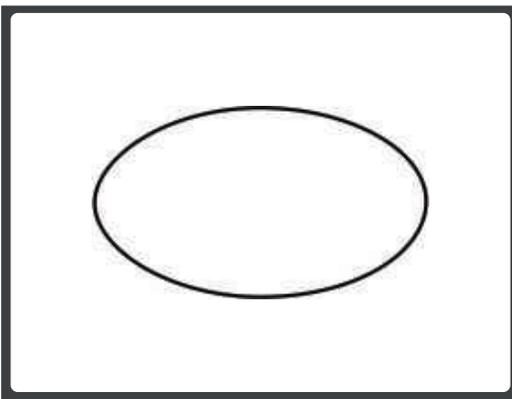
Marcar apenas uma oval.



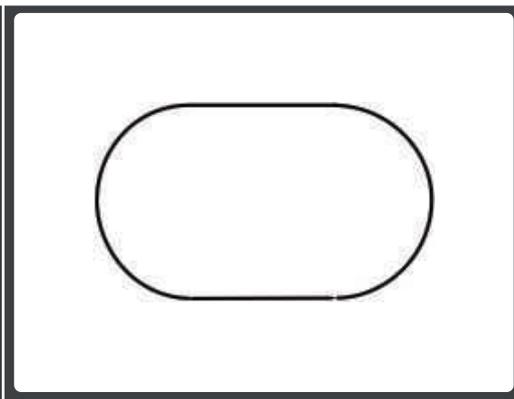
1



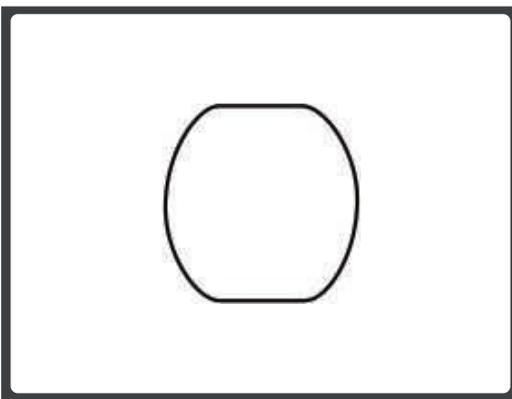
2



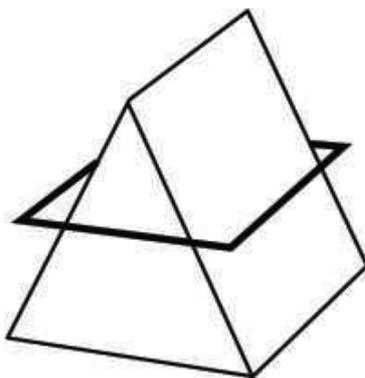
3



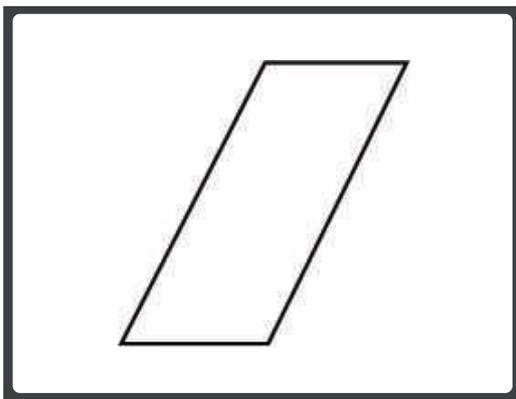
4



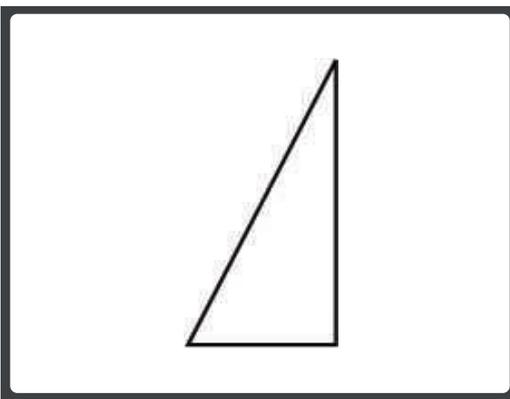
5



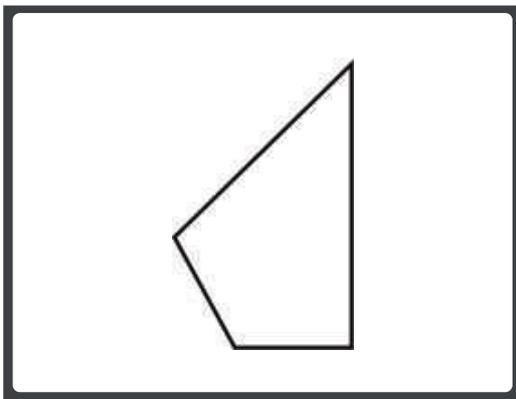
Marcar apenas uma oval.



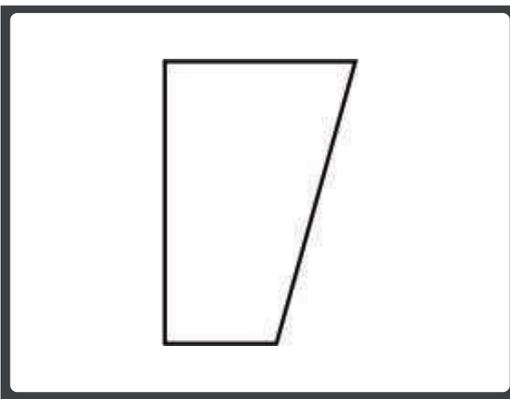
1



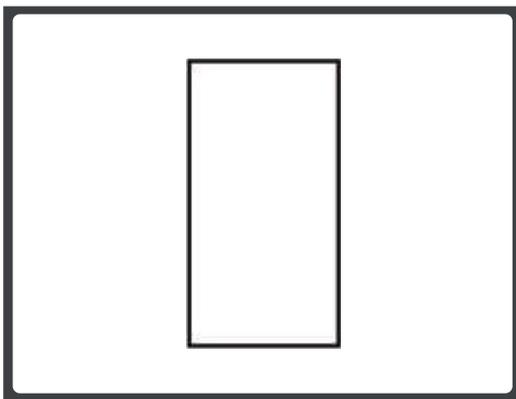
2



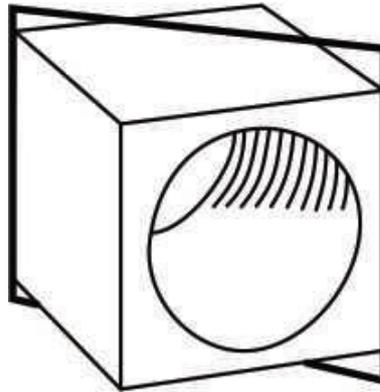
3



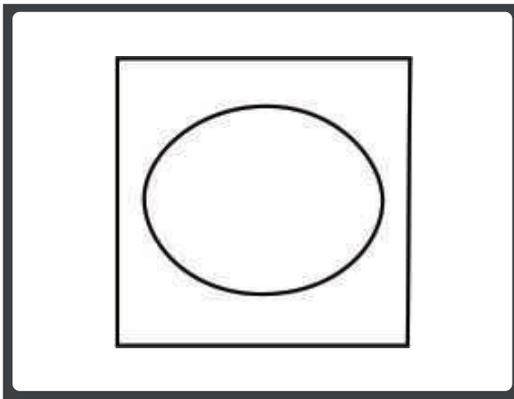
4



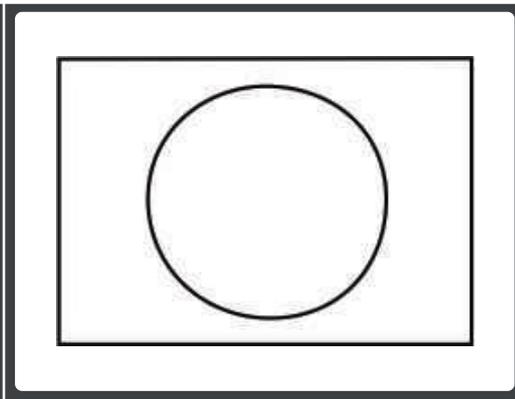
5



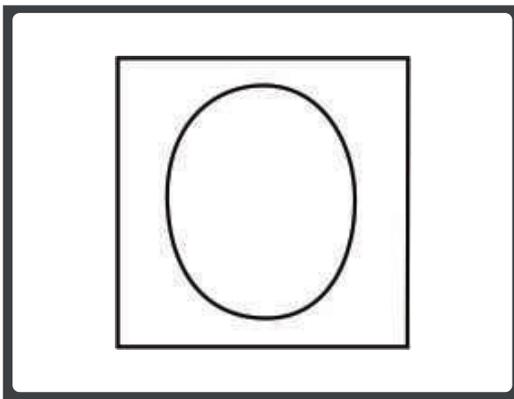
Marcar apenas uma oval.



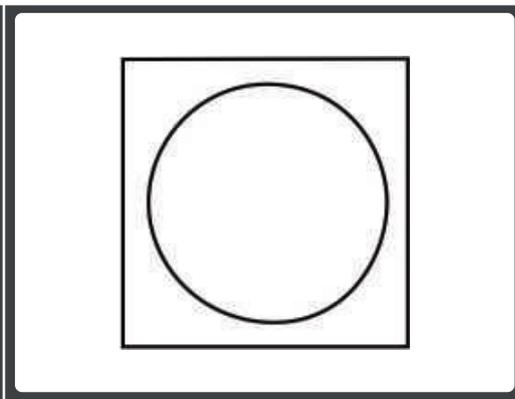
1



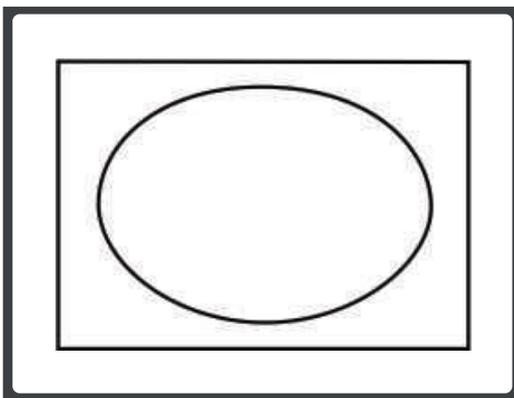
2



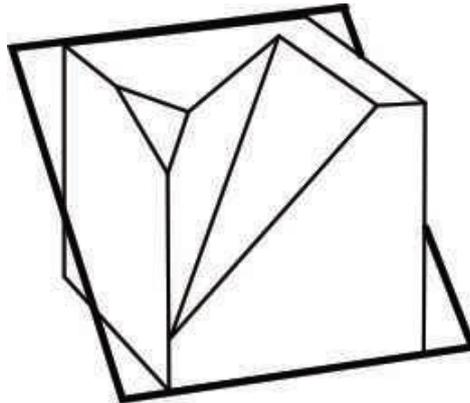
3



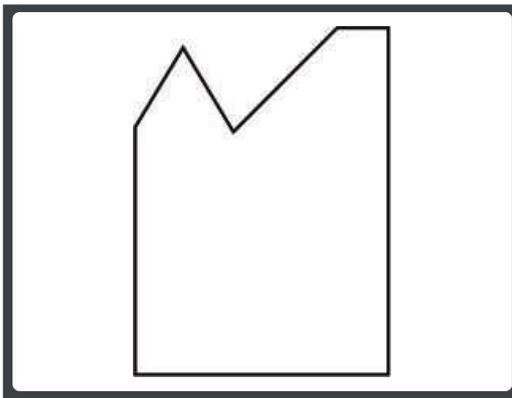
4



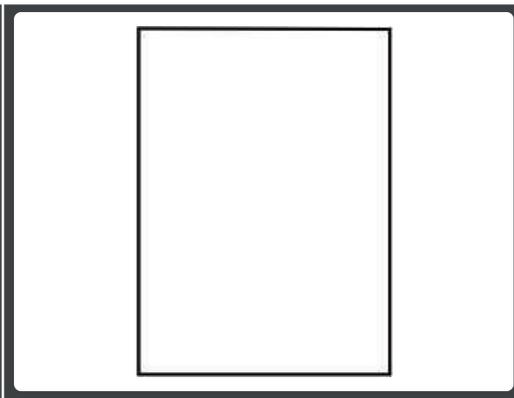
5



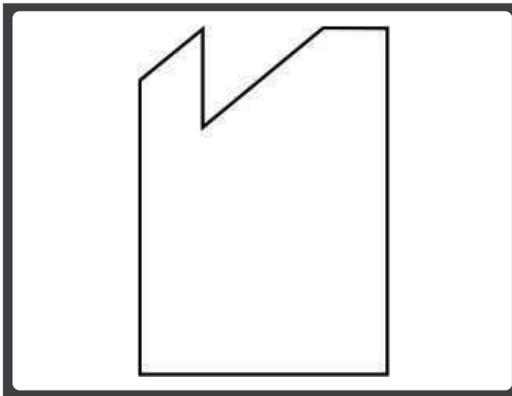
Marcar apenas uma oval.



