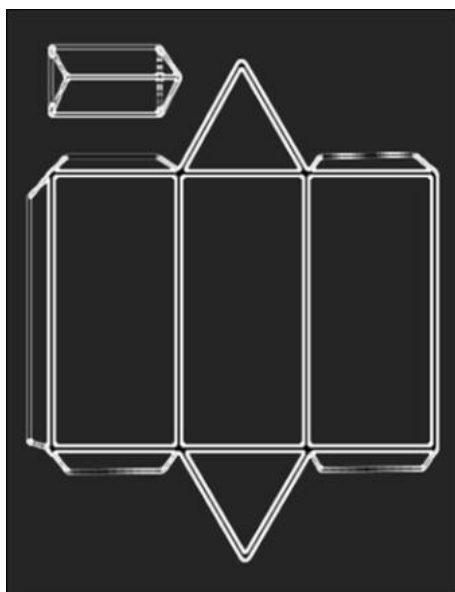




UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR

MESTRADO EM ENSINO DE ARTES VISUAIS NO 3º CICLO DO ENSINO BÁSICO E NO  
ENSINO SECUNDÁRIO

SEMINÁRIO EM INVESTIGAÇÃO DAS ARTES VISUAIS II



PROMOÇÃO DO SUCESSO DO ENSINO-APRENDIZAGEM DAS  
“REPRESENTAÇÕES AXONOMÉTRICAS”  
NA DISCIPLINA DE GEOMETRIA DESCRITIVA

m3526 | Eugénia Margarida de Figueiredo Morgado

Covilhã, Junho de 2011

## **Dedicatória**

Dedico esta investigação à minha mãe....

## Agradecimentos

Ao Professor Francisco Paiva, agradeço a disponibilidade constante e apoio prestado, sempre com muita consideração e vontade de esclarecer as dúvidas que foram surgindo ao longo do desenvolvimento da investigação.

Agradeço igualmente ao professor responsável pela disciplina de Geometria Descritiva A, Dr. Aníbal Cravo Nunes, por ter aceite este pequeno desafio e pela forma atenta e participada como o fez, mostrando grande disponibilidade e, pelo apoio que deu na selecção dos alunos para as experimentações.

Agradeço também ao Director da Escola Secundária/3 de Amato Lusitano, por ter permitido as experimentações com alunos na escola, pela disponibilidade e amabilidade de ceder uma sala de aula para as referidas experimentações.

Agradeço ainda aos alunos da disciplina de Geometria Descritiva representada pelas turmas do curso Científico-Humanístico de Artes Visuais e do Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias, do 11º ano do Ensino Secundário, da Escola Secundária/3 de Amato Lusitano - Castelo Branco, do corrente ano lectivo 2010/2011, no desenvolvimento deste trabalho que deram oportunidade desta prática metodológica nesta instituição e provar mais uma vez a eficiência de métodos simples que contam com a real participação do aluno em sala de aula e a disponibilidade que tiveram para testar os modelos tridimensionais.

À minha colega e amiga Sónia Martins agradeço a ajuda preciosa, sem a qual não teria sido possível realizar esta investigação, e a flexibilidade e disponibilidade que sempre demonstrou.

Agradeço também aos meus outros colegas deste mestrado, por criarem um fértil ambiente de trabalho e pela amizade e ajuda prestadas.

Finalmente, um agradecimento especial à minha mãe, irmã e namorado por criarem aquele ambiente especial em que tudo é possível nascer e florescer.

## Resumo

Neste texto apresenta-se o sucesso das Representações Axonométricas, na Geometria Descritiva desenvolvida em duas turmas de 11º ano de escolaridade na disciplina de Geometria Descritiva A, com o objectivo de ajudar os alunos a estudar os conteúdos curriculares e a preparar o Exame Nacional da disciplina. O projecto consistiu no desenvolvimento pela professora e, também, pelos alunos, de três experiências diferentes, incluindo maquetas e um programa com aplicações multimédia - o *Sketchup* - que foi disponibilizado à turma.

Nesta comunicação vou apresentar o projecto, justificar a sua pertinência à luz das teorias de aprendizagem e apresentar os resultados apurados.

Objectivando diminuir as dificuldades e reforçar a aprendizagem da disciplina de Geometria Descritiva e, mais precisamente, das Representações Axonométricas, ao mesmo tempo aumentar a motivação, estimular a criatividade, foram desenvolvidos modelos tridimensionais em forma de maquetas e de novas tecnologias.

A participação efectiva dos alunos na sala de aula foi essencial para executar os exercícios, as maquetas feitas de materiais simples e a experiência com o programa de 3D. As dificuldades de visualização espacial, normalmente detectada em alunos com mais dificuldades de representar e ver no espaço, desta forma são reduzidas e, ao mesmo tempo, torna a disciplina mais agradável aumentando o ensino/aprendizagem da mesma.

## Palavras-Chave

Geometria Descritiva, Pedagogia, Ensino das Representações Axonométricas, Educação e Exame Nacional.

## Abstract

This text presents the success of axonometric representations, in Descriptive Geometry developed in two classes of 11th grade in the course of Descriptive Geometry, with the aim of helping students studying the curriculum and prepare the final exam of the course. The project was developed by the teacher, and also by students, from three different experiments, including models and a program with multimedia applications - Sketchup - offered to the class.

This communication will present the project, justifying its relevance in the light of learning theories and presenting the obtained results.

Aiming to reduce the difficulties and reinforce the learning of Descriptive Geometry and more specifically, the axonometric representation, while increasing motivation and stimulating creativity, three-dimensional models were developed in the form of models and new technologies.

The effective participation of students in the classroom was essential to perform the exercises, making models, made of simple materials, and experience the 3D program. The difficulties of spatial visualization, usually found in students with more difficulty to represent and see into the space are reduced, in this way, and at the same time makes the teaching/learning process a much more pleasant activity.

## Keywords

Descriptive Geometry, Pedagogy, Axonometric Representations of Education, Education and National Examination.

## Lista de Figuras

<b>Figura I.1-</b> a) Pintura na gruta de Lascaux, França, datada de há cerca 17 000 anos; b) vaso grego, representando Hércules em luta com Antaios, datado de 510 a.C.; c) O Jardim das Delícias, Hieronymus Bosch, cerca de 1500 d.C.. A profundidade não é representada, a não ser pela sobreposição dos objectos.	12
<b>Figura I.2</b> - Representação proto-axonométrica (fragmento de cerâmica do séc. IV a.c.).	13
<b>Figura I.3</b> - Representação proto-axonométrica (Fresco na Igreja de <i>Santa Croce</i> , Florença, Itália, séc. XIII/XIV).	13
<b>Figura I.4</b> - Tábua intitulada <i>Cidade à Beira-Mar</i> .	13
<b>Figura I.5</b> - Representação Axonométrica do séc. XI).	13
<b>Figura I.6</b> - Interior de uma casa de entretenimento do final do séc. XVI.	13
<b>Figura I.7</b> - Axonometria. Interior de uma habitação japonesa.	14
<b>Figura I.8</b> - Pintura em biombo onde é bem visível a axonometria de um edifício.	14
<b>Figura I.9</b> - Representação Axonométrica Cavaleira - cópia datada do séc. XVII.	14
<b>Figura I.10</b> - A figura mostra as diferenças entre a axonometria usada na pintura chinesa (figura da esquerda) e a perspectiva linear da arte europeia (figura da direita). A principal característica da axonometria é o seu ponto elevado, e as linhas paralelas de projecção nas três direcções.	14
<b>Figura I.11</b> - Quadro “Han XiZai dá um banquete” do pintor chinês Gu HongZhong (séc. X).	14
<b>Figura I.12</b> - Quadro do pintor japonês Utagawa Yoshikazu (sec. XIX)	14
<b>Figura I.13</b> - Esquema de Alberti sobre a representação perspéctica: a) ponto de fuga e b) linha do horizonte.	15
<b>Figura I.14-</b> Figura do <i>Codex Coner</i> (tratado de arquitectura do séc. XVI).	15
<b>Figura I.15</b> - Figura do tratado <i>Architecture</i> do arquitecto Philibert de l’Orme (tratado de arquitectura do séc. XVI).	15
<b>Figura I.16</b> - Exemplo de uma perspectiva axonométrica onde é notória a utilidade da visão aérea. Figura retirada da obra de Philippe COMAR, <i>La Perspective en Jeu - Les dessous de l’image</i> , Découvertes Gallimard Arts, 1992, p. 55.	16
<b>Figura I.17</b> - a) Figura de <i>Della Fortificazione delle Citá</i> de Girolamo Maggi e Jacomo Castrioto, Veneza (tratado de arquitectura militar do séc. XVI) b) Figura do tratado <i>On Military archithecture</i> de F. de Marchi, Brescia (tratado de arquitectura militar do séc. XVI.) c) Figura do tratado <i>Des Fortifications et artifices de architecture et perspective</i> de J. Perret de Chamberry (tratado de arquitectura do séc. XVII.)	16
<b>Figura I.18</b> - a) Figura do tratado <i>Divina Proportione</i> de Luca Pacioli (Veneza 1509), b) Figura do tratado <i>Underweysung Der Messung</i> (1525), c) Figura do tratado de T. Luders de 1680, d) Figura <i>Geométrie Descriptive</i> de Gaspard Monge (1798).	16
<b>Figura I.19</b> - Exercício moderno de perspectiva realizado por Albrecht Dürer.	17
<b>Figura I.20</b> - Figura do tratado de William Farish <i>On Isometrical Perspective</i> (1822).	18
<b>Figura I.21</b> - Teorema de Pohlhe Schwarz.	18
<b>Figura I.22</b> - Figuras do <i>Traité de géometrie Descriptive</i> de Jules de la Gournerie (sec. XIX).	18
<b>Figura I.23</b> - Desenho em sistema axonométrico de uma patente para <i>Machine for forming Temple-Teeth</i> (Maio, 1874).	19
<b>Figura I.24</b> - Estampa japonesa do século XIX na qual podemos observar a utilização de perspectiva axonométrica.	19
<b>Figura I.25</b> - Desenhos de Lissitsky (1927-1928) - ambiguidade do desenho axonométrico.	19
<b>Figura I.26</b> - a) Desenhos de Theo van Doesburg e Corvan Eesteren (1897-1988) para uma casa particular (1923). b) Desenho do projecto de Alberto Sartoris para a <i>Villa du Dr. Roman Brum à Lausanne</i> (1934).	19

<b>Figura I.27</b> - Desenho do projecto para <i>La Máscara de la Medusa</i> (1998 - Buenos Aires).	20
<b>Figura I.28</b> - Villa Savoye, Le Corbusier, 1929.	20
<b>Figura I.29</b> - Representação axonométrica para ilustrar problemas na física.	21
<b>Figura I.30</b> - Axonometria do espaço-tempo.	21
<b>Figura I.31</b> - Esquiço do Arquitecto Siza Vieira.	21
<b>Figura I.32</b> - Plano Axonométrico.	22
<b>Figura I.33</b> - Imagem de uma peça de mobiliário em perspectiva axonométrica.	22
<b>Figura I.34</b> - Perspectiva axonométrica isométrica.	22
<b>Figura I.35</b> - Representação ortográfica realizada por William Fetter.	23
<b>Figura I.36</b> - Visualização informática e jogos de computador.	24
<b>Figura I.37</b> - Exemplos de trabalhos de alunos.	24
<b>Figura I.38</b> - Perspectivas à mão levantada.	24
<b>Figura II.1</b> - Fascinating Shadow Art by Kumi Yamashita.	25
<b>Figura II.2</b> - Kumi Yamashita and Tim Noble + Sue Webster.	25
<b>Figura II.3</b> - Kumi Yamashita and Tim Noble + Sue Webster.	25
<b>Figura II.4 - II.5 - II.6 - II.7 - II.8 - II.9 - II.10 - II.11</b> - exercícios realizados pelos alunos - utilização dos instrumentos adequados.	28
<b>Figura II.12 - II.13 - II.14</b> - maquetas realizadas pelos alunos - estudo do sólido (prisma triangular) e sua planificação.	29
<b>Figura II.15 - II.16 - II.17 - II.18</b> - maquetas realizadas pelos alunos - estudo do sólido (prisma triangular) e do plano axonométrico.	30
<b>Figura II.19 - II.20 - II.21 - II.22 - II.23 - II.24</b> - execução do sólido no programa de 3D - <i>Sketchup</i> - realizado pelos alunos.	31
<b>Figura V.25 - V.26</b> - Axonometrias à mão levantada - Fotos tiradas numa das aulas de GD, leccionadas pelo responsável pela disciplina de GD.	39
<b>Figura V.27</b> - Axonometrias à mão levantada - Fotos tiradas numa das aulas de GD, leccionadas pelo responsável pela disciplina de GD.	39