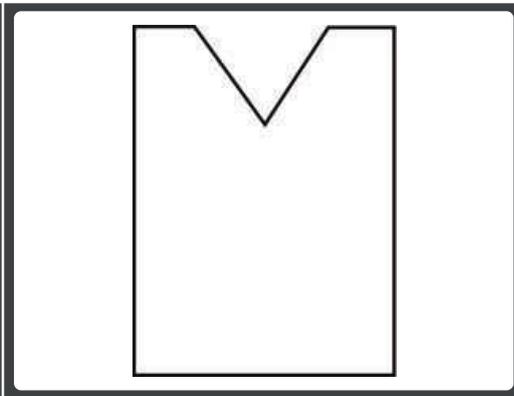
1



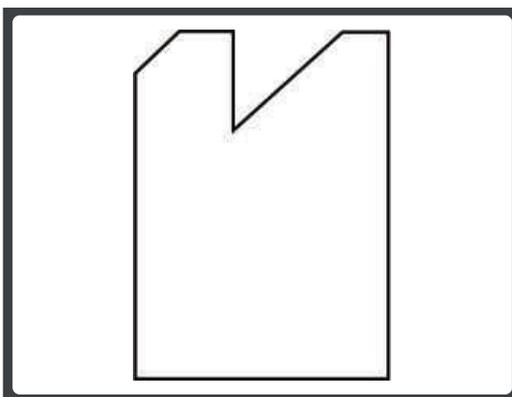
2



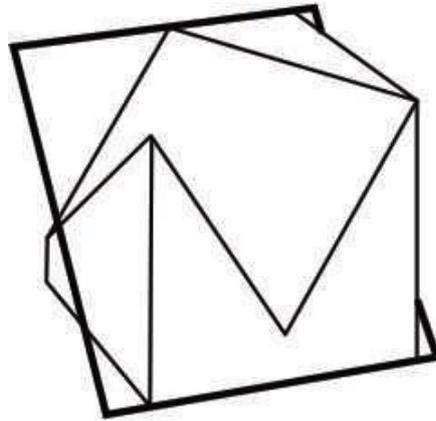
3



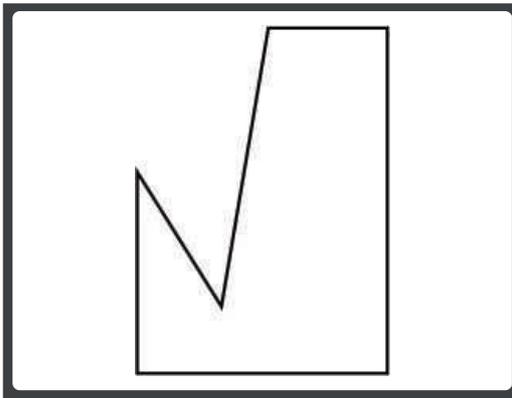
4



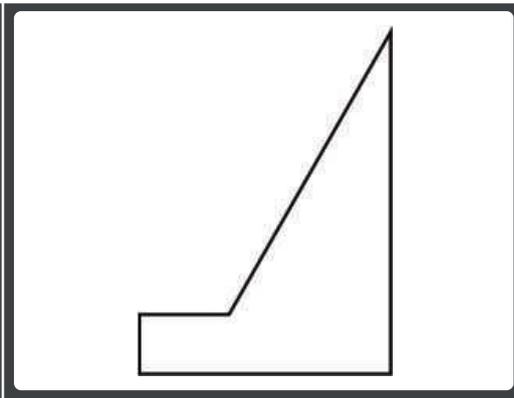
5



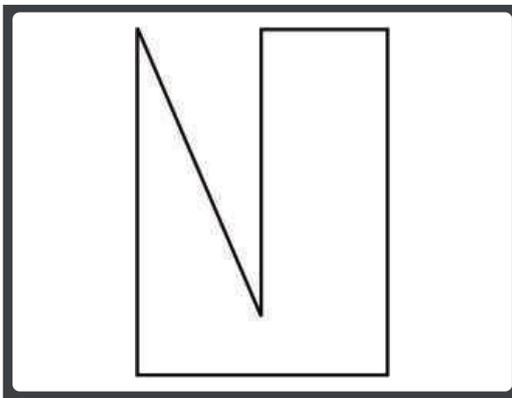
Marcar apenas uma oval.



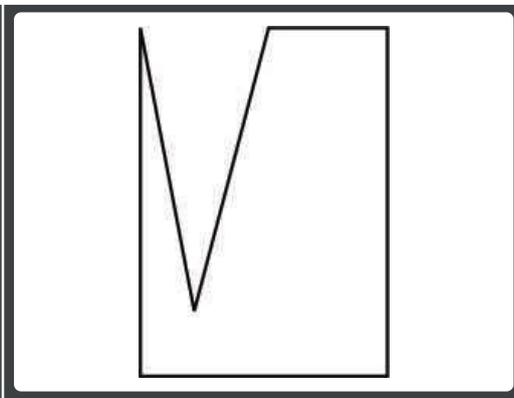
1



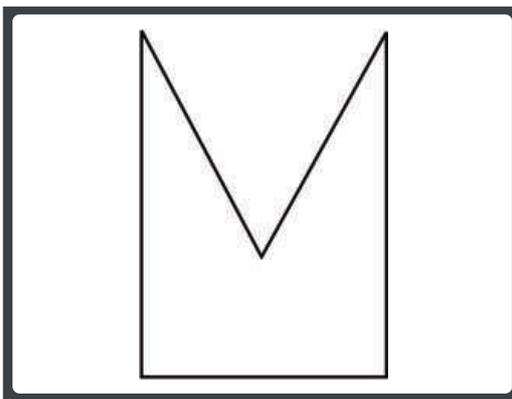
2



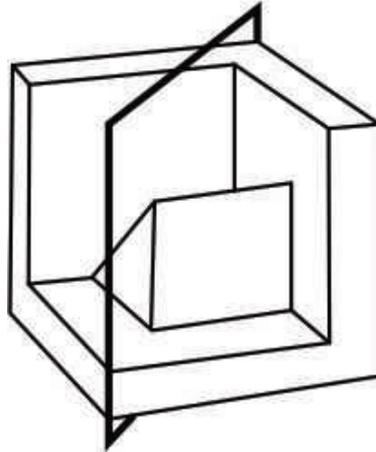
3



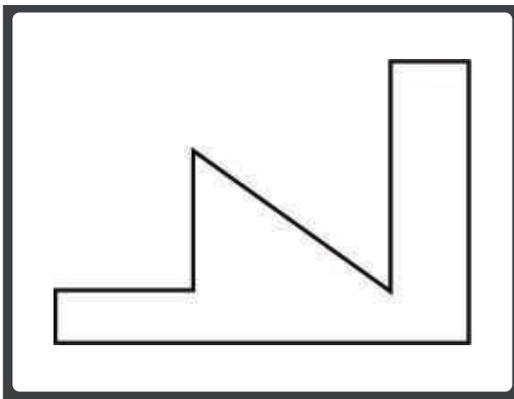
4



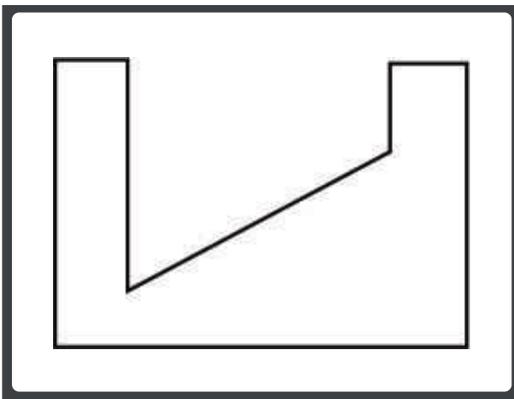
5



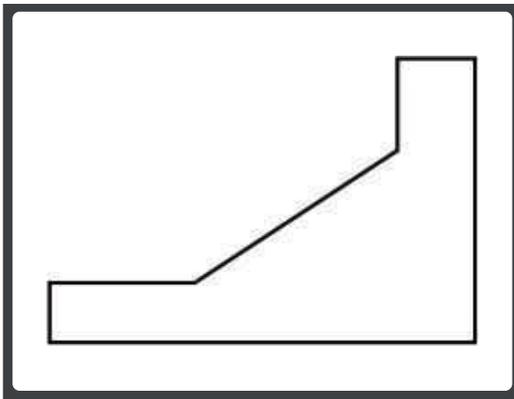
Marcar apenas uma oval.



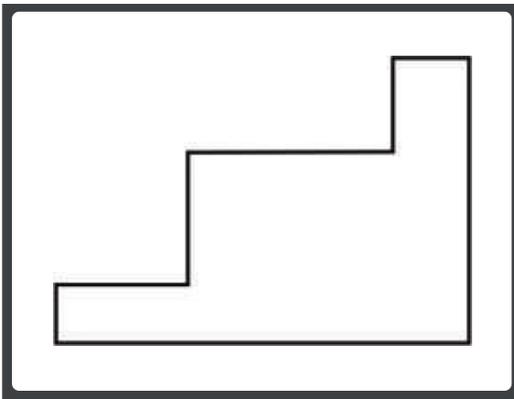
1



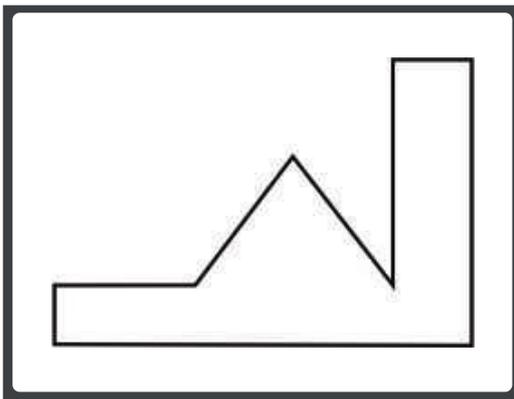
2



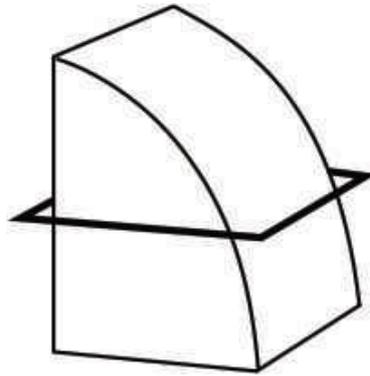
3



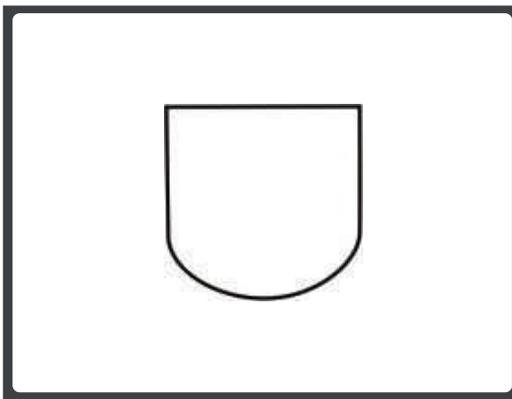
4



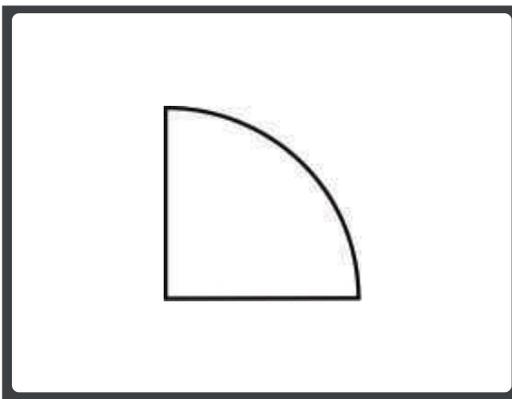
5



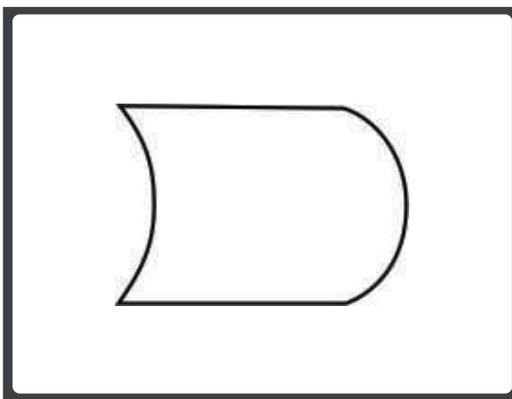
Marcar apenas uma oval.



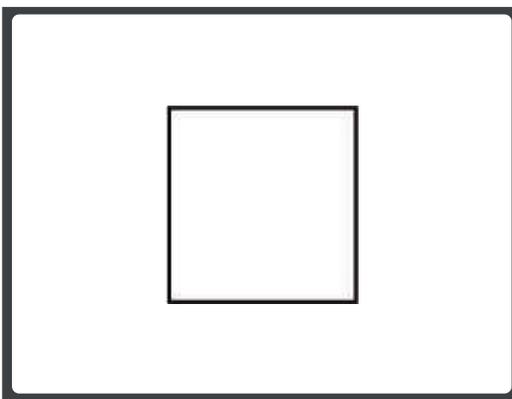
1



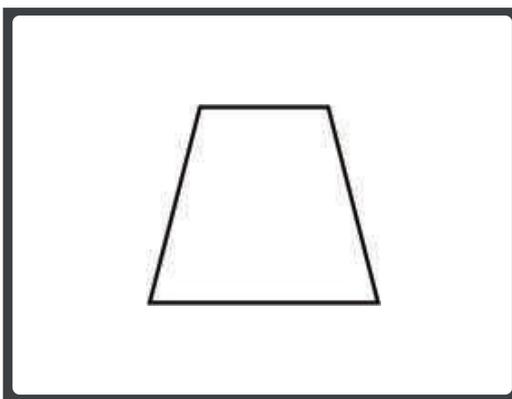
2



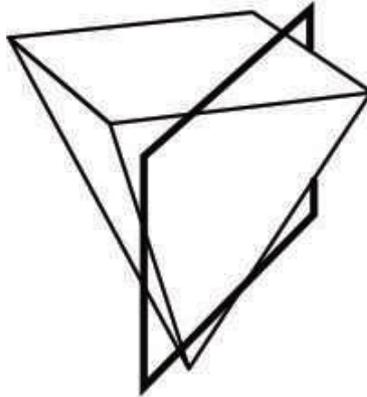
3



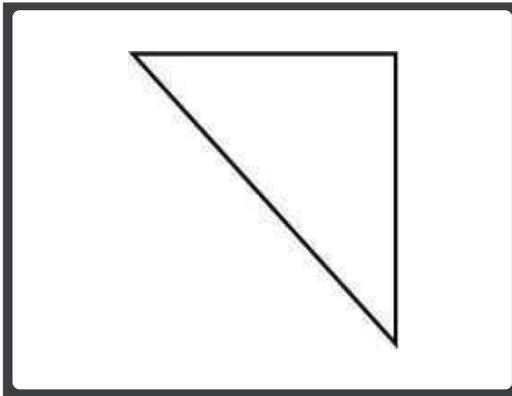
4



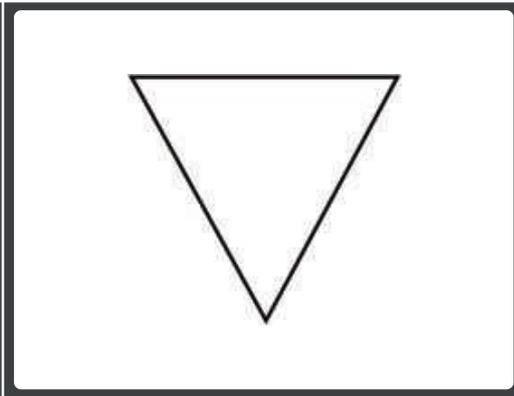
5



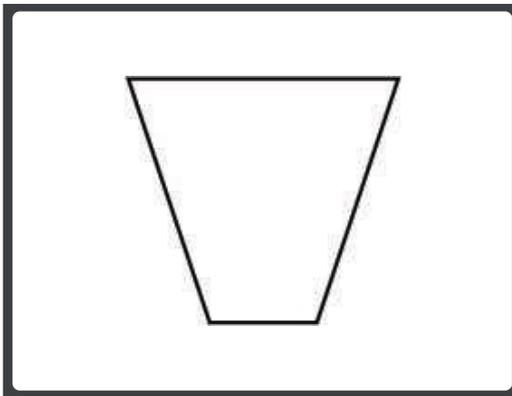
Marcar apenas uma oval.



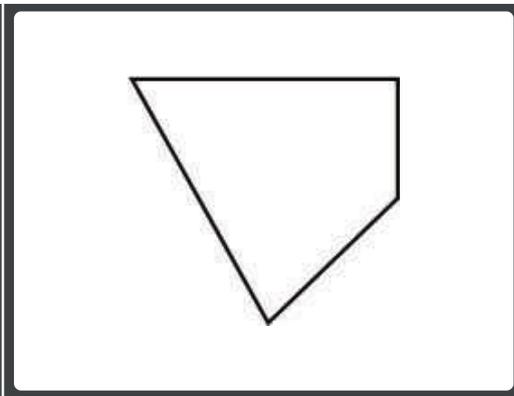
1



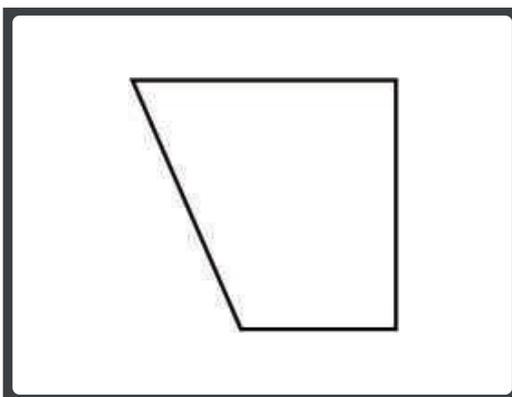
2



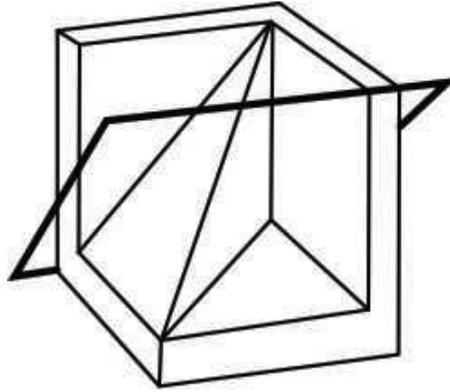
3



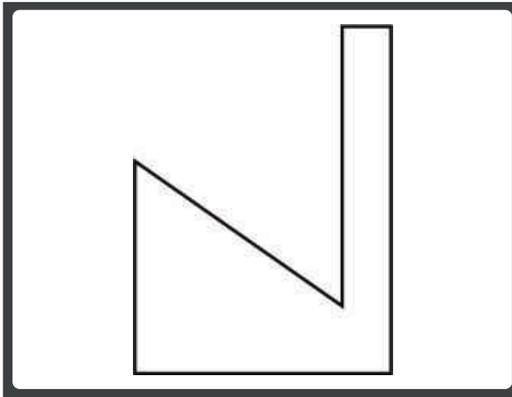
4



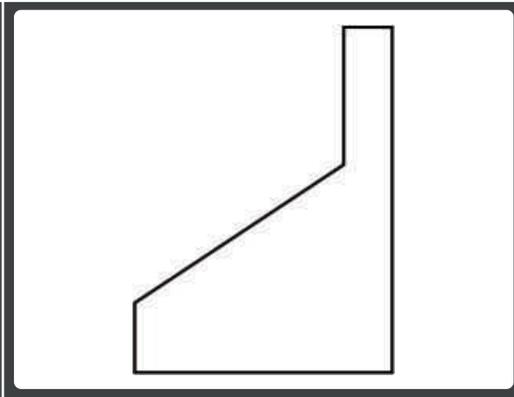
5



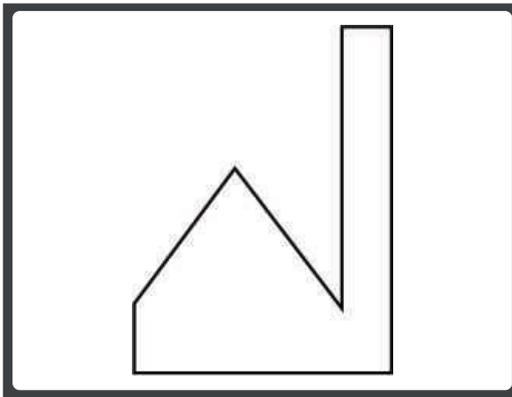
Marcar apenas uma oval.



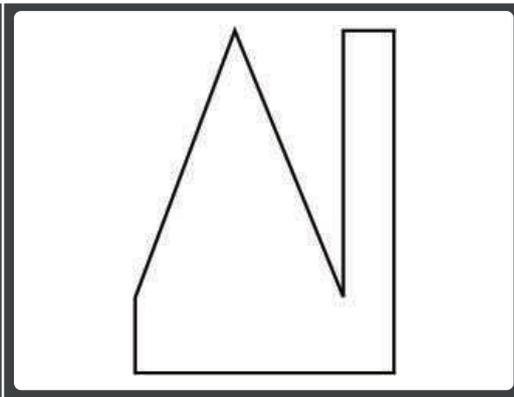
1



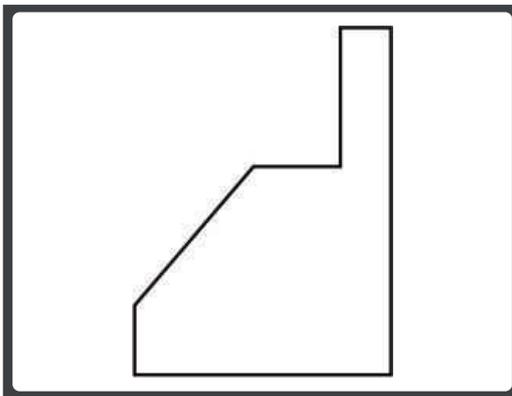
2



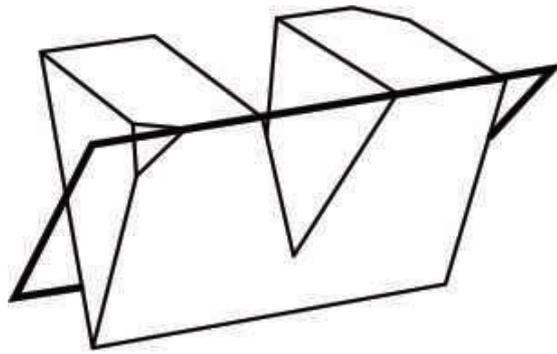
3



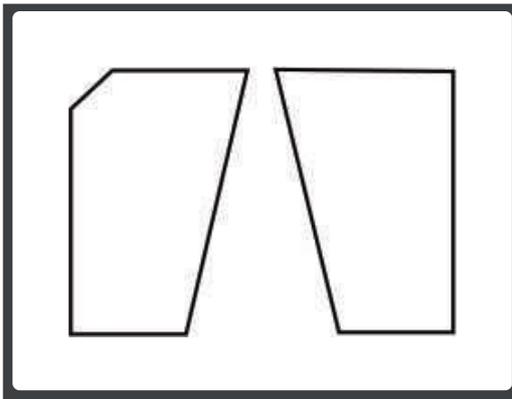
4



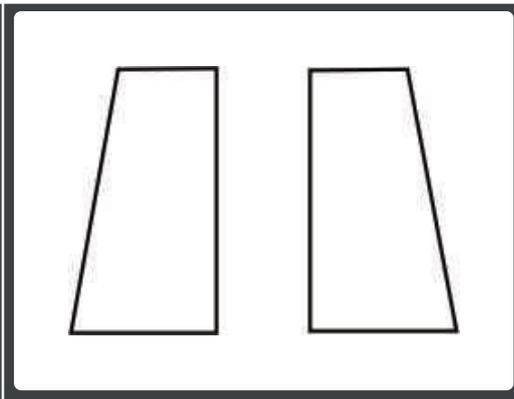
5



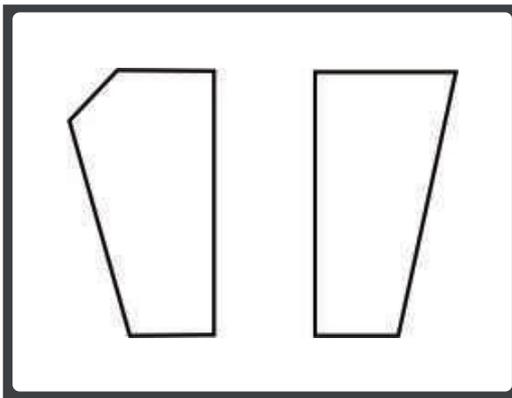
Marcar apenas uma oval.