## Lista de Acrónimos

Tabela 1 - Lista de Abreviatura, siglas e símbolos

<b>Sigla</b>	<b>Nomenclatura</b>
GD	Geometria Descritiva
GD-A	Geometria Descritiva A

# Índice

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
MOTIVAÇÃO E OBJECTIVOS .....	10
ORGANIZAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO .....	11
<b>CAPÍTULO I. ESTADO DA ARTE . SISTEMA AXONOMÉTRICO DE REPRESENTAÇÃO</b> .....	<b>12</b>
1. OS PRIMÓRDIOS .....	12
1.1. A TRADIÇÃO OCIDENTAL .....	12
1.2. A TRADIÇÃO ORIENTAL .....	13
2. O OCIDENTE - A PARTIR DO SÉC. XV .....	14
2.1. A ARQUITECTURA CIVIL .....	15
2.2. A ARQUITECTURA MILITAR .....	16
2.3. A MATEMÁTICA (GEOMETRIA) .....	16
2.4. O DESENHO TÉCNICO .....	17
3. O SÉCULO XIX .....	18
4. O SÉCULO XX .....	19
5. O PRESENTE .....	21
5.1. REPRESENTAÇÃO TRIDIMENSIONAL EM MEIOS COMPUTACIONAIS .....	23
<b>CAPÍTULO 2. ABORDAGEM METODOLÓGICA</b> .....	<b>25</b>
2.1 MÉTODO .....	25
2.2 INSTRUMENTOS .....	26
2.2 PARTICIPANTES .....	27
2.3 PROCEDIMENTOS - DESCRIÇÃO DAS EXPERIMENTAÇÕES .....	28
1ª SESSÃO EXPERIMENTAL - AVALIAÇÃO INICIAL .....	28
2ª SESSÃO EXPERIMENTAL - AVALIAÇÃO INTERMÉDIA .....	29
3ª SESSÃO EXPERIMENTAL - AVALIAÇÃO FINAL .....	30
<b>CAPÍTULO 3. RESULTADOS OBTIDOS</b> .....	<b>32</b>
EXPERIMENTAÇÕES .....	32
GRELHA DE OBSERVAÇÃO .....	33
COMENTÁRIOS DOS ALUNOS .....	34
<b>CAPÍTULO 4. DISCUSSÃO</b> .....	<b>35</b>
<b>CAPÍTULO 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>38</b>
<b>BIBLIOGRAFIA E NETGRAFIA</b> .....	<b>40</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>43</b>
ANEXO 1 - GALERIA DE FOTOGRAFIAS DOS ALUNOS COM A APLICAÇÃO DAS EXPERIMENTAÇÕES .....	43
<b>APÊNDICES</b> .....	<b>46</b>
APÊNDICE 1 - ENUNCIADO E RESOLUÇÃO DO EXERCÍCIO PRÁTICO DE EXPERIMENTAÇÃO .....	46
APÊNDICE 2 - GRELHA DE OBSERVAÇÃO E RESPECTIVAS INFORMAÇÕES .....	46

# Introdução

## Motivação e Objectivos

Esta investigação procurou mostrar que o desenvolvimento de uma nova representação do espaço tridimensional necessita tanto dos saberes teóricos da disciplina de Geometria Descritiva, bem como do uso de novos meios educativos integrados nos meios tradicionais, enfatizando a importância da disciplina em questão. Ao criar novos modelos de apoio à leccionação dos conteúdos das representações axonométricas, o aluno tem a possibilidade de visualizar os objectos no espaço tridimensional, podendo desta forma analisar diferentes situações.

A Geometria Descritiva é a responsável pelo estudo das formas espaciais, é também uma ferramenta de trabalho necessária e essencial em diversas profissões, como é o caso do arquitecto, do *designer*, entre outros, que recorre à Geometria Descritiva quando precisa de resolver graficamente um problema sobre objectos no espaço. Trata-se de uma disciplina que desenvolve o raciocínio, o rigor geométrico, o espírito de iniciativa e o de organização.

Deste modo, o principal objectivo desta investigação foi apresentar formas alternativas e inovadoras para viabilizar o processo do ensino-aprendizagem da GD e para uma melhor compreensão e empenhamento dos alunos, de forma a identificar os problemas da Unidade Programática definida - **Representações Axonométricas** - unidade em que os alunos têm mais dificuldades na aprendizagem e apontar alternativas para a promoção do sucesso desta unidade programática.

Ao longo dos anos, têm-se feito várias experiências no sentido de colmatar as dificuldades que os alunos revelam em perceberem elementos abstractos, como por exemplo, “pontos que não têm dimensões”. Uma das formas que tem vindo a ser experienciada, pela maior parte dos professores, para auxiliar o relacionamento dos objectos geométricos com a sua representação é a construção de modelos. No entanto, estes modelos apresentam sempre limitações, que começam na simulação insuficiente do espaço, pelo que têm surgido, no sentido de colmatar estas dificuldades, aplicações 3D e também *softwares* que ajudam a visualizar o problema e o uso de construções em maquetas. Existem também vários recursos disponíveis na *Web*, mas conforme pudemos constatar na nossa experiência junto dos alunos, estes revelaram não sentir segurança na utilização dos mesmos, já que muitos desses aplicativos informáticos exigem conhecimentos prévios dos conteúdos curriculares, não se adaptando ao ensino que se quer mais individualizado e adaptado ao estilo e desenvolvimento de cada aluno.

O incentivo contínuo da utilização de recursos didácticos, como maquetas, as novas tecnologias, ou qualquer objecto encontrado na própria sala, para exemplificar a exposição dos conteúdos da geometria descritiva, desperta nos alunos um “olhar” diferente para o ambiente de convívio e desempenho. Não podemos ficar indiferentes às mudanças que temos vindo a assistir no panorama educativo, marcadas pelo desenvolvimento das novas tecnologias da informação e comunicação. É necessário repensar as práticas, métodos e estratégias pedagógicas utilizadas pelos professores, de forma a contribuir para a inovação na sala de aula.

A disciplina exige a visualização de conceitos geométricos abstractos tais como pontos, rectas, planos, figuras e sólidos, que se movimentam e intersectam de variadas formas. Estes conceitos revestem-se,

muitas vezes, de tal complexidade, que os professores recorrem amiúde a modelos improvisados na tentativa de elucidar os alunos. Neste sentido, a utilização de modelos digitais permite ampliar o conjunto de ferramentas à disposição dos docentes.

## Organização da Investigação

Este trabalho está organizado em cinco Capítulos e pretende contribuir para o estudo da aplicação de novas metodologias apoiadas em técnicas de recursos didáticos e pedagógicos alternativos e complementares, que auxiliem e estimulem os alunos na aprendizagem de conceitos básicos de Geometria Descritiva, a saber:

Na “**Introdução**” explica-se a motivação para o estudo e os objectivos. Enumera-se também a organização e a descrição dos temas abordados na investigação.

O *Capítulo I - Estado da Arte* - apresenta uma descrição sucinta da história e evolução do sistema axonométrico de representação ao longo dos séculos até aos dias de hoje. Este capítulo tem o objectivo de identificar os conceitos relacionados com as perspectivas axonométricas e a evolução dos sistemas de representação.

O *Capítulo II - Abordagem Metodológica* - expõe um conjunto de três experimentações, que motivam o recurso à utilização de modelos tridimensionais como facilitadoras do ensino-aprendizagem. Descrevem-se as experiências realizadas com uma amostra constituída por alunos específicos.

O *Capítulo III - Resultados Obtidos* - apresenta as experiências realizadas, assim como as respostas dadas pelos alunos às diversas situações e os resultados das mesmas, tendo uma grelha de observação como registo base.

O *Capítulo IV - Discussão* - relaciona os resultados esperados com os resultados observados e alcançados. Apresenta um sentido crítico aos aspectos previamente estudados e estratégias noutros sistemas de ensino alternativos (Alemanha e Finlândia), em comparação ao sistema de ensino português e mais precisamente ao ensino-aprendizagem da Geometria Descritiva.

O *Capítulo V - Conclusões e Recomendações Finais* - apresenta as principais conclusões retiradas de todo este processo e apresenta algumas possibilidades para o futuro da utilização de recursos alternativos no ensino da Geometria Descritiva. Apresenta-se também propostas para futuras investigações no tema.

No final dos cinco Capítulos apresentam-se as *Referências Bibliográficas* inerentes à realização deste trabalho, pelas normas APA.

Por fim, os *Anexos* e os *Apêndices* aparecem no final, com todo o material fundamental ao auxílio desta investigação.

# Capítulo I

## ESTADO DA ARTE . sistema axonométrico de representação

O termo **axonometria** apareceu pela primeira vez em 1852 na obra *Lehrbuch der axonometrischen Projektionslehre* com os autores L. e H. Meyer. Etimologicamente, este vocábulo deriva de dois termos gregos,  $\alpha\chi\omega\nu$  (*axôn*), que significa eixo, e,  $\mu\epsilon\tau\rho\nu$  (*metron*), que significa medida<sup>1</sup>. O primeiro sentido grego da palavra *axôn* significa o eixo de uma roda, o eixo do freio de um cavalo, o eixo de um sólido de revolução<sup>2</sup>. Contudo, a palavra *axôn* utilizada no plural (*axones*) designa, também, as leis dadas por Sólon<sup>3</sup> aos Atenienses, pois eram gravadas em prismas giratórios, que permitia que fossem lidas de todos os lados.

### 1. Os primórdios

Fazer uma abordagem histórica ao tema **Axonometria** não deverá, nem poderá, corresponder a limitar inferiormente o intervalo de tempo do estudo à data 1852. É necessário seguir um rol de acontecimentos históricos. Fazer um percurso diacrónico corresponderá, em primeiro lugar, a olhar para a história das representações gráficas (Mateus, 2004).

#### 1.1. A Tradição Ocidental

Em geral, na tradição pictórica Ocidental está presente um preconceito óptico da visão. Isto manifesta-se desde a Grécia antiga, lugar em que a Óptica foi inventada, e culminou no séc. XV com o estabelecimento das regras geométricas da Perspectiva por Leon Battista Alberti<sup>4</sup> (Mateus, 2004).

A evolução do Homem dotou-o de um apurado sentido da visão, bastante desenvolvido, conseguindo ver em profundidade. (Figueiredo, 2007) Da Mesopotâmia foram encontradas pedras argilosas sulcadas apresentando plantas, base da construção de monumentos e edificações. Os Romanos traçavam já desenhos para a execução de aquedutos, edificações ou fortalezas (Mateus, 2004).