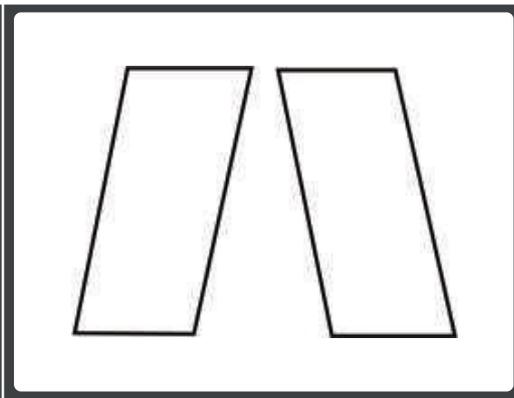
1



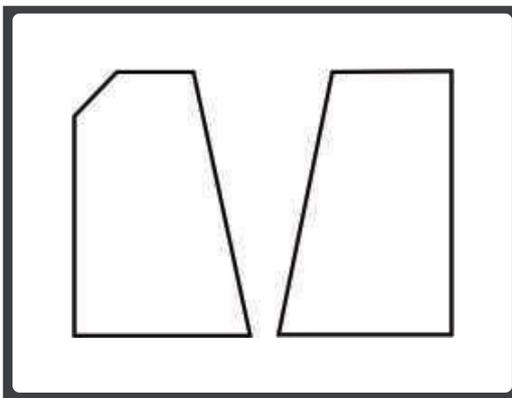
2



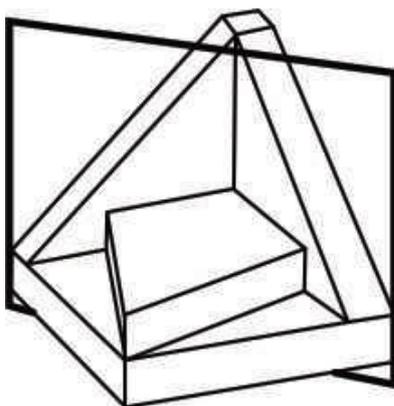
3



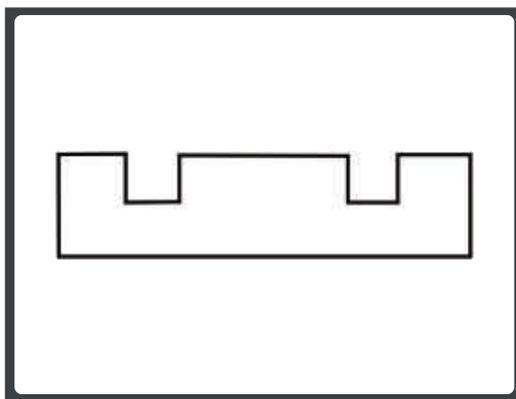
4



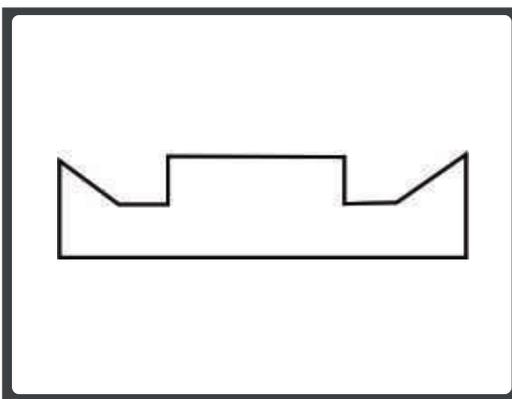
5



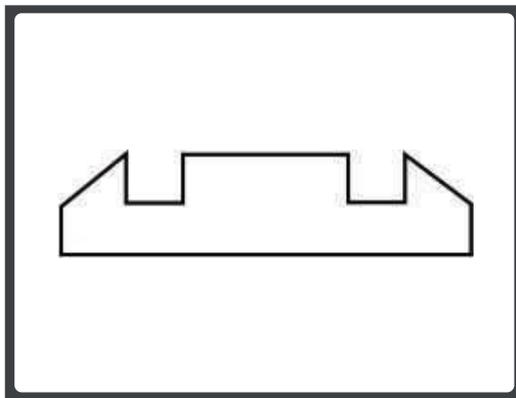
Marcar apenas uma oval.



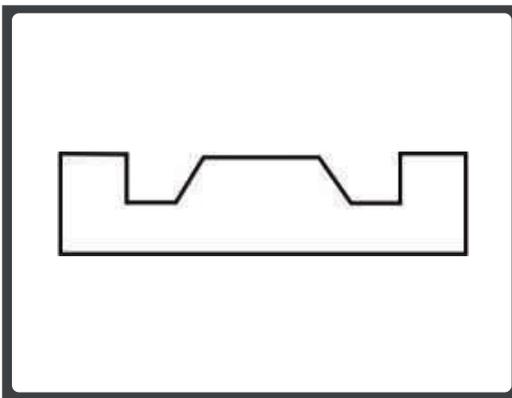
1



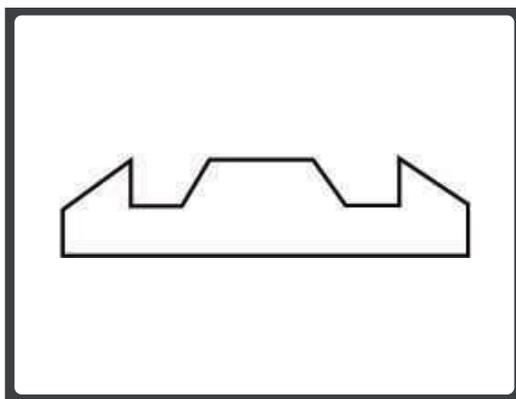
2



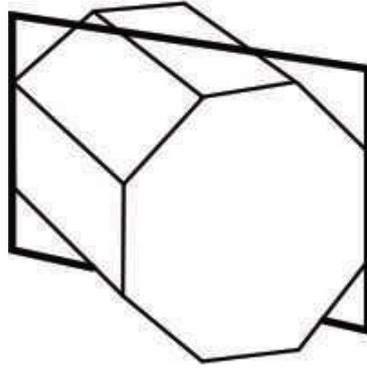
3



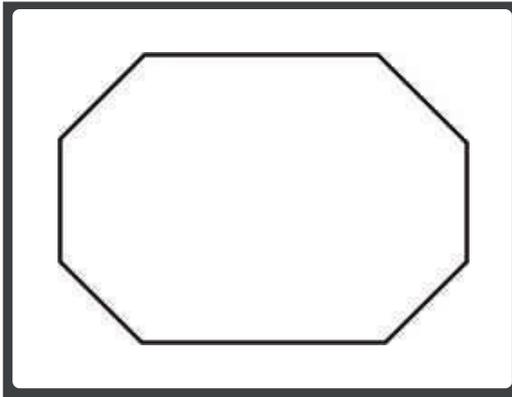
4



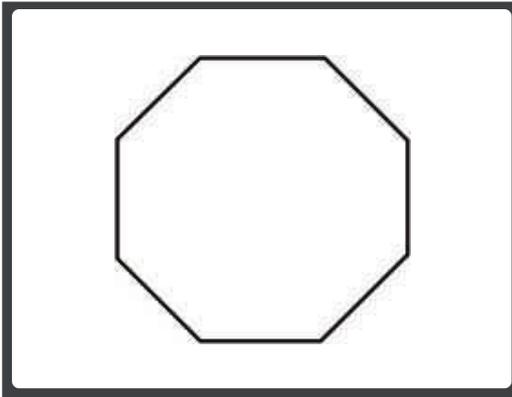
5



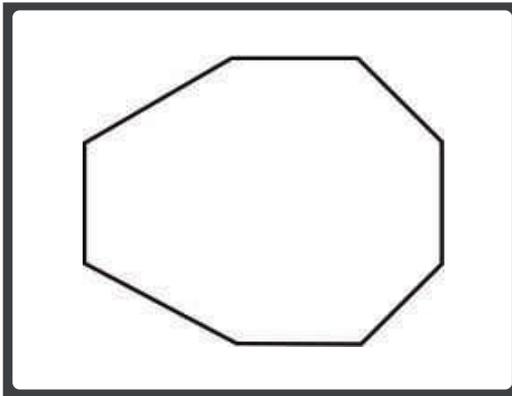
Marcar apenas uma oval.



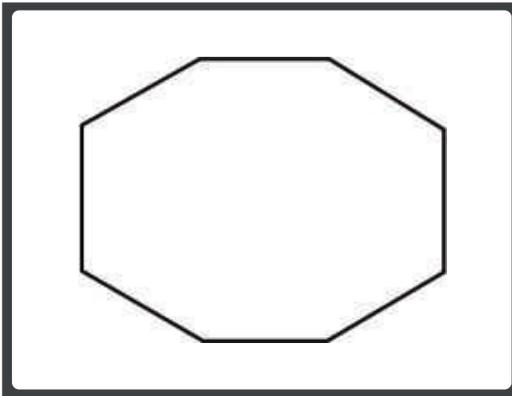
1



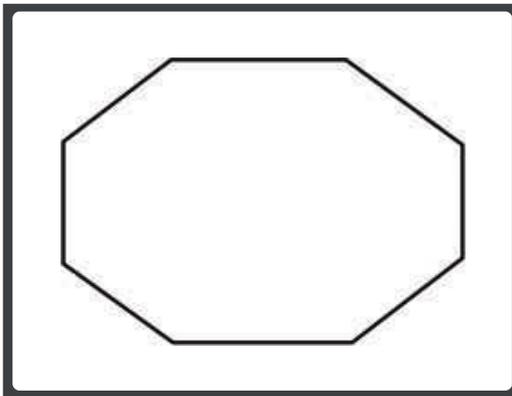
2



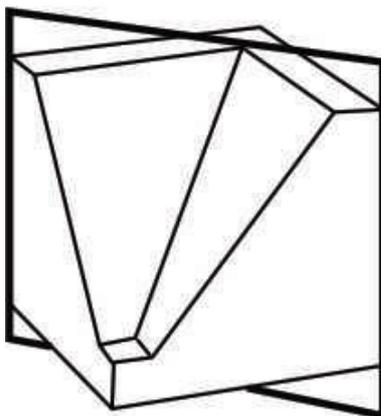
3



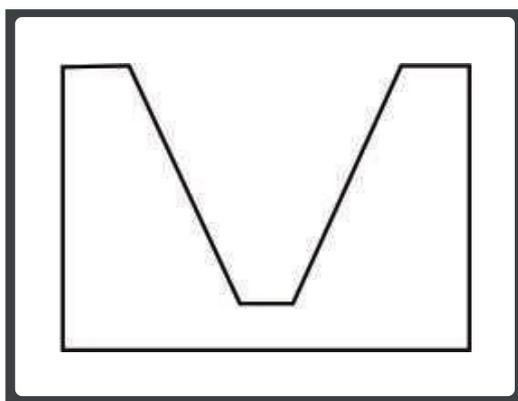
4



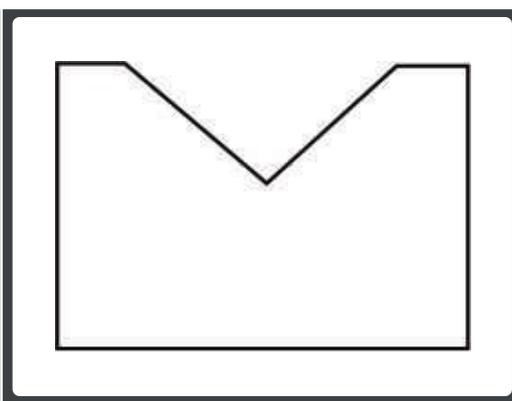
5



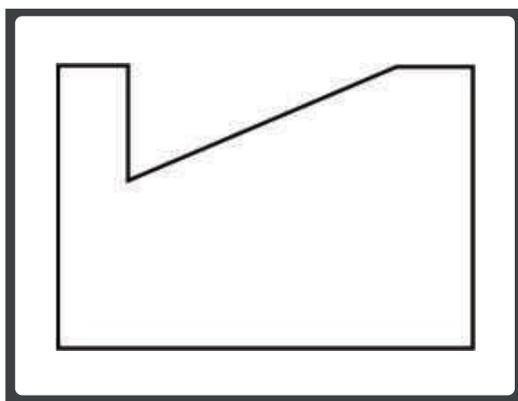
Marcar apenas uma oval.