Desde sempre o Homem sentiu a necessidade de representar o meio envolvente. Sentindo a necessidade de comunicar através do desenho, o ser humano deparou-se com uma dificuldade: a da representação da tridimensionalidade num suporte bidimensional (figura I.1), (Figueiredo, 2007).



**Figura I.1** - a) Pintura na gruta de Lascaux, França, datada de há cerca de 17 000 anos; b) vaso grego, representando Hércules em luta com Antaios, datado de 510 a.C.; c) O Jardim das Delícias, Hieronymus Bosch, cerca de 1500 d.C.. A profundidade não é representada, a não ser pela sobreposição dos objectos. Figura retirada a 4 de Março de 2011 em: <http://hdl.handle.net/10216/11043>

<sup>1</sup> Jean Aubert, *Axonométrie*, p. 82

<sup>2</sup> Op. Cit. (1), p. 82

<sup>3</sup> Sólon (640-558 a.C.) foi legislador ateniense e poeta. Foi o fundador da democracia.

<sup>4</sup> Leon Battista Alberti (1404-1472) - Escultor, pintor, arquitecto, humanista e músico italiano.

O registo mais antigo que se conhece deste tipo de representação data do séc. IV a.C. é uma representação de um frontão num fragmento de cerâmica (figura I.2). Na pintura medieval também é possível encontrar *representações axonométricas*. Veja-se, por exemplo o caso de Giotto<sup>5</sup>. (figura I.3). Neste caso, a *axonometria* aparece como excepção, misturada com a perspectiva, isto é, com a convergência das linhas, num contexto pré-renascentista. Há ainda o exemplo de Ambrogio Lorenzetti<sup>6</sup>, cuja pintura faz lembrar as tendências de uma pintura do séc. XX (figura I.4).



figura I.2

figura I.3

figura I.4

Figura I.2 - Representação proto-axonométrica (fragmento de cerâmica do séc. IV a.c.).

Figura I.3 - Representação proto-axonométrica (Fresco na Igreja de *Santa Croce*, Florença, Itália, séc. XIII/XIV).

Figura I.4 - Tábua intitulada *Cidade à Beira-Mar*.

Figura retirada a 4 de Março de 2011 em: <http://www.fa.utl.pt/~lmmateus>

## 1.2. A Tradição Oriental

A gramática pictórica Oriental permaneceu praticamente inalterada ao longo dos séculos, correspondendo essencialmente à *representação axonométrica*. Esta permanência dura, pelo menos, até ao séc. XIX. Há, inclusivamente, um tratado de arquitectura chinês, da autoria de Le Ying Tsao Fa Shih, datado de 1097. Neste, aparecem desenhos de encaixes de peças de madeira num tipo de representação que actualmente se designa por *axonometria cavaleira*. Na figura I.5 é dado outro exemplo de uma representação do séc. XI. Mas é na pintura que existem mais testemunhos da *representação axonométrica*.

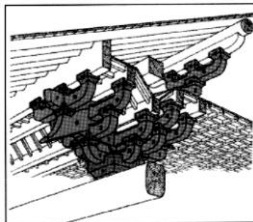


figura I.5



figura I.6

Figura I.5 - Representação Axonométrica do séc. XI).

Figura retirada a 4 de Março de 2011 em: [http://home.fa.utl.pt/~lmmateus/publicacoes/PAPCC\\_axonometria.pdf](http://home.fa.utl.pt/~lmmateus/publicacoes/PAPCC_axonometria.pdf)

Figura I.6 - Interior de uma casa de entretenimento do final do séc. XVI.

Figura retirada a 4 de Março de 2011 em: [www.allempires.net/why-was-europe-first\\_topic14829\\_page6.html](http://www.allempires.net/why-was-europe-first_topic14829_page6.html)

Os artistas asiáticos também se interessaram em desenvolver um método de representação do espaço e aplicaram a perspectiva paralela como linguagem pictórica própria, ignorando por completo as leis da óptica, da diminuição dos objectos em relação à distância, ou dos efeitos da luz e sombra (figuras I.6, I.7 e I.8).

<sup>5</sup> Giotto di Bondone (1266-1337) - Pintor e Arquitecto italiano, nascido em Vespignano, Florença

<sup>6</sup> Pietro Ambrogio Lorenzetti (1280-1384) - Pintor italiano



figura I.7



figura I.8

**Figura I.7** - Axonometria. Interior de uma habitação japonesa.

Figura retirada a 4 de Março de 2011 em: [www.historiasztuki.com.pl/1\\_STAR\\_WSCH\\_JAPAN\\_MAL.html](http://www.historiasztuki.com.pl/1_STAR_WSCH_JAPAN_MAL.html)

**Figura I.8** - Pintura em biombo onde é bem visível a axonometria de um edifício.

Figura retirada a 4 de Março de 2011 em: [www.historiasztuki.com.pl/1\\_STAR\\_WSCH\\_JAPAN\\_MAL.html](http://www.historiasztuki.com.pl/1_STAR_WSCH_JAPAN_MAL.html)



Noutro exemplo do séc. XIV, de autoria atribuída ao pintor Wang Cheng-Ming, pode, mais uma vez, verificar-se a estruturação do espaço do quadro através da *representação axonométrica cavaleira* (figura I.9).

**Figura I.9** - Representação Axonométrica Cavaleira - cópia datada do séc. XVII.

Figura retirada a 4 de Março de 2011 em:

[http://home.fa.utl.pt/~lmmateus/publicacoes/PAPCC\\_axonometria.pdf](http://home.fa.utl.pt/~lmmateus/publicacoes/PAPCC_axonometria.pdf)

Os exemplos mais conhecidos onde podemos observar a aplicação deste tipo de representação, são as pinturas em biombos e em pergaminhos verticais e horizontais. São notórias as diferenças entre a perspectiva paralela e a linear. (figura I.10). Os exemplos apresentados demonstram representações proto-axonométricas na pintura Oriental (figuras I.11 e I.12).

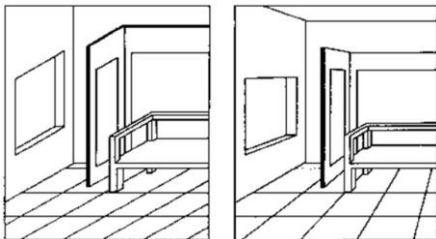


figura I.10



figura I.11



figura I.12

**Figura I.10** - A figura mostra as diferenças entre a axonometria usada na pintura chinesa (figura da esquerda) e a perspectiva linear da arte europeia (figura da direita). A principal característica da axonometria é o seu ponto elevado, e as linhas paralelas de projecção nas três direcções. Figura retirada a 4 de Março de 2011 em:

<http://www.iias.nl/iias/iiasna/eastasia/krikke/fig2.html>

**Figura I.11** - Quadro “Han XiZai dá um banquete” do pintor chinês Gu HongZhong (séc. X).

**Figura I.12** - Quadro do pintor japonês Utagawa Yoshikazu (sec. XIX) .

Figuras retiradas a 4 de Março de 2011 em: <http://www.fa.utl.pt/~lmmateus>

## 2. O Ocidente - a partir do séc. XV

A partir do séc. XV muitos foram os caminhos que conduziram à axonometria. Estes vários caminhos estão relacionados com a Arquitectura Civil, a Arquitectura Militar, a Matemática (Geometria) e o desenho de máquinas. No séc. XV, Leonardo da Vinci impulsionou o processo de representação com o estudo do desenho e da pintura, recorrendo a perspectivas e sombreado no registo gráfico dos seus inventos. Prevalencia contudo uma grande dificuldade na representação de peças tridimensionais.

Com o desenvolvimento da câmara escura, os renascentistas puderam observar algumas regras na representação da profundidade, tendo estas sido esquematizadas pelo italiano Leone Alberti, cerca de

1435, no seu tratado *De la Pittura* (figura I.13). A representação perspéctica que hoje utilizamos baseia-se neste trabalho (Figueiredo, 2007).

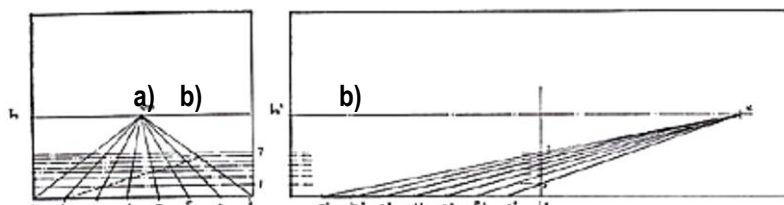


Figura I. 13 - Esquema de Alberti sobre a representação perspéctica: a) ponto de fuga e b) linha do horizonte. Figuras retiradas a 4 de Março de 2011 em: <http://hdl.handle.net/10216/11043>

## 2.1. A Arquitectura Civil

No Renascimento, a geometria era muito importante na arquitectura, pois os arquitectos renascentistas criavam os seus edifícios com a teoria da proporcionalidade. Tal como os gregos, a geometria era expressa nos sólidos traduzidos em unidades espaciais.

A ideia das projecções ortogonais era uma representação já mencionada na antiguidade pelo arquitecto Vitruvio, quando este refere a necessidade da planta - um corte horizontal (ichonographia) e a necessidade do alçado - um corte vertical (orthographia). Os contributos que a arquitectura civil deu para o aparecimento da axonometria prendem-se, obviamente, com as questões ligadas à representação. No séc. XV, os textos de referência sobre a arquitectura são de Vitruvio, Alberti, e de Rafael<sup>7</sup>. As primeiras respostas a esta questão resultaram sobre a forma de um tipo de desenho que se pode designar por *proto-axonométrico*<sup>8</sup>. O resultado são “quase” *axonometrias cavaleiras*. Este tipo de desenhos pode ser encontrado por exemplo em Leonardo da Vinci<sup>9</sup>. Há ainda os desenhos de Baldassare Peruzzi<sup>10</sup>. Veja-

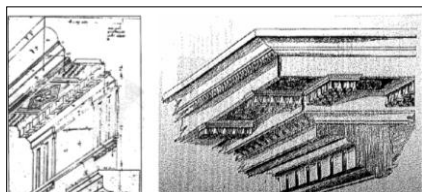


figura I.14

figura I.15

se o exemplo do desenho para um projecto de São Pedro em Roma, de 1530. No *Codex Coner*<sup>11</sup>, podem observar-se detalhes em corte perspectivado, em que o ângulo de visão é inferior (figura I.14). Também em *Architecture*<sup>12</sup>, de Philibert de l’Orme<sup>13</sup>, se podem encontrar detalhes em “quase” *axonometria cavaleira* (figura I.15).

Figura I.14- Figura do *Codex Coner* (tratado de arquitectura do séc. XVI).

Figura I.15 - Figura do Tratado *Architecture* do arquitecto Philibert de l’Orme (tratado de arquitectura do séc. XVI). Figuras retiradas a 4 de Março de 2011 em: <http://www.fa.utl.pt/~lmmateus>

O carácter analítico do desenho arquitectónico teve eco no desenvolvimento de métodos de articulação das representações em planta, corte e alçado, desde Durer<sup>14</sup> até Monge<sup>15</sup>, e deste último, até ao princípio do séc. XX.

<sup>7</sup> Yves Alain-Bois, “*Avatars de l’axonométrie*”, p. 131 (vidé bibliografia) Rafael como autor do terceiro texto é uma conjectura.

<sup>8</sup> Op. Cit. (7), p. 132

<sup>9</sup> Leonardo da Vinci (1452-1519) - Pintor, escultor, arquitecto e cientista italiano nascido em Vinci.

<sup>10</sup> Baldassare Peruzzi (1481-1536) - Arquitecto italiano.