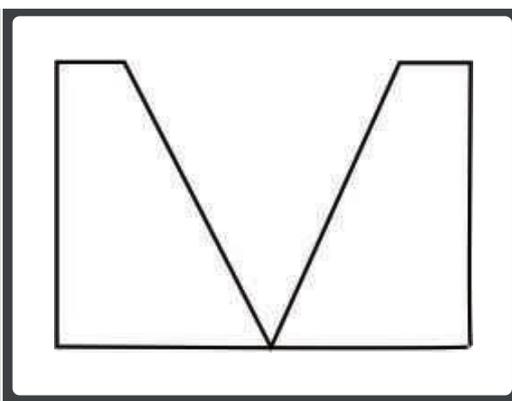
1



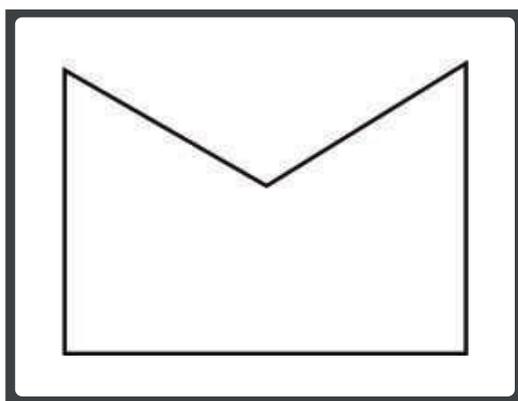
2



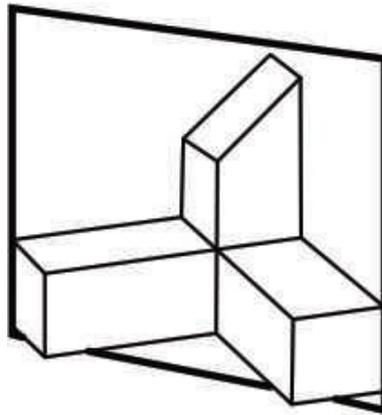
3



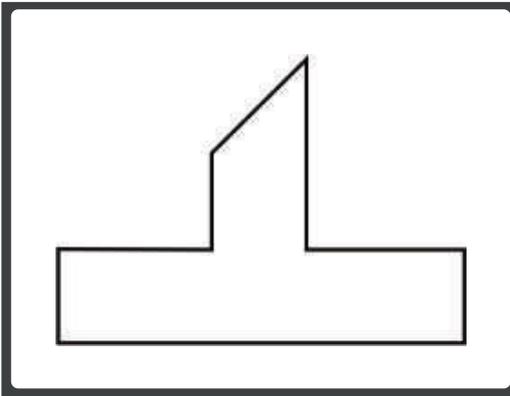
4



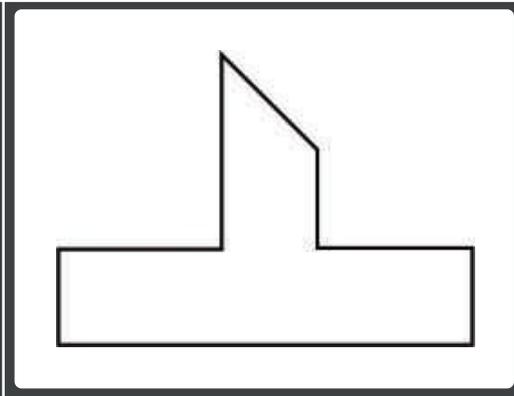
5



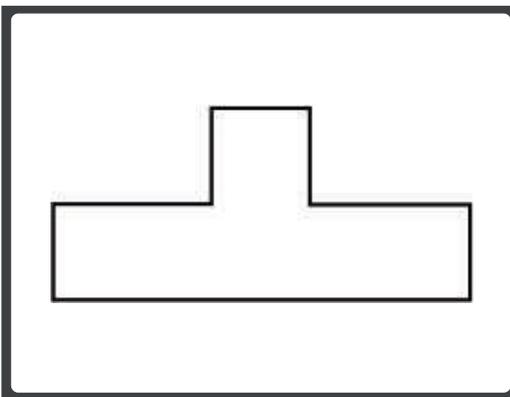
Marcar apenas uma oval.



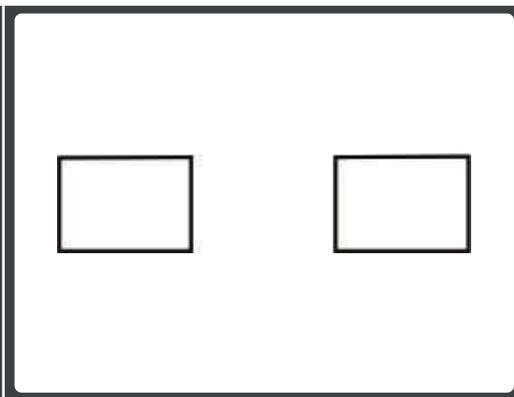
1



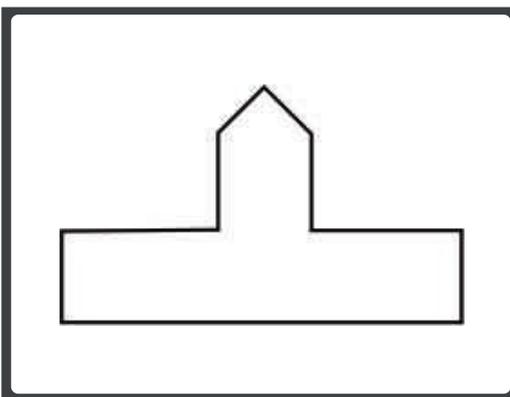
2



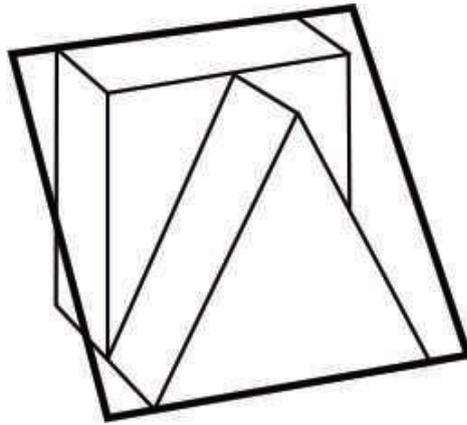
3



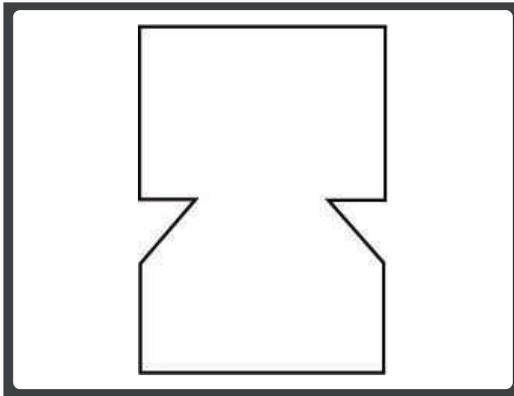
4



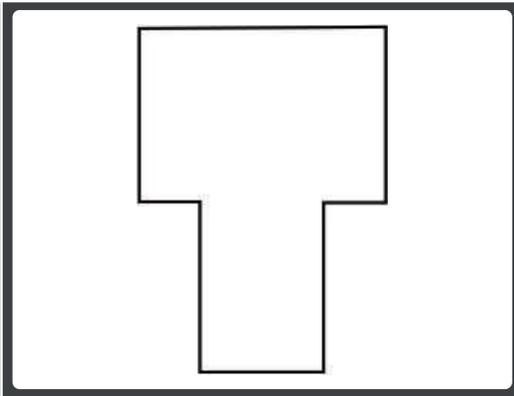
5



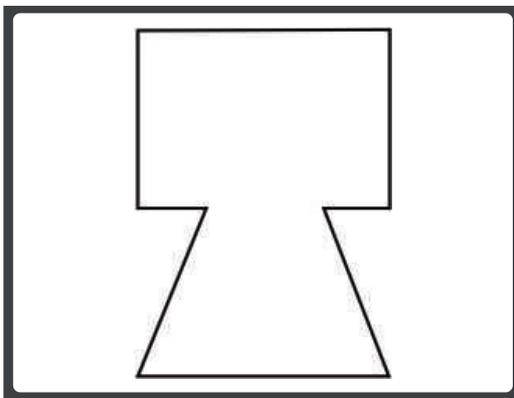
Marcar apenas uma oval.



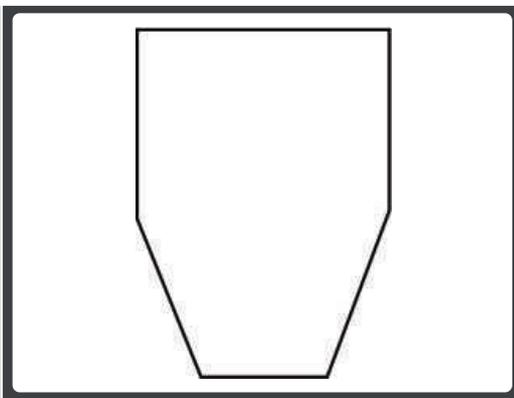
1



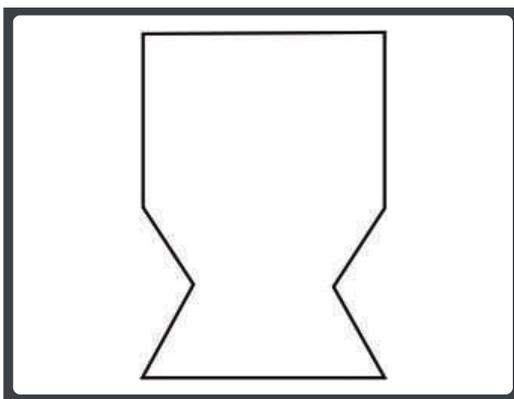
2



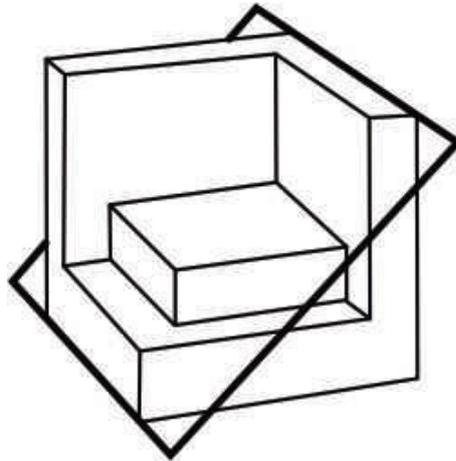
3



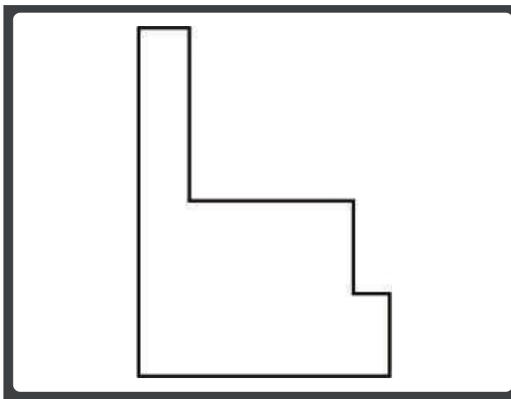
4



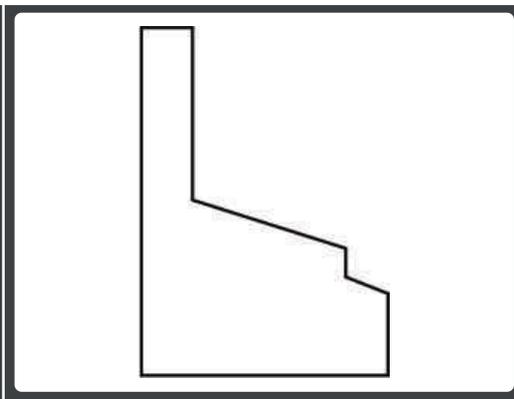
5



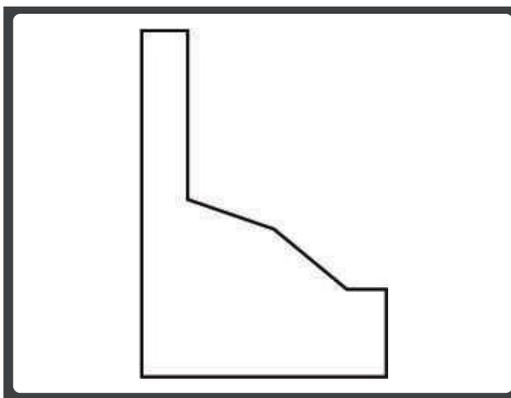
Marcar apenas uma oval.