<sup>11</sup> Tratado de Arquitectura datado de 1515.

<sup>12</sup> Tratado de Arquitectura datado de 1567.

<sup>13</sup> Philibert de l’Orme (1500/15-1570) - Arquitecto francês.

<sup>14</sup> Albrecht Durer (1471-1528) - Desenhador, pintor, gravador e geómetra alemão. Inventou um método de articulação de três vistas cuja designação se pode traduzir por “o transferidor”.

## 2.2. A Arquitectura Militar

A partir de meados do séc. XVI, a Arquitectura Militar deixou de constituir um sub-capítulo dos tratados de arquitectura para passar a ter uma literatura própria. Nestes tratados adoptou-se um sistema gráfico (que hoje se conhece como axonometria militar dadas as suas origens) que permite eliminar da representação os ângulos mortos e a redução gráfica com a profundidade dados pela perspectiva (Mateus, 2004).

A nova representação com projecções paralelas, permite a separação do chão para uma visão “aérea”, permitindo ver os objectos como se eles fossem pequenos. Podemos encontrar muitos exemplos da aplicação da axonometria nos sécs. XVI e XVII, nas representações aéreas de cidades, edifícios ou cartas militares (figuras I.16 e I.17). Em mapas de fortificações podemos ainda observar o registo de esquemas estratégicos militares de guerra (Mateus, 2004).



figura 16

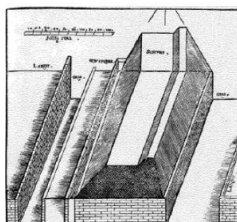
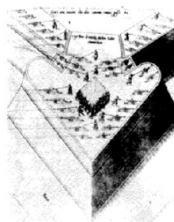


figura 17 a)



b)



c)

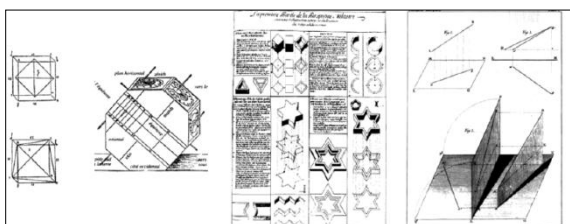
**Figura I.16** - Exemplo de uma perspectiva axonométrica onde é notória a utilidade da visão aérea. Figura retirada da obra de Philippe COMAR, *La Perspective en Jeu - Les dessous de l' image*, Découvertes Gallimard Arts, 1992, p. 55.

**Figura I.17** - a) Figura de *Della Fortificazione delle Città* de Girolamo Maggi e Jacomo Castrioto, Veneza (tratado de arquitectura militar do séc. XVI) b) Figura do tratado *On Military archithecture* de F. de Marchi, Brescia (tratado de arquitectura militar do séc. XVI.) c) Figura do tratado *Des Fortifications et artifices de architecture et perspective* de J. Perret de Chamberry (tratado de arquitectura do séc. XVII).

Figuras retiradas a 4 de Março de 2011 em: <http://www.fa.utl.pt/~lmmateus>

## 2.3. A Matemática (Geometria)

Outra origem possível para o desenvolvimento da axonometria prende-se com a Matemática e com a Geometria. Luca Pacioli<sup>16</sup> no seu tratado *Divina Proportione* (Veneza 1509) apresenta alguns desenhos



a)

b)

c)

d)

**Figura I.18** - a) Figura do tratado *Divina Proportione* de Luca Pacioli (Veneza 1509), b) Figura do tratado *Underweysung Der Messung* (1525), c) Figura do tratado de T. Luders de 1680, d) Figura *Geométrie Descriptive* de Gaspard Monge (1798).

Figura retirada a 4 de Março de 2011 em: <http://www.fa.utl.pt/~lmmateus>

A tendência manteve-se e pode encontrar-se a *representação axonométrica* por exemplo no tratado de T. Luders de 1680, neste caso em *axonometria militar* (figura I.18c).

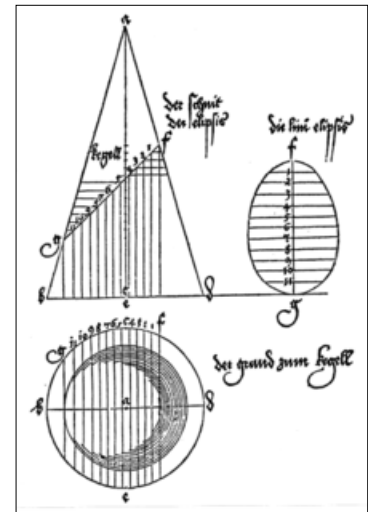
<sup>15</sup> Gaspard Monge (1746-1818) - Engenheiro, Físico, Matemático e Geómetra francês. Fundou a Geometria Descritiva.

<sup>16</sup> Luca Pacioli (1445-1520) - Matemático italiano.

Mesmo Gaspard Monge, na sua *Geométrie Descriptive* (1798), ilustra os princípios do seu método de representação através de dois desenhos em *axonometria cavaleira* (figura I.18d).

## 2.4. O Desenho Técnico

No século XVII, por patriotismo e visando facilitar as construções de fortificações, o matemático francês Gaspar Monge, que além de sábio era dotado de extraordinária habilidade como desenhista, criou, utilizando projecções ortogonais, um sistema com correspondência biunívoca entre os elementos do plano e do espaço. Somente no séc. XVIII Gaspar Monge sistematiza a representação de objectos de carácter espacial. Admite que o espaço é subdividido através de dois planos ortogonais e que sobre eles são definidas projecções. Este conceito é ainda a base do desenho técnico como hoje é praticado. Utilizam-se ainda técnicas de sombra ou cor (figura I.19). O sistema criado por **Gaspar Monge**, publicado em 1795 com o título “*Geometrie Descriptive*” é a base da linguagem utilizada pelo **Desenho Técnico**.



**Figura I.19** - Exercício moderno de perspectiva realizado por Albrecht Dürer.  
Figura retirada a 4 de Março de 2011 em: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Geometria\\_descritiva](http://pt.wikipedia.org/wiki/Geometria_descritiva)

O francês Gaspard Monge, nascido no século XVIII, foi considerado o professor que “via muito bem no espaço”, ocupa um lugar definitivo na história da Geometria Descritiva e, por conseguinte, no desenho técnico e na construção mecânica. Os seus estudos são hoje aplicados na engenharia, na arquitectura e no *design*. A Geometria Descritiva não é mais que um sistema de dupla projecção ortogonal. Gaspard Monge definiu a Geometria Descritiva como tendo “*por fim representar sobre um plano as figuras do espaço, de modo a poder resolver, com o auxílio da Geometria Plana, os problemas em que se consideram as três dimensões*”.

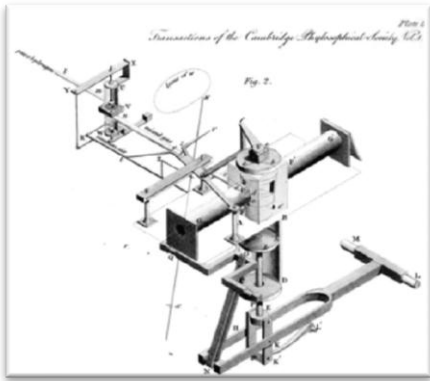
O inglês William Farish (1754-1837) aplicou bases geométricas à axonometria, e publicou em 1822 um artigo intitulado “*On Isometrical Perspective*” onde defende a necessidade de executar desenhos técnicos sem distorções ópticas. O que levou a formular a *isometria* - que significa *medidas iguais*, e que usa a mesma escala para a largura altura e profundidade. Existem três tipos de perspectivas axonométricas, a trimétrica, dimétrica e isométrica. A perspectiva trimétrica como a sua designação indica, tem três escalas de medição, a dimétrica duas e a isométrica apenas uma.<sup>17</sup>

## 2.5. O desenho de máquinas

Ao contrário dos seus desenhos de arquitectura, os desenhos das máquinas que idealizava são produzidos em *axonometria cavaleira*. Posteriormente, podem ver-se desenhos que correspondem a *axonometrias*, por exemplo, em tratados de relojoaria (Mateus, 2004).

<sup>17</sup> L. Veiga da Cunha, *Desenho Técnico, Lisboa*, Fundação Calouste Gulbenkian, 1976, p.217.

A partir do tratado de William Farish<sup>18</sup> a Axonometria ganha interesse por parte da comunidade dos Matemáticos e Geómetras, que fazem o seu tratamento algébrico (Mateus, 2004).



A ideia essencial era disponibilizar aos operários um meio gráfico que lhes permitisse compreender a montagem e desmontagem das máquinas nas fábricas. Esta intenção e o valor do método de representação para este efeito estão patentes na segunda figura do seu texto, em que é mostrada uma perspectiva isométrica de uma máquina (figura I.20) (Mateus, 2004).

Figura I.20 - Figura do tratado de William Farish *On Isometrical Perspective* (1822).  
Figura retirada a 4 de Março de 2011 em: <http://www.fa.utl.pt/~Immateus>

### 3. O século XIX

O método apresentado por Farish depressa chamou a atenção da comunidade matemática. Em pouco tempo começa a ser produzida literatura matemática sobre o tema, desvirtuando o objectivo inicial deste tipo de representação (Mateus, 2004).

Em 1852 C. e H. Meyer publicam um tratado em que aparece pela primeira vez a palavra axonometria (Mateus, 2004). Em 1853, Pohlke formula, sem apresentar nenhuma prova, aquele que viria a ser conhecido como o teorema fundamental da axonometria.

Mais tarde, esta conjectura foi demonstrada pelo matemático Schwarz. Posteriormente o teorema foi generalizado a quaisquer três segmentos de qualquer comprimento e fazendo entre si qualquer ângulos (figura I.21) (Mateus, 2004).

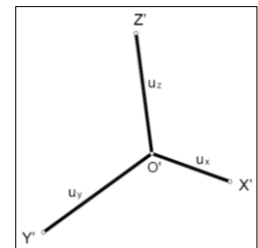


Figura I.21 - Teorema de Pohlke Schwarz.  
Figura retirada a 4 de Março de 2011 em: <http://www.fa.utl.pt/~Immateus>

As **Representações Axonométricas** em tratados de geometria descritiva, em que se coloca a ênfase na aplicação à representação de casos concretos, aparecem no estudo da estereotomia (estudo do corte da pedra) - figura I.22.

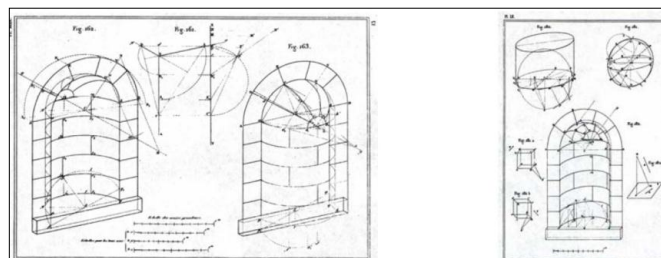


Fig. 22 - Figuras do *Traité de géometrie Descriptive* de Jules de la Gournerie (sec. XIX),  
Figura retirada a 4 de Março de 2011 em: <http://www.fa.utl.pt/~Immateus>

<sup>18</sup> William Farish (1759-1837) - Professor de Física na Universidade de Cambridge.

No fundo, a axonometria é uma representação perspéctica em que o observador se encontra no infinito (figura I.23).

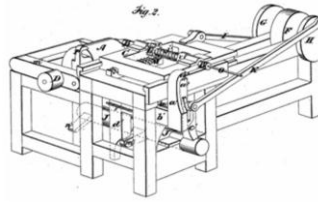


figura I.23



figura I.24

Figura I.23 - Desenho em sistema axonométrico de uma patente para *Machine for forming Temple-Teeth* (Maio, 1874);

Figura I.24 - Estampa japonesa do século XIX na qual podemos observar a utilização de perspectiva axonométrica. Figuras retiradas a 4 de Março de 2011 em: <http://hdl.handle.net/10216/11043>

Sistemas axonométricos, como a vista *cavaleira*, podem ser observados nas estampas japonesas trazidas para o mundo ocidental nos séculos XVIII e XIX (figura I.24). Era também um sistema utilizado para representar fortificações militares durante a Revolução Francesa.

#### 4. O século XX

A partir de 1919, o pintor suprematista russo El Lissitzky (1890-1941) defende a axonometria como modo de representar um novo espaço: “A *perspectiva central que se aplicava e se desenvolveu no Renascimento representou o cubo com um plano colocado paralelo ao observador. É uma concepção de fachada, a profundidade de um palco, por isso a perspectiva estava tão ligada à cenografia... inseriu o mundo num cubo, e este foi transformado de tal modo que no plano dá uma pirâmide (...)*” os artistas modernos ”...*não quiseram estar mais defronte do objecto, mas nele. Decompuseram o único centro da perspectiva em fragmentos*”... “O suprematismo deslocou para o infinito o vértice da pirâmide óptica da perspectiva.”<sup>19</sup> (Mateus, 2004).

No desenho para o *Abstract Cabinet* (1927-28), Lissitzky explora a ambiguidade do desenho axonométrico (figura I.25).

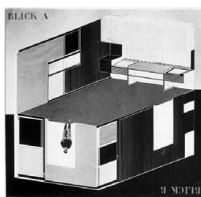


figura I.25

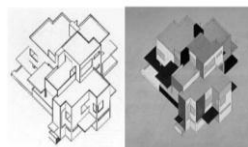


figura I.26

a)



b)

Figura I.25 - Desenhos de Lissitzky (1927-1928) - ambiguidade do desenho axonométrico.

Figura I.26 - a) Desenhos de Theo Van Doesburg e Corvan Eesteren (1897-1988) para uma casa particular (1923).

b) Desenho do projecto de Alberto Sartoris para a *Villa du Dr. Roman Brum à Lausanne* (1934).

Figura retirada a 4 de Março de 2011 em: <http://www.fa.utl.pt/~lmmateus>

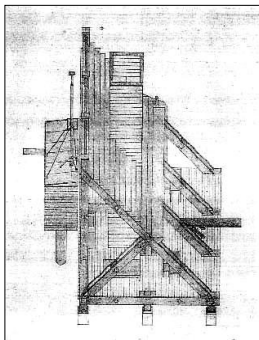
Segundo Yves Alain-Bois o nascimento moderno da axonometria teve lugar em 1923 na exposição De Stijl em Paris. Importada da pintura, a axonometria vem revelar-se como forma adequada de representar o espaço da nova arquitectura moderna, de volumes paralelepípedicos (Mateus, 2004).

<sup>19</sup> El Lissitzky, citação in Victor Consiglieri, *A Morfologia da Arquitectura*, vol I, p. 51 (vidé bibliografia).

O ensino da arquitectura no séc. XIX, herda em parte, a Geometria Descritiva, através do estudo do traçado das sombras, ignorando quase completamente as múltiplas possibilidades que oferece a perspectiva paralela. É preciso esperar até 1920 para encontrar desenhos de arquitectura onde a aplicação da perspectiva paralela é aplicada de uma forma sistematizada. Podemos afirmar que a partir desta altura a perspectiva paralela torna-se mesmo uma verdadeira teoria estética que vem animar o ensino praticado na **Bauhaus** (Santos, 2010).

Na exposição De Stijl, Theo van Doesburg (1883-1931) disse: “*Já então se demonstra o novo princípio de uma nova arquitectura espacial e funcional desenhada segundo o método axonométrico. Este método de representação permite a leitura simultânea de todas as partes da casa, vista nas suas justas proporções, isto é, sem pontos de fuga persécticos. Ao contrário, segundo a representação bidimensional, o desenho é imediatamente percebido sob o perfil volumétrico, na sua dimensão cúbica. A planta desaparece e dá lugar a um sistema de leitura em que se poderão ter claramente quer as medidas quer as estruturas necessárias. Compreende-se que todo o projecto, dos alicerces ao tecto, deverá ser também elaborado axonometricamente.*”<sup>20</sup>

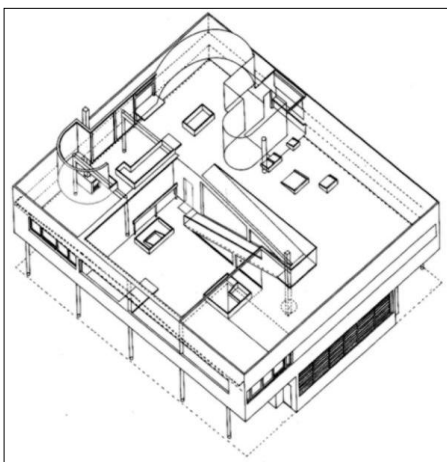
Vejam-se os desenhos de Theo van Doesburg e Cor van Eesteren (1897-1988) para uma casa particular (1923) (figura I.26a). Outro entusiasta da axonometria é o arquitecto Alberto Sartoris (1901-1998). Veja-se um desenho do projecto de Alberto Sartoris para a *Villa du Dr. Roman Brum à Lausanne* (1934) (figura I.26b) (Mateus, 2004).



**Figura I.27** - Desenho do projecto para *La Máscara de la Medusa* (1998 - Buenos Aires), Figura retirada a 4 de Março de 2011 em: <http://www.fa.utl.pt/~lmmateus>

Veja-se por exemplo o desenho do projecto para *La Máscara de la Medusa* (1998 - Buenos Aires) (figura I.27) (Mateus, 2004).

Outro exemplo marcante do séc. XX, é a *Villa Savoye*, de Le Corbusier, em 1929, do qual usa o sistema axonométrico para representar os espaços da casa em perspectiva isométrica (figura I.28)



**Figura I.28** - *Villa Savoye*, Le Corbusier, 1929. Através do sistema axonométrico de representação, é possível entender todos os espaços do conjunto arquitectónico, beneficiando da visão aérea, factor que favorece e simplifica o trabalho do arquitecto. Outro factor importante neste tipo de representações, no caso particular, isométrica, é a questão das escalas, que são sempre iguais em todo o desenho. Se o autor pretender alterar ou deslocar algum elemento que se encontra no desenho, pode fazê-lo sem se preocupar em recalcular a sua dimensão. Figura retirada a 4 de Março de 2011 em: <http://antoniotion.blogspot.com/2008/04/villa-savoye-project.html>

No séc. XX, alguns autores estão relacionados com esta questão e que estão ligados às axonometrias, como por exemplo, **Martin Kemp** encontrou inspiração ou orientação em dois ramos da óptica - a ciência da perspectiva geométrica e a física das cores. Por outro lado, **David Hockney** baseou-

<sup>20</sup> Theo van Doesburg, citação in Jules de La Gournerie (1814-1883) - Professor de Geometria Descritiva na *École Polytechnique*, vol I, pp. 50 e 51

se nas teorias de um homem inovador, pintor, artista, cenógrafo, fotógrafo e gravador britânico. A sua forma de trabalhar e de ver as coisas de uma forma mais destorcida é o mais importante nas suas obras. Para **Paul Calter**, a geometria é um ramo da matemática dinâmica, que também serve como uma ferramenta criativa para engenheiros, artistas e arquitectos. Para ele, a Geometria na Arte e na Arquitectura inclui todos os tópicos necessários para uma formação sólida na geometria e explora a influência intemporal da geometria na arte e na arquitectura. **Robert Lawlor** estudou os vários conceitos matemáticos, tais como a espiral logarítmica, a Proporção Áurea e a quadratura do círculo. **Sol LeWitt** foi um dos mais importantes artistas americanos do século XX, passou as últimas quatro décadas, criando obras que exploram o potencial de ideias para a confecção de formas visuais, que durante a década de 1960, através da sua volta para uma forma mais lírica e sensual de abstracção por volta de 1980, incluindo desenhos de parede sumptuosos, estruturas tridimensionais e obras sobre papel. No início dos anos 60, **Nadir Afonso** foi um dos marcos da arquitectura e da pintura, do qual foi um marco da geometria abstracta. A sua geometria passou a sugerir espaços, geralmente citadinos. Nadir procura, acima de tudo, "a pura harmonia", utilizando cores puras, que organiza em formas decorativas ou sequências geométricas sugerindo um ritmo ou efeitos ópticos.

## 5. O presente

Actualmente, a representação axonométrica está banalizada. Certas tradições permanecem (Mateus, 2004). As grandes vantagens das axonometrias prendem-se com o facto de aliarem, à representação simultânea das três dimensões de um dado objecto (permitindo uma imediata apreensão da sua forma), o rigor de uma representação à escala e uma grande correspondência com a Múltipla Projecção Ortogonal, permitindo ainda, a sua cotagem.

Por exemplo, os textos de matemática continuam a adoptar a representação axonométrica para ilustrar problemas (figura I.29), na física pode ser utilizada para ilustrar conceitos (figura I.30 - axonometria do espaço-tempo), (Mateus, 2004).

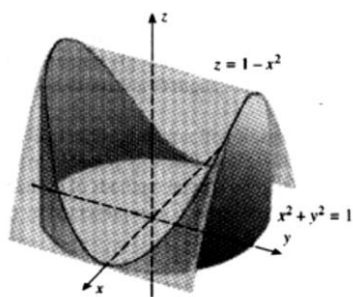


figura I.29

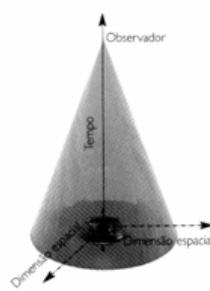


figura I.30

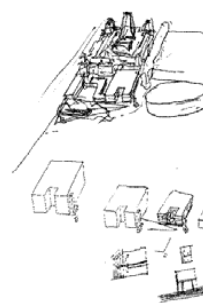


figura I.31

Figura I.29 - Representação axonométrica para ilustrar problemas na Matemática.

Figura I.30 - Axonometria do espaço-tempo na Física.

Figura I.31 - Esquiza do Arquitecto Siza Vieira,

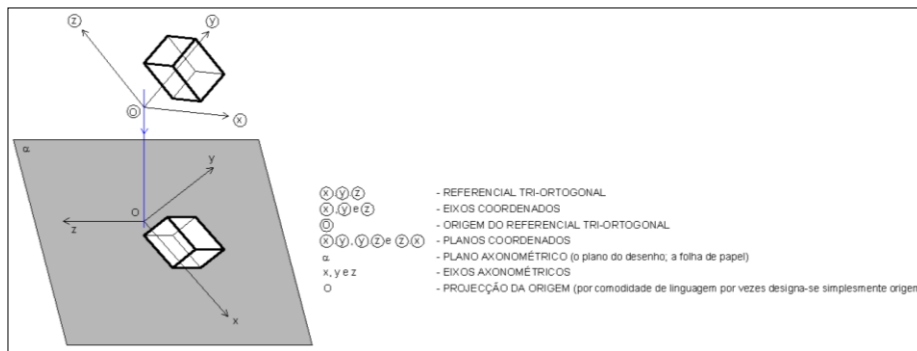
Figuras retiradas a 4 de Março de 2011 em: <http://www.fa.utl.pt/~lmmateus>

Na arquitectura também continua a ser utilizada. Por exemplo, para desenvolver uma ideia através de um esquiza (figura I.31 - esquiza do arquitecto Siza Vieira), ilustrar um modo ou sequência de construção (como exemplo um desenho de um projecto do arquitecto Renzo Piano) ou para ilustrar um pormenor construtivo (Mateus, 2004).