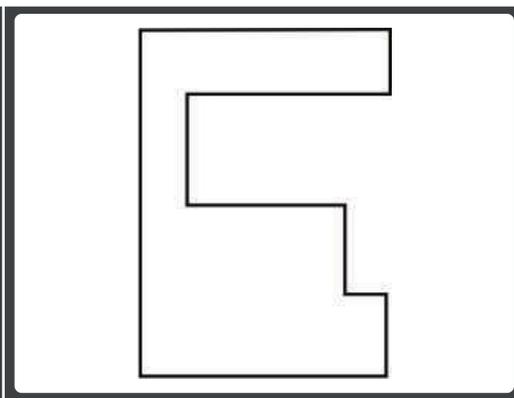
1



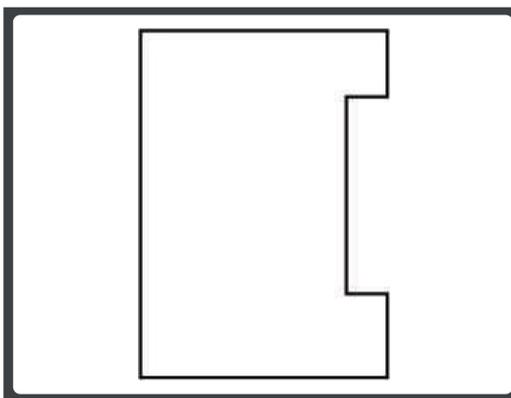
2



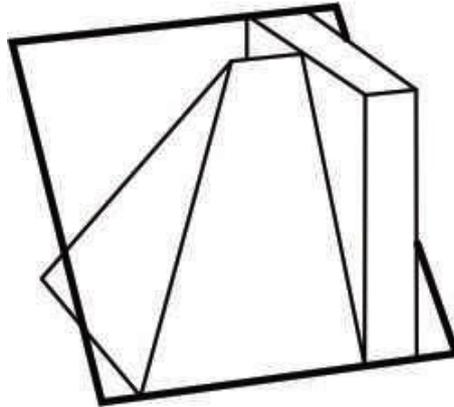
3



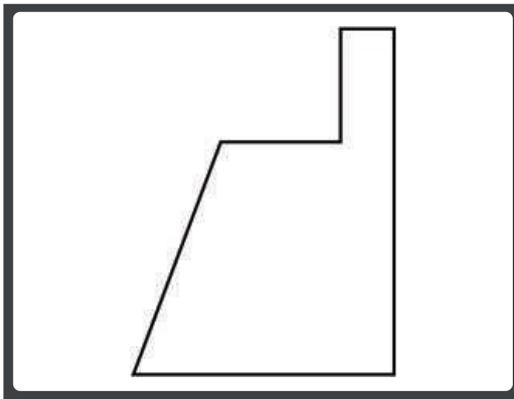
4



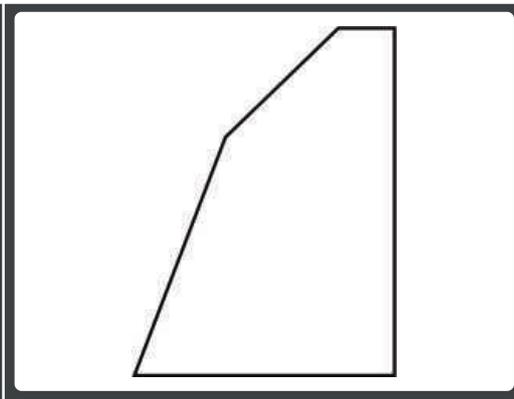
5



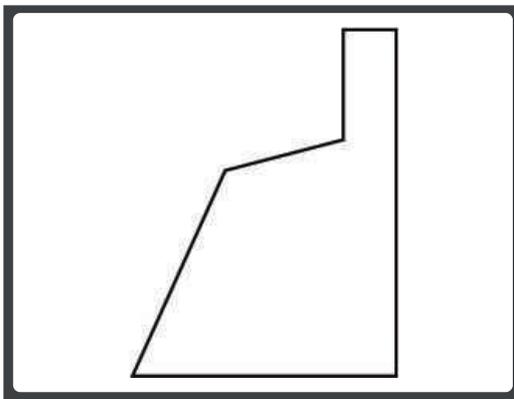
Marcar apenas uma oval.



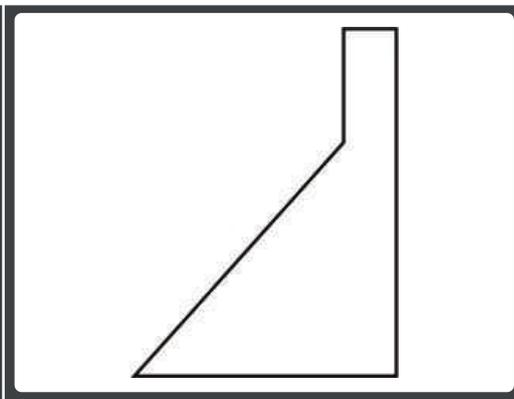
1



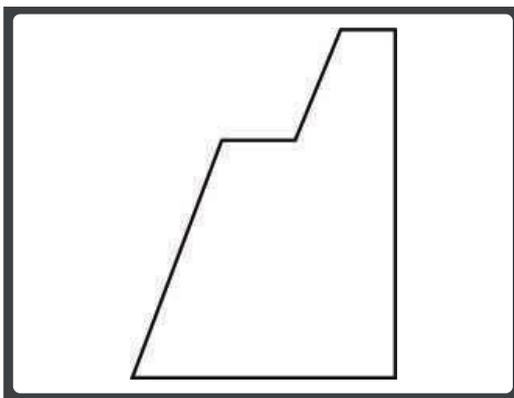
2



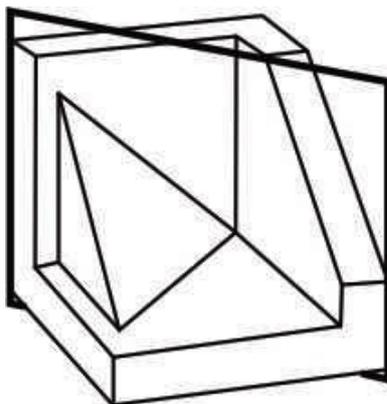
3



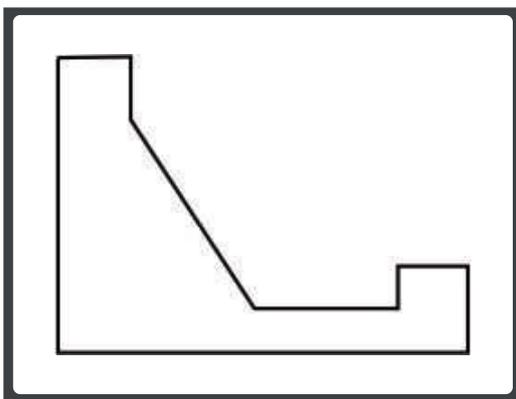
4



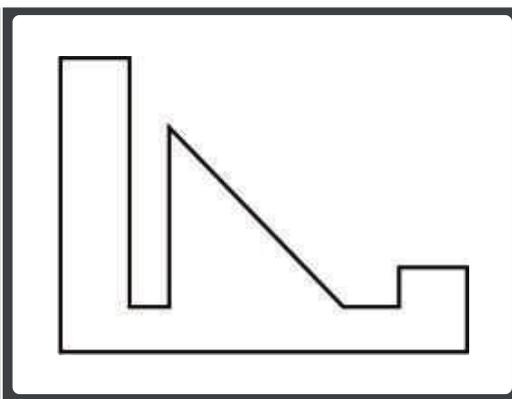
5



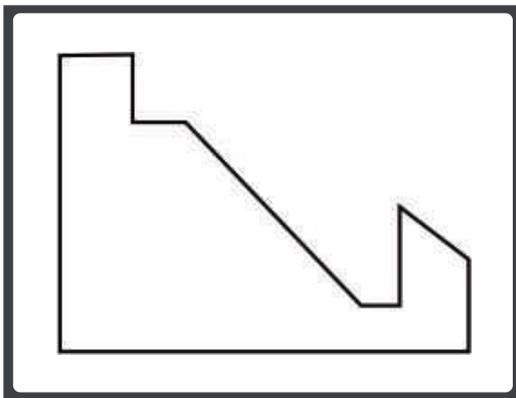
Marcar apenas uma oval.



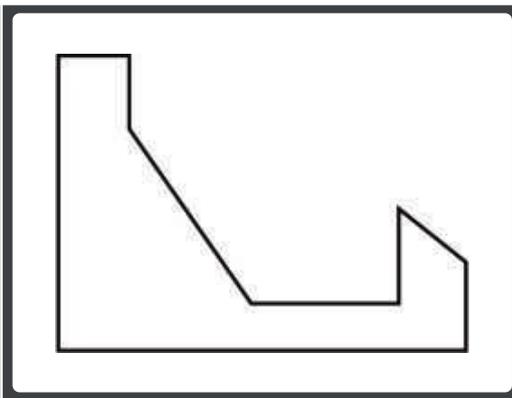
1



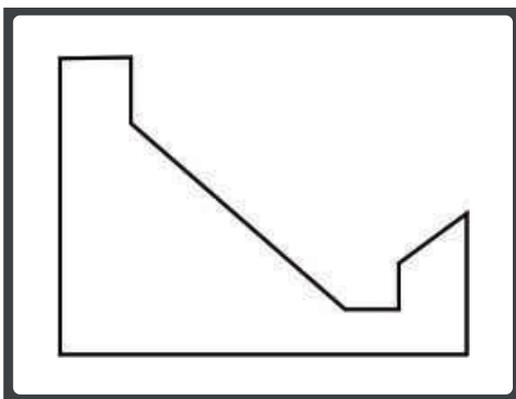
2



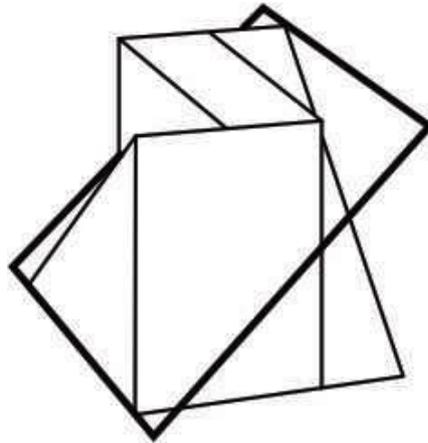
3



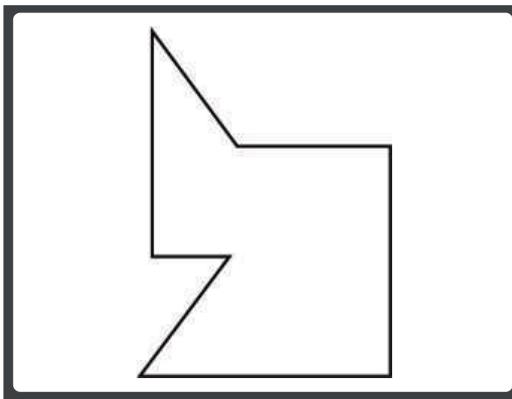
4



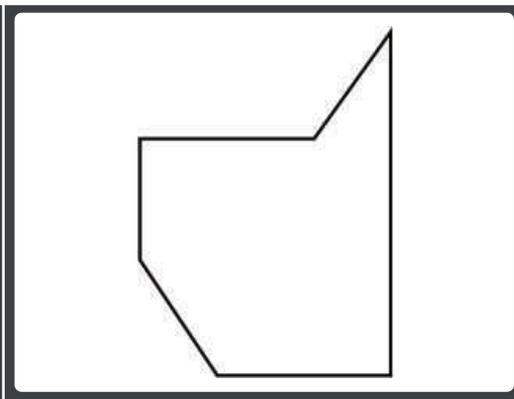
5



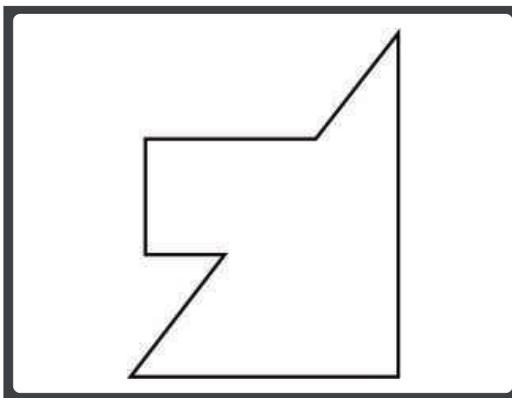
Marcar apenas uma oval.