Depois desta abordagem sobre as representações axonométricas, pode-se classificar as representações axonométricas como: ortogonais e clinogonais, em que na primeira as projectantes são perpendiculares ao plano axonométrico.

As representações ortogonais podem ser isométricas, dimétricas ou trimétricas (ou anisométricas): isométricas no caso de os três eixos formarem, com o plano axonométrico, ângulos iguais, dimétricas se um dos eixos apresenta um ângulo diferente, e anisométricas se todos os ângulos apresentam valores diferentes. As representações clinogonais dividem-se em cavaleira e planométrica ou militar.

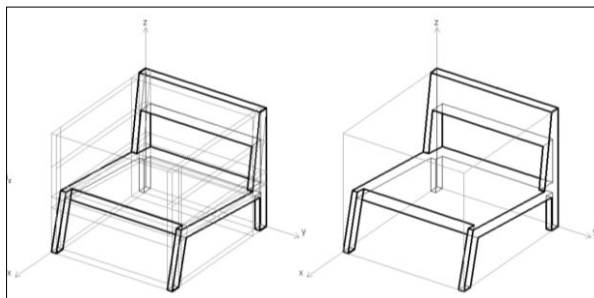
Em relação à Dupla Projectão Ortogonal e às Perspectivas Axonométricas apresentam duas grandes diferenças: os objectos são representados por única projecção (uma única vista), o que se deve à existência de um único plano de projecção; a perspectiva de um objecto representa, simultaneamente, três dimensões do objecto e as relações entre elas, em função do ponto de vista (figura I.32).



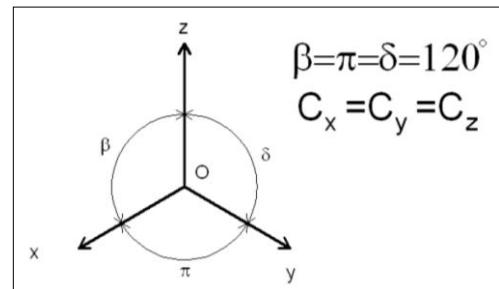
**Figura I.32 - Plano Axonométrico,**

Figura retirada a 4 de Março de 2011 em: <http://www.fa.utl.pt/~lmmateus>

Para representar um objecto mais ou menos complexo em axonometria, pode considerar-se o paralelepípedo que o circunscreve e em função da decomposição deste chegar àquele. Este método designa-se por método do paralelepípedo envolvente (figura I.33).



**figura I.33**



**figura I.34**

**Figura I.33 - Imagem de uma peça de mobiliário em perspectiva axonométrica,**

**Figura I.34 - Perspectiva axonométrica isométrica,**

Figuras retiradas a 4 de Março de 2011 em: <http://www.fa.utl.pt/~lmmateus>

O caso da perspectiva em isometria, em que os três eixos coordenados apresentam igual inclinação em relação ao plano axonométrico com a natural consequência da igualdade dos três coeficientes de redução e dos três ângulos axonométricos (figura I.34).

Actualmente, a utilização das novas tecnologias na GD, é muito importante, de forma a melhorar o ensino-aprendizagem. Vejamos o exemplo do site ([www.aproged.pt](http://www.aproged.pt)) directamente ligado à GD, com

conteúdos e programas sempre actualizados, do qual apresenta exercícios resolvidos de exames nacionais e para que os alunos possam praticar em casa ou na escola.

Não podemos ficar indiferentes às mudanças que temos vindo a assistir no panorama educativo, marcadas pelo desenvolvimento das tecnologias da informação e comunicação (TIC). É necessário repensar as práticas, métodos e estratégias pedagógicas utilizadas pelos professores, de forma a contribuir para a inovação na sala de aula. (Rocha, 2009).

O incentivo contínuo da utilização de recursos didácticos como maquetas ou qualquer objecto encontrado na própria sala para exemplificar a exposição dos conteúdos da GD desperta no aluno um “olhar” diferente para o seu ambiente de convívio. Assim fixará os conceitos adquiridos na confecção das maquetas.

Posteriormente, e depois de uma pesquisa a sites existentes na Web sobre GD, com a ideia de compreensão e integração do que está a ser feito e adequado como instrumentos de trabalho para o ensino-aprendizagem das Representações Axonométricas na disciplina de GD (exemplos de sites: Aproged, Vera Viana, António de Campos, etc), denotou-se que alguns deles ajudam bastante os alunos a estudar Geometria Descritiva, disponibilizando um vasto número de exercícios resolvidos de exames nacionais e outros passo a passo.

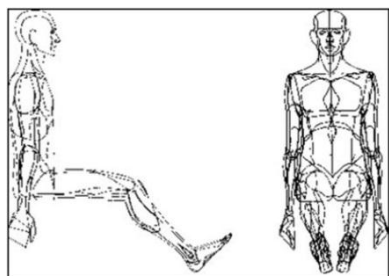
Tal podemos verificar, que nos sites, por exemplo, da Aproged, Vera Viana, etc, disponibilizam diferentes tipos de programas para a execução de alguns exercícios em formato digital e através das novas tecnologias, em que os alunos podem, em casa, fazer pesquisas de exercícios sobre todos dos conteúdos leccionados na disciplina e de exames nacionais (Xavier, 2001).

Considera-se que uma eventual reorganização curricular centrada em critérios de gestão que reduziram para dois anos uma disciplina que, outrora, foi trienal, explicaria a amputação de alguns assuntos, designadamente, o estudo da projecção axonométrica, que se irá reflectir nos resultados do exame nacional. (ME, 2007)

Um exemplo português da aplicação experimental das mais recentes teorias é o da **Escola da Ponte**. Localizada em Vila das Aves, foi criada com o objectivo de permitir a cada aluno desenvolver as suas capacidades ao seu ritmo de aprendizagem, aplicando assim os princípios construtivistas. A escola é única no país. Em geral, podemos considerar que o modelo que vigora na maioria das escolas portuguesas se baseia no treino como método de aprendizagem. (Pode ser consultado o seu projecto em: <http://www.eb1-ponten1.rcts.pt/html2/portug/bemvindo.htm>) (Xavier, 2001).

### 5.1. Representação tridimensional em meios computacionais

No tempo actual a novidade histórica ao nível da representação axonométrica vem através do desenho computacional. A representação tridimensional em meios computacionais surgiu em 1960 quando o



americano William Fetter precisou de otimizar o espaço do *cockpit* de um avião para tornar o seu aproveitamento mais eficiente. Fetter acabou por fazer uma representação ortográfica computacional do corpo humano (figura I.35) (Figueiredo, 2007).

**Figura I.35** - Representação ortográfica realizada por William Fetter.  
Figura retirada a 4 de Março de 2011 em: <http://hdl.handle.net/10216/11043>

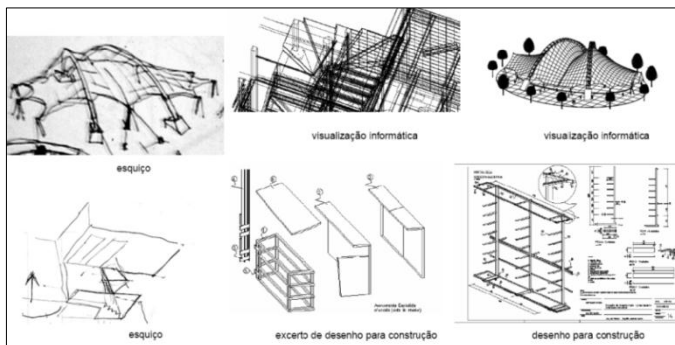
Três anos mais tarde, o americano Ivan Sutherland apresentaria a sua tese de doutoramento, intitulada *Sketchpad: A Man-Machine Graphical Communications System*. O software *Sketchpad*, desenvolvido por Sutherland, ainda hoje é utilizado, com actualizações, e permite a construção de elementos geométricos, como curvas, rectas e polígonos, num monitor de computador., do qual se assemelha ao programa *Sketchup* (Figueiredo, 2007).

As Representações axonométricas apareceram em visualização informática, tal como se pode ver nas imagens a seguir expostas (figura I.36).



**Figura I.36** - Visualização informática e jogos de computador.  
Figura retirada a 4 de Março de 2011 em: <http://www.fa.utl.pt/~lmmateus>

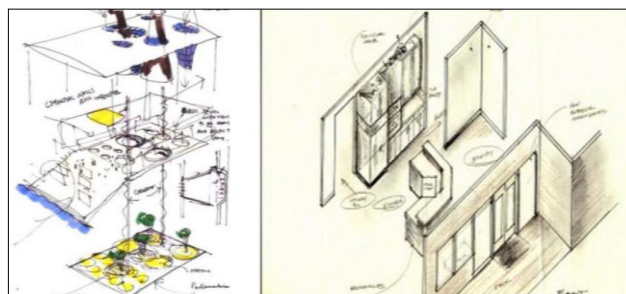
Exemplos da prática profissional: esboços, visualizações informáticas e desenhos construtivos, também se podem enumerar como exemplos de trabalhos de alunos sobre perspectivas axonométricas (figura I.37). Podemos assim dizer que o aparecimento do computador trouxe mudanças não só tecnológicas



como estratégicas: mudou o modo como se aprende, mudaram as relações entre professores e alunos e mudou o rumo da reflexão sobre o conhecimento. (Teodoro, 1991)

**Figura I.37** - Exemplos de trabalhos de alunos.  
Figura retirada a 4 de Março de 2011 em: <http://www.fa.utl.pt/~lmmateus>

Nos exemplos apresentados (figura I.38), no desenho da esquerda é feita uma “explosão” do objecto de modo a facilitar a visualização das relações entre os vários elementos constituintes do objecto. No desenho da direita há também uma orientação de planos que mantém as relações angulares. Neste caso trata-se da orientação horizontal que estrutura a organização do espaço/objecto.



**Figura I.38** - Perspectivas à mão levantada  
Figura retirada a 4 de Março de 2011 em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Senedd> e <http://simplydesignpdx.blogspot.com/2009/10/happy-valley-kitchen-study.html>

## Capítulo 2

### Abordagem Metodológica

#### 2.1 Método

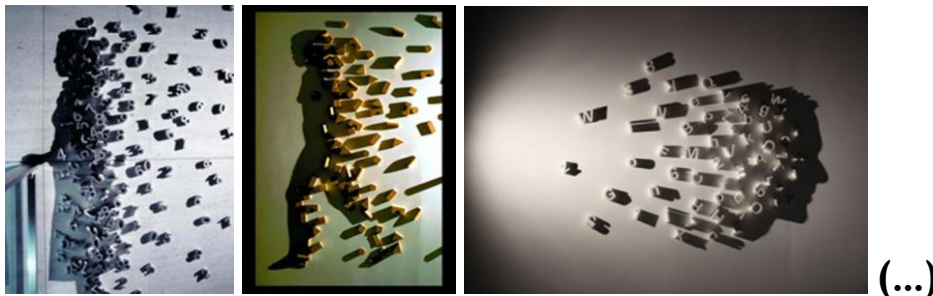


figura II.1

figura II.2

figura II.3

Figuras retiradas a 1 de Abril de 2011 em:

Figura II.1 - Fascinating Shadow Art by Kumi YAMASHITA - <http://freshbump.com/fascinating-shadow-art-by-kumi-yamashita/>

Figura II.2 - Kumi Yamashita and Tim Noble + Sue Webster - <http://www.dailydawdle.com/2010/08/top-10-examples-of-brilliant-shadow-art.html>

Figura II.3 - Kumi Yamashita and Tim Noble + Sue Webster - <http://www.dailydawdle.com/2010/08/top-10-examples-of-brilliant-shadow-art.html>

As imagens apresentadas (figuras II.1, II.2 e II.3) representam imagens incríveis de arte com sombras. Kumi Yamashita é um artista em que os trabalhos são focos em imagens de sombra, criados por lançar luz num ângulo oblíquo entre diferentes materiais presos à parede. Nos três casos mostrados, podem-se verificar imagens ilusórias derivadas de uma forma inesperada que não tem óbvia relação visual com o resultado. Estas imagens são feitas com luz, madeira e sombra e são realmente impressionantes. Kumi Yamashita cria simples e inteligentes efeitos visuais com luz e sombra, com objectos colocados precisamente, com ilusão da realidade. Para concluir, estes efeitos de luz são feitos com objectos tridimensionais que representam a tridimensionalidade de perspectivas axonométricas.