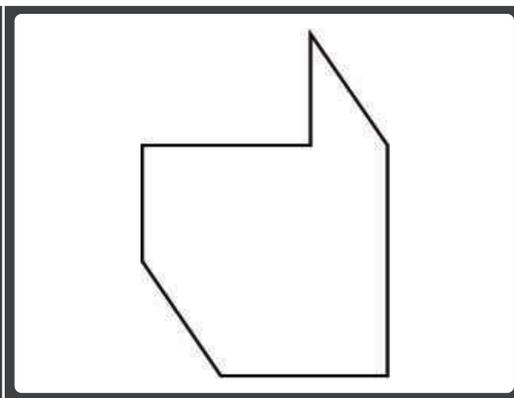
1



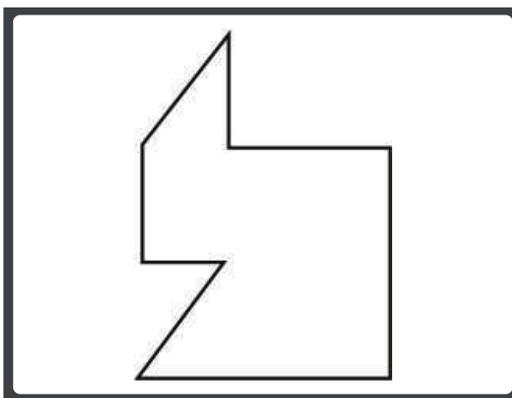
2



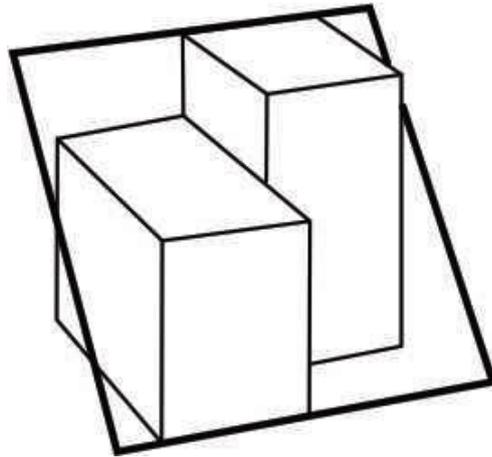
3



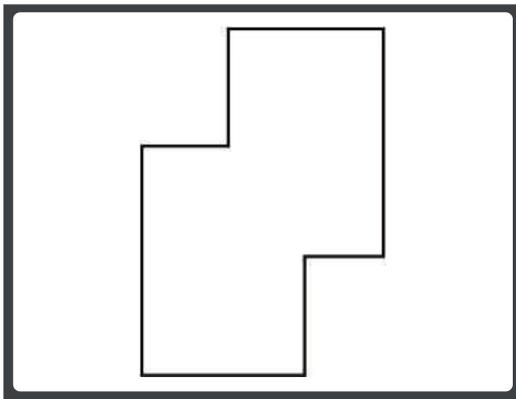
4



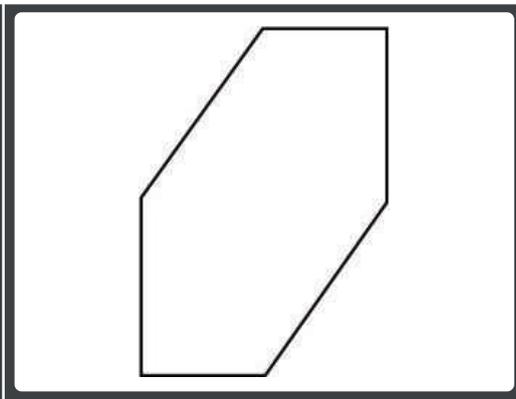
5



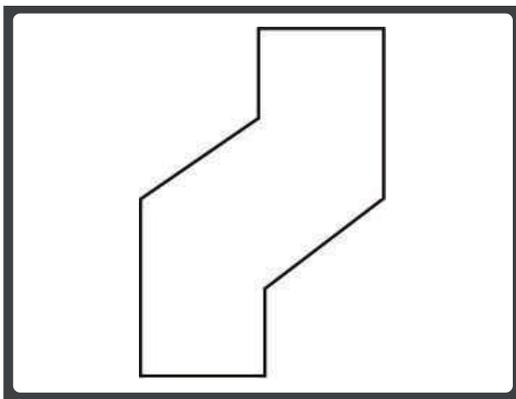
Marcar apenas uma oval.



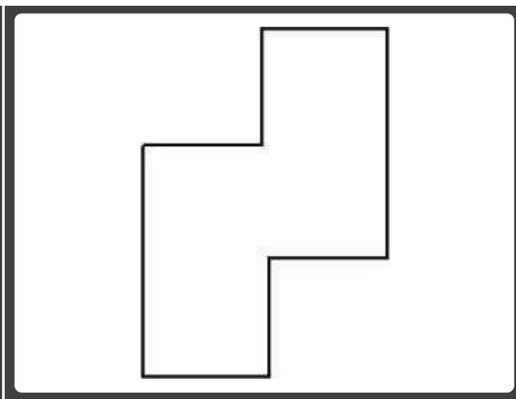
1



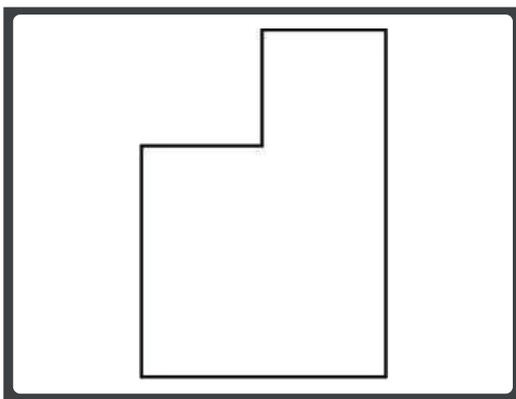
2



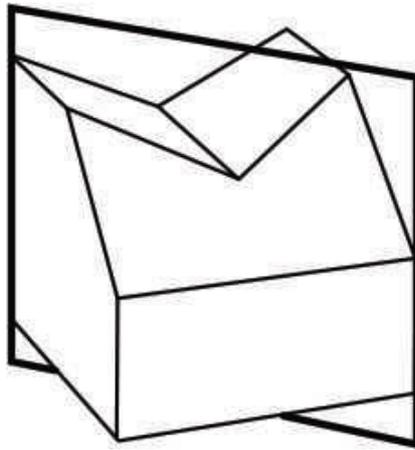
3



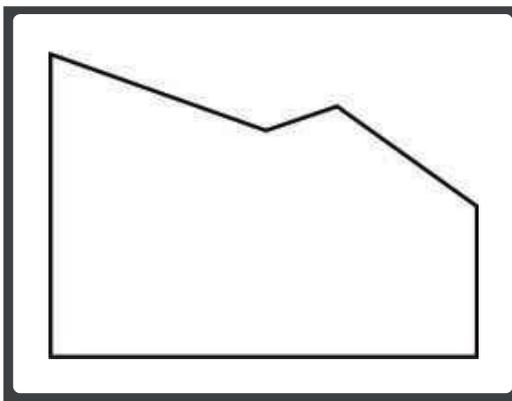
4



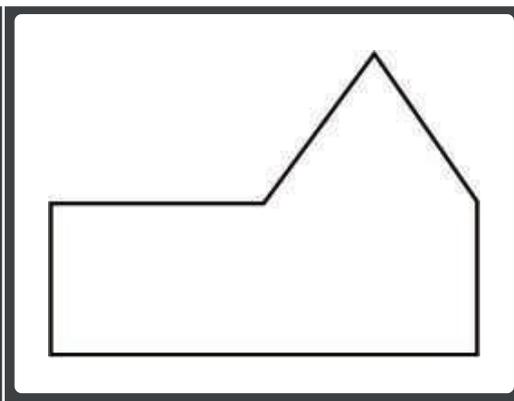
5



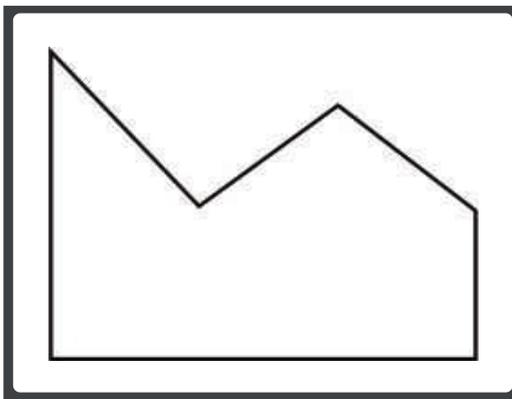
Marcar apenas uma oval.



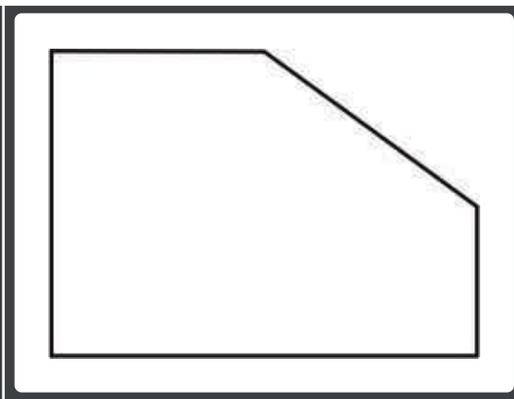
1



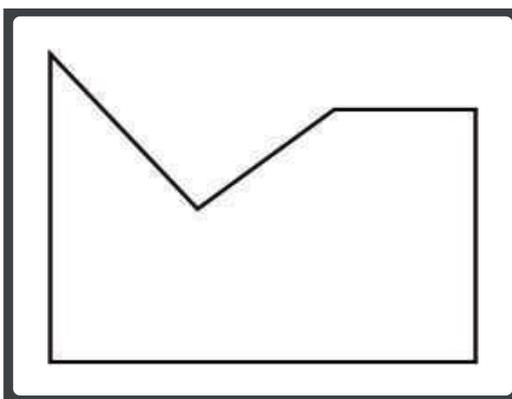
2



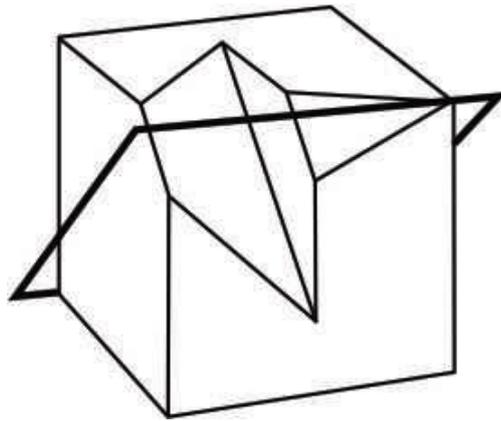
3



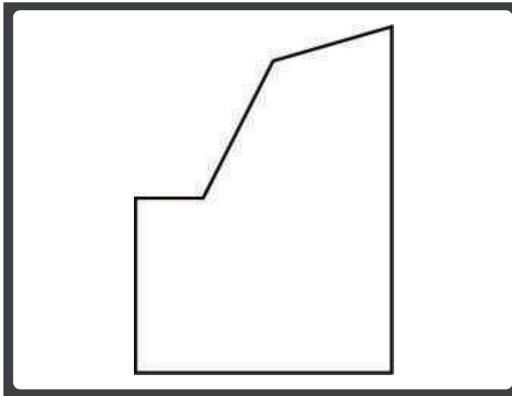
4



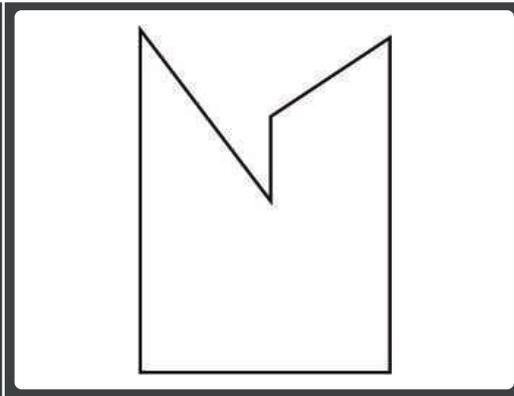
5



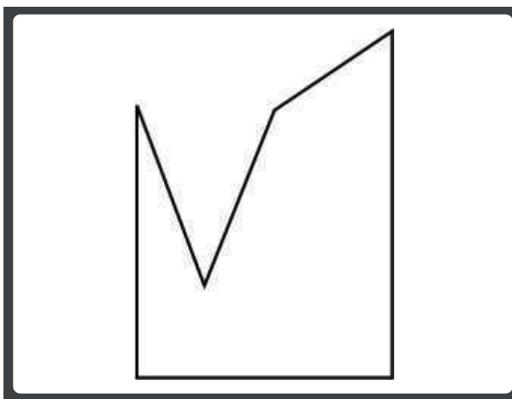
Marcar apenas uma oval.