O projecto consistiu na concepção e no desenvolvimento, pelos alunos, em trabalho de pares e, também, pela professora, na resolução de um exercício de GD, em Perspectiva Axonométrica Ortogonal Isométrica, de aplicações multimédia com base em ferramentas de programas em 3D, maquetas e novas tecnologias, com o objectivo de aumentar o interesse e a motivação para a aprendizagem e, desta forma, contribuir para o sucesso dos alunos no exame nacional da disciplina de GD, nomeadamente na Unidade das Representações Axonométricas.

Em primeiro lugar, pretendeu-se averiguar as melhores condições de prática destes recursos no contexto da aula e da sua integração com o programa da disciplina, conhecer as reacções dos alunos a esta iniciativa, bem como os resultados que estes poderiam auferir pela utilização desta metodologia.

Para melhor conhecer as condições de realização do trabalho efectuaram-se várias acções prévias:

- Requereu-se autorização à escola e tomou-se conhecimento dos meios disponíveis para realizar o trabalho;

- Auscultou-se o professor da disciplina responsável pelas turmas em que os conteúdos estritamente relacionados com este trabalho eram leccionados. Manifestou, desde o início, grande interesse na

colaboração com esta iniciativa, não tendo ocorrido qualquer dificuldade na realização de três sessões extra, sem interferir com o decorrer normal das aulas do professor, recorrendo à utilização dos modelos tridimensionais (já que estes se destinavam, de certo modo, a substituir recursos tradicionalmente utilizados, mas que não cobriam todas as necessidades do professor).

- Informaram-se os alunos das turmas em questão (pelo respectivo professor da disciplina de Geometria Descritiva), tendo sido motivados a colaborar com a realização deste trabalho.

Os pares, que foram cuidadosamente formados pelos alunos, com o aval da professora, tendo em conta a análise da avaliação inicial em contexto de sala de aula e os diferentes graus de dificuldades de forma a estarem equilibrados em termos de conhecimentos (juntando alunos do curso de Artes Visuais com alunos de Ciências e Tecnologias), teriam de resolver o exercício e desenvolver as três aplicações experimentais, em três sessões e em três semanas diferentes (avaliação inicial, intermédia e final), em regime de extra-aula, uma vez que, devido à extensão do programa da disciplina, as experiências não podiam ser criadas durante o tempo destinado às aulas presenciais.

Esta exigência pareceu-me pertinente, uma vez que se tratava de alunos adolescentes, com idades entre os 16 e 20 anos, repetentes, em que a maioria tinha acesso à internet em casa, e, na escola, com acesso a espaços de trabalho com computadores ligados à internet.

Os pares distribuíram as tarefas entre si, querendo apenas apresentar um trabalho de qualidade (sem erros), levando-os a realizarem várias tentativas, até que o trabalho final correspondesse às suas expectativas. Este processo foi muito útil e eficaz, uma vez que os alunos foram percebendo e interiorizando a matéria sem se aperceberem de que estavam a aprender mais.

No sentido de melhor operacionalizar a investigação empírica, foram formuladas quatro pontos orientadores da investigação que procuraram aferir o desenvolvimento/concepção das experimentações pelos alunos, a saber:

- Promover aprendizagens significativas dos conteúdos das Perspectivas Axonométricas;
- Aumentar a motivação e o empenho dos alunos para a aprendizagem;
- Fomentar a aprendizagem colaborativa;
- Que vantagens ou desvantagens apresentou esta metodologia de aprendizagem da Geometria Descritiva.

## 2.2 Instrumentos

Empregaram-se vários instrumentos (antes, durante e no final da parte experimental) com o intuito de conhecer e caracterizar a amostra e de obter resultados:

- Sessões de Experimentações - Tiveram por objectivo focar a adequação dos métodos utilizados aos problemas de aprendizagem, assim como registar observações que pudessem surgir como pertinentes - enunciado do exercício proposto [Apêndice 1];
- Grelha de observação - Permitiu a recolha de informações comportamentais na relação dos alunos com o material disponível e com a disciplina [Apêndice 2];
- Comentários dos alunos após cada sessão - Permitiu a recolha de informações de sentimentos e gratificações dos alunos.

Deste modo, a abordagem metodológica desenvolveu-se em três sessões de experimentação:

1) 1ª sessão experimental - avaliação inicial; 2) 2ª sessão experimental - avaliação intermédia e 3) 3ª sessão experimental - avaliação final.

A avaliação inicial foi concebida com base num exercício de GD, com a proposta de resolução de um exercício sobre Perspectiva Axonométrica Ortogonal Isométrica.

A avaliação intermédia foi realizada com a execução de maquetas, em trabalho de pares, com o objectivo de monitorizar o trabalho realizado na avaliação inicial. Para o efeito, foram executadas três maquetas, a que os alunos presentes as construíram com muito entusiasmo e empenho, usando para o efeito o material necessário e disponível.

A avaliação final foi realizada com a aplicação das novas tecnologias, com o mesmo exercício lançado na avaliação inicial, talvez a mais entusiasmante para os alunos, em que os objectivos eram os seguintes:

- a) Identificar as condições de acesso à internet;
- b) Inventariar recursos utilizados nas actividades de pesquisa para a disciplina;
- c) Avaliar a frequência e usos que faziam do computador;
- d) Identificar dificuldades sentidas nas pesquisas realizadas na Web para trabalhos escolares para a disciplina;
- e) Recolher informações acerca de aspectos relacionados com a disciplina de Geometria Descritiva e as TIC (atitudes e percepções em relação à Geometria Descritiva);
- f) Conhecer o programa de 3D - *Sketchup* - e aplicá-lo ao exercício proposto.

O estudo começou com a ideia principal de facilitar o desempenho didáctico em Geometria Descritiva, em contexto de sala de aula, de forma a melhorar a visão espacial do aluno, tendo sido utilizada uma **grelha de registos de observação**, que englobou o registo de todas as sessões experimentais.

Foi também pedido que os alunos fizessem os seus **comentários no final de cada sessão**, acerca das experimentações desenvolvidas, se se sentiram motivados, interessados e se o trabalho foi gratificante para os seus futuros e para o estudo da disciplina de GD.

## 2.2 Participantes

Os participantes ou a amostra foi constituída por 6 alunos (3 do sexo feminino e 3 do sexo masculino), que estão a frequentar pela segunda vez o 11º ano (repetentes), escolhidos pelas duas turmas do curso Científico-Humanístico de Artes Visuais e do Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias, do 11º ano do ensino secundário português (ano terminal da disciplina), que frequentavam a disciplina de Geometria Descritiva, numa Escola Secundária da cidade de Castelo Branco, no corrente ano lectivo 2010/2011). A escolha do local para se proceder à recolha de dados com a experimentação foi numa sala de aula, pois o projecto visou ser implementado, na escola referida anteriormente.

Foram considerados como critérios de inclusão para o presente estudo, que os alunos aceitassem fazer parte do estudo, participando nas experimentações, que estivessem inscritos na disciplina de Geometria Descritiva A e que estivessem a repetir a disciplina.

## 2.3 Procedimentos - Descrição das Experimentações

### 1ª SESSÃO EXPERIMENTAL - AVALIAÇÃO INICIAL

Esta fase foi realizada na última semana do mês de Fevereiro. Nesta primeira fase de experimentação e depois de definida a amostra (alunos), constituída pelos referidos 6 alunos (3 do sexo feminino e 3 do sexo masculino) foi escolhido um exercício prático de geometria descritiva, retirado de um exame nacional de anos anteriores, sobre a unidade programática, **Representações Axonométricas - representação axonométrica ortogonal em isometria** - pelo sistema axonométrico, em Dupla Projecção Ortogonal (Método de Monge). Seguidamente, os alunos resolveram o exercício proposto tendo-se considerado um polígono regular - **prisma triangular regular**.

Em relação ao trabalho de pares, os alunos foram bastante receptivos, tendo sido escolhidos alunos das duas turmas do 11ºano, repetentes, em que três dos alunos não frequentam a área das Artes Visuais, sendo da área dos Científicos, dos quais a disciplina de GD é uma opção, com a disciplina de Biologia e entre outras.

Sobre os materiais utilizados na execução do exercício proposto, os alunos utilizaram os seus instrumentos de trabalho diário de GD (esquadros, compassos, réguas, aristos, lápis, borracha e afiadeira), com particular destaque para o cuidado e rigor com que usaram os seus instrumentos. As imagens a seguir mostram a experiência com os alunos.



figura II.4



figura II.5



figura II.6



figura II.7

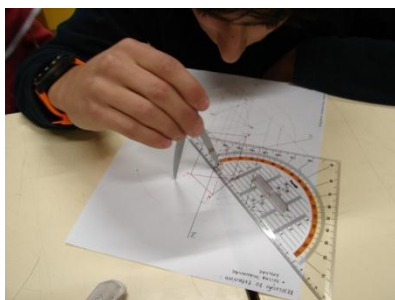


figura II.8

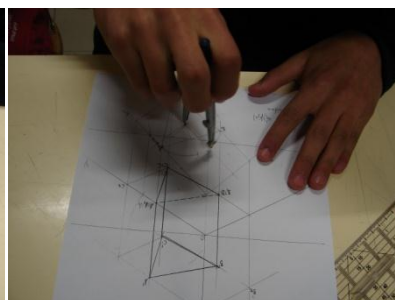


figura II.9

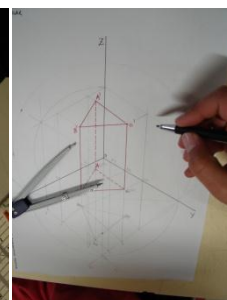


figura II.10



figura II.11

**Figuras II.4 - II.5 - II.6 - II.7 - II.8 - II.9 - II.10 - II.11**  
Exercícios realizados pelos alunos - utilização dos instrumentos adequados.

O exercício foi explicado passo a passo pela professora, tendo sido expostos todos os passos e explicações necessários para a resolução do mesmo.

De entre as explicações, a professora fez uma breve exposição sobre as projecções axonométricas, principalmente sobre a isométrica, que é a mais utilizada, permitindo assim obter perspectivas "verdadeiramente rápidas".

Para finalizar, os alunos teriam que saber que numa axonometria ortogonal teria que se ter em conta: o plano axonométrico é oblíquo aos três planos coordenados e as rectas projectantes são ortogonais ao plano axonométrico.

## 2ª SESSÃO EXPERIMENTAL - AVALIAÇÃO INTERMÉDIA

Após a exposição teórica dos tópicos para a resolução do exercício proposto, mais precisamente, dos conteúdos sobre as Representações Axonométricas, foi fundamental que se fizesse uso de maquetas.

Quando a matéria das Representações Axonométricas Ortogonais foi leccionada, nomeadamente, a isométrica, os alunos sentiram necessidade de perceber tridimensionalmente as perspectivas.