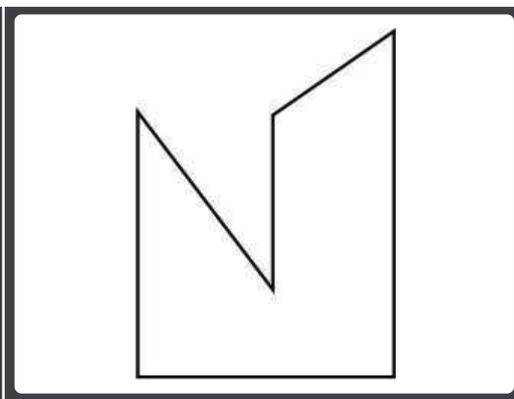
1



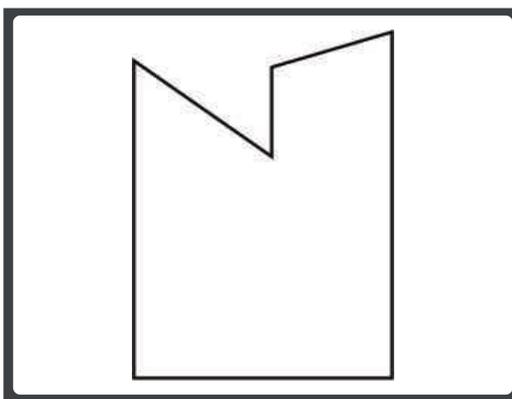
2



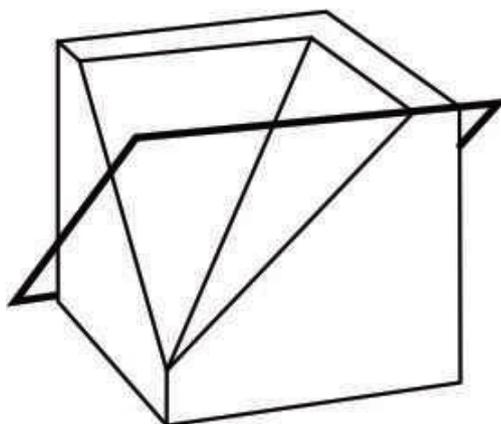
3



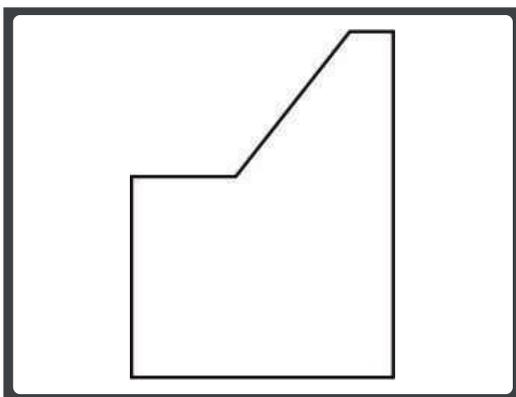
4



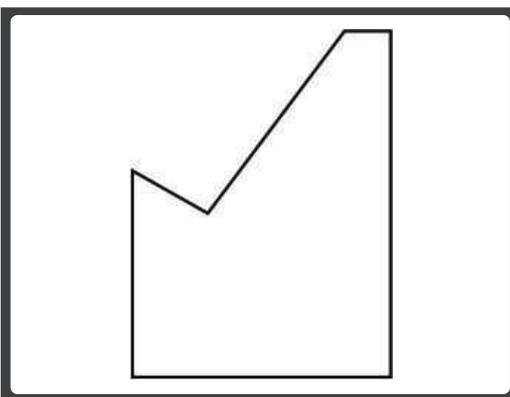
5



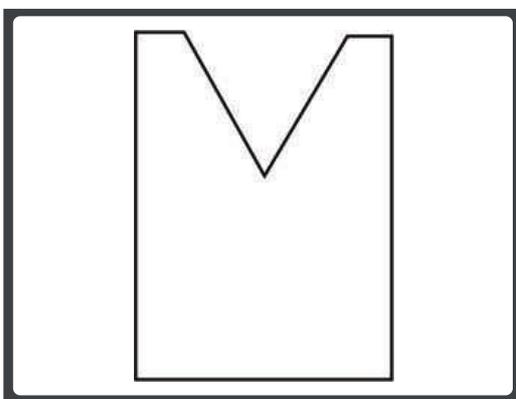
Marcar apenas uma oval.



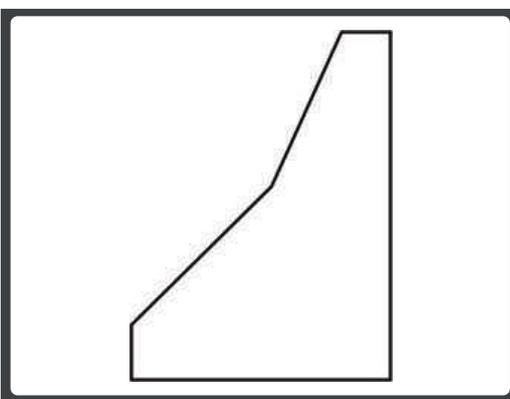
1



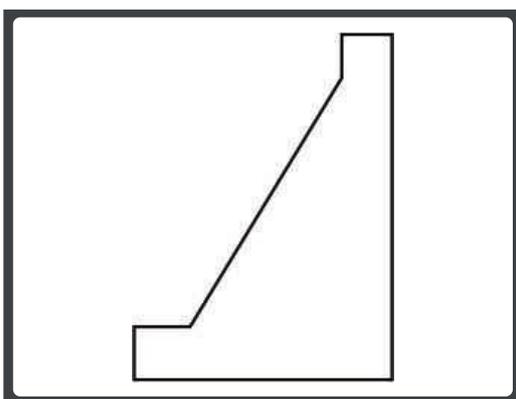
2



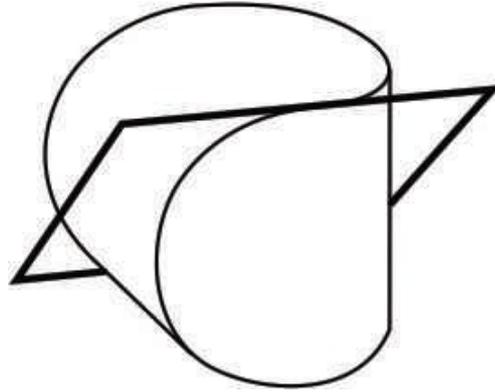
3



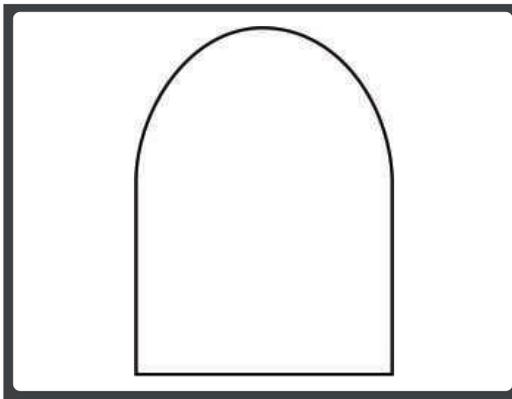
4



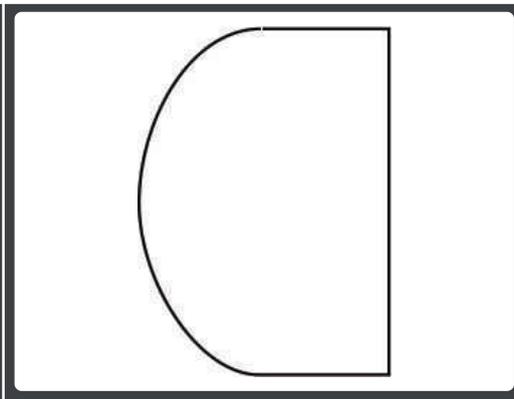
5



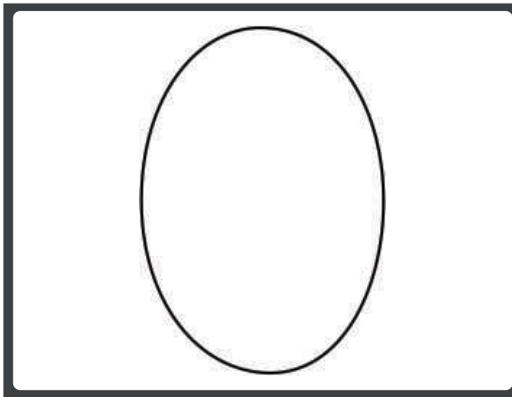
Marcar apenas uma oval.



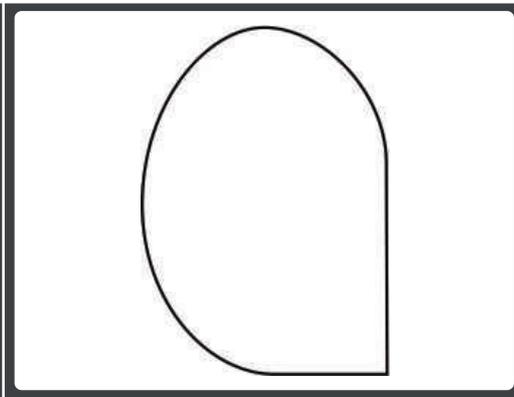
1



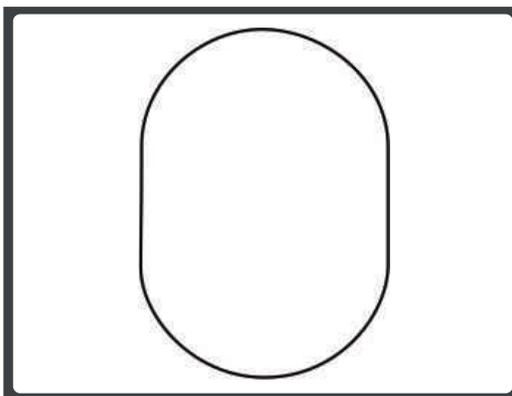
2



3



4



5

APÊNDICE D

Artigo publicado no ano de 2020 na Revista EducaOnline – UFRJ referente a um projeto piloto preparatório para a presente pesquisa.

Título

O Uso de Objetos Reais e Virtuais no Ensino do Desenho Técnico para o Desenvolvimento de Habilidades Espaciais

Resumo

Este trabalho tem por objetivo investigar as contribuições de estratégias pedagógicas para o ensino do Desenho Técnico, visando ao desenvolvimento das habilidades espaciais (HE) de um grupo de alunos do segundo semestre do Curso de Arquitetura e Urbanismo. Pesquisas recentes indicam a falta da capacidade de visualização espacial de estudantes do ensino superior em diferentes áreas. Assim, entende-se que educadores e pesquisadores considerem esse problema como um desafio a ser investigado. Esta pesquisa segue uma linha metodológica proposta por Scott Wiley, a qual preconiza o desenvolvimento das HE aplicando objetos reais e a computação gráfica como estruturantes do Desenho Técnico. Foi realizado um minicurso aplicando objetos reais e virtuais e representações bidimensionais e tridimensionais, como forma de treinamento das HE. Fizeram parte do estudo a mensuração do nível das habilidades espaciais do grupo antes e depois da aplicação da atividade, assim como uma análise qualitativa individual para avaliação dos resultados. Concluiu-se que a aplicação da metodologia se mostrou eficaz no contexto deste estudo. Metade dos participantes obteve melhoras nos níveis de HE. Além disso, os fatos indicam que o exercício do Desenho Técnico utilizando objetos reais e seus níveis de abstração influenciou positivamente na representação dos objetos.

Palavras Chave: Habilidades espaciais. Objetos reais. Computação gráfica 3D. Desenho Técnico.