Deste modo, com o mesmo grupo de 6 alunos escolhidos na fase inicial, foi feita uma segunda experimentação, com a construção de maquetas em 3D (modelos tridimensionais) com o mesmo exercício prático lançado na primeira fase (avaliação inicial), tendo sido elaborado na semana seguinte à da fase experimental, isto é, na primeira semana do mês de Março. O exercício foi distribuído pelos mesmos 3 pares de alunos, de forma a servir de comparação entre as diferentes execuções de exercícios. As maquetas sobre o exercício em causa foram construídas na sala de aula, pelos alunos, alguns com a ajuda da professora. Ao iniciar os conceitos teóricos de Geometria Descritiva, o aluno foi estimulado a criar primeiramente os planos que faziam parte do conjunto axonométrico.

A fase intermédia foi realizada aquando da apresentação da actividade aos alunos com o objectivo de recolher informações adicionais relativamente às percepções e expectativas que tinham, bem como ao conhecimento prévio dos alunos sobre os conceitos de perspectivas axonométricas, em que as maquetas seriam consideradas como recursos educativos alternativos, mais eficazes e de apoio ao estudo dos conteúdos.

De seguida, foi construído, por cada par de alunos, o sólido em causa (prisma triangular regular), tendo sido feita a sua planificação e, depois de colado e devidamente construído, colocado na posição correcta, relativamente ao plano axonométrico (X,Y,Z), conforme apresentado nas figuras II.12, II.13 e II.14.



figura II.12



figura II.13

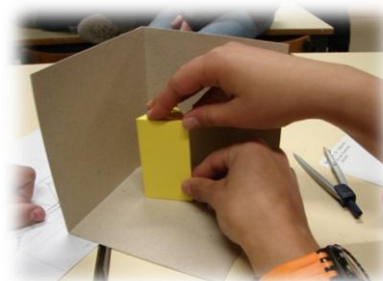


figura II.14

**Figuras II.12 - II.13 - II.14**

Maquetas realizadas pelos alunos - estudo do sólido (prisma triangular) e sua planificação.

O primeiro contacto dos alunos com o seu primeiro objecto tridimensional, o prisma triangular, feito numa aula posterior à do exercício na fase experimental inicial, fez com que se observasse o que acontecia com a posição do prisma triangular de base regular no espaço, tentando fazê-lo descobrir onde estava a sua projecção nos planos X, Y e Z. (figuras II.15, II.16, II.17 e I.18).

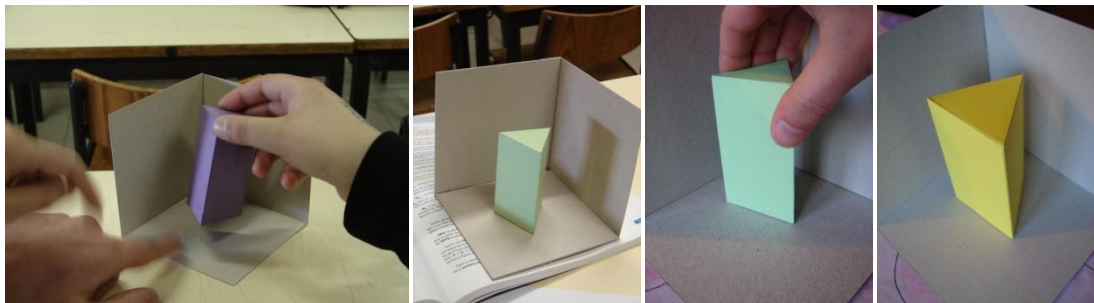


figura II.15

figura II.16

figura II.17

figura II.18

Figuras II.15 - II.16 - II.17 - II.18

Maquetas realizadas pelos alunos - estudo do sólido (prisma triangular) e do plano axonométrico.

Os recursos utilizados neste trabalho foram materiais simples e alguns reciclados como bases de blocos de papel cavalinho, sobras de folhas de cartolinas de cores variadas, restos de papel cartão, canetas, disponível no momento, tudo para que o aluno perceba que não precisa gastar para tornar algo espacial em real.

### **3ª SESSÃO EXPERIMENTAL - AVALIAÇÃO FINAL**

Com o mesmo grupo de 6 alunos, foi feita uma terceira e última fase de experimentação, com a aplicação de um programa, o *SketchUp*, que é um programa de 3D (modelagem para todos).

Este programa existe no *Google SketchUp*, do qual não precisa de licença e os estudantes podem fazer o *download* e instalá-lo nos seus computadores em casa ou na escola. Foi feita a mesma divisão em três pares, tendo sido necessários três computadores disponíveis, com o programa de 3D, previamente instalado.

Como referido anteriormente, com o objectivo de monitorizar o desenvolvimento das actividades do *Sketchup*, foi realizada uma avaliação final, efectuada na segunda semana do mês de Março, depois de concluída a segunda fase (fase intermédia). Tratou-se de apresentar aos alunos escolhidos, um programa muito intuitivo e de fácil aprendizagem, do qual se deu uma breve explicação sobre o funcionamento do mesmo.

Em sessão própria, a docente apresentou à turma o conceito tridimensionalidade e da importância de um programa em 3D e também alguns *powerpoints* preparados pela mesma, ensinando os alunos a manipularem estas novas ferramentas. Em relação à utilização do computador, todos os alunos já o utilizou para várias actividades, ou seja, eram alunos com bastantes conhecimentos informáticos e interessados nas tecnologias, que era uma condição necessária à realização do estudo que pretendia realizar.



figura II.19

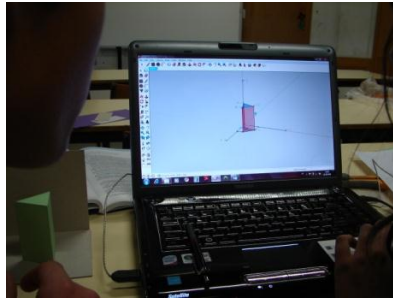


figura II.20



figura II.21

**Figuras II.19 - II.20 - II.21 - II.22 - II.23 - II.24**  
Execução do sólido no programa de 3D - *Sketchup* - realizado pelos alunos.



figura II.22



figura II.23



figura II.24

As imagens apresentadas (figuras II.19, II.20, II.21, II.22, II.23 e II.24) mostram o recurso ao *software* escolhido, em contraponto com os modelos tridimensionais, que são muito interessantes e estimulantes nas actividades de ensino-aprendizagem com os alunos, pois permitiu registar graficamente o movimento e, sobretudo, por facilitar a detecção, em tempo real, das invariantes do objecto geométrico quando sujeito a transformações, favorecendo, por conseguinte, a procura do que permanece constante no meio de tudo o que varia.

Em anexo segue um conjunto de fotografias das experimentações, para além das apresentadas. [Anexo 1].

## Capítulo 3

### Resultados Obtidos

A resposta dos alunos e da professora responsável pelas experimentações, registada pelo **registo de observação directa** das três sessões, foi positiva, apesar de tal não se ter traduzido nas avaliações dos alunos.

Foi muito curioso que se verificou que os alunos do Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias tiveram mais facilidade que os alunos do Curso Científico-Humanístico de Artes Visuais, na aplicação das propostas.

Indicam-se, de seguida, os resultados obtidos durante as três sessões experimentais com base nos instrumentos referidos no capítulo anterior.

#### EXPERIMENTAÇÕES

##### Sessão 1 - Avaliação Inicial - Exercício em DPO

Os alunos mostraram-se interessados e empenhados. No entanto, como não era a primeira vez que estavam a fazer um exercício sobre Representações Axonométricas - Perspectiva Axonométrica Isométrica - os alunos esclareceram as dúvidas ao longo da execução do exercício em Dupla Projecção Ortogonal. As dúvidas foram essencialmente relativas à posição do sólido proposto em relação ao plano axonométrico e a sua representação e visualização no espaço. Os alunos foram ajudados pela professora, pois surgiram algumas dúvidas durante a execução do mesmo.

##### Sessão 2 - Avaliação Intermédia - Maquetas

Os alunos mostraram-se muito curiosos e com mais vontade de trabalhar, do qual as maquetas fizeram com que os alunos entendessem imediatamente a posição do sólido nos planos coordenados.

Os alunos “brincaram” com o objecto, ou seja, treinaram e aprenderam. Após a construção do seu próprio sólido e fazerem todas as anotações no mesmo com os três planos - o plano XY (plano horizontal), o plano XZ (plano frontal) e o plano YZ (plano de perfil) - os alunos conseguiram entender na prática, qual a posição do sólido no espaço, que de imediato compararam o sólido projectado a um objecto do seu ambiente familiar com a Geometria Descritiva, como por exemplo, um paliteiro (forma de prisma triangular).

O uso das maquetas fez com que os alunos ficassem mais empenhados, para entender como funcionava uma perspectiva axonométrica ortogonal isométrica.

##### Sessão 3 - Avaliação Final - aplicação do programa de 3D

Nesta sessão os alunos mostraram-se muito empenhados e interessados, tendo sido a sessão mais entusiasmante para os alunos, pelo uso de computadores, ou seja, de novas tecnologias.

Depois de uma breve explicação sobre o funcionamento do programa usado, os alunos apresentaram-se muito receptivos ao uso do mesmo.

Rapidamente conseguiram resolver e construir o sólido pedido, no programa de 3D. Os alunos mostraram-se muito mais trabalhadores, quase sem precisar de explicações adicionais por parte da professora.

Esta experiência permitiu a exploração destas mesmas transformações, que estão na raiz do próprio *software*, o que facilitou ao aluno, uma melhor percepção da GD, através de um conceito extremamente lato e poderoso, que está na essência das projecções utilizadas na representação axonométrica.

Por outro lado, a utilização destes programas de computador, favoreceram o desenvolvimento do ensino-aprendizagem baseado na experimentação e na descoberta, permitindo deduzir, a partir de indícios, as leis gerais que governam os problemas geométricos que têm surgido por parte dos alunos.

### **GRELHA DE OBSERVAÇÃO**

As observações registadas no decurso das três sessões experimentais revelam bastante interesse dos alunos na disciplina e mesmo no seu sucesso escolar (o que pode ser explicado pela obrigatoriedade da realização do exame nacional como elemento de aprovação no ensino secundário).

A recolha de comportamentos relativos à atenção/concentração dos alunos refere:

- Boa postura na sala de aula;
- Atenção e concentração aquando da explicação do exercício por parte da professora;
- Comentários pertinentes;
- Realização de desenhos em folhas de papel de desenho.

No que respeita à autonomia e iniciativa, os alunos mostraram-se no início um pouco reticentes, mas posteriormente, começaram a demonstrar interesse, empenho e participação, quando se aperceberam que o exercício proposto era simples. Houve bastante cooperação nos pares e entre os pares, demonstrando respeito e responsabilidade uns com os outros.

No ponto relativo ao material, é notado que nem todos os alunos trouxeram todo o material necessário e solicitado previamente. A professora trouxe, ela própria, algum material, para fornecer os alunos desprovidos e assim poder prosseguir com a experimentação.

Algum material foi crucial para a participação dos alunos na aula e, desta forma, foi partilhado pelos mesmos, o que atrasou a resolução dos exercícios. Em cada sessão de noventa minutos os alunos conseguiram resolver o exercício proposto, tendo tido em conta que os exames nacionais de anos anteriores de GD-A, apresentaram 4 questões que deviam ser resolvidas em 150 minutos.

A área reservada a registos relativos aos conhecimentos demonstrados revela interesse na disciplina. Mais uma vez a frequência das questões colocadas sobre a matéria foi severamente aumentada pela atenção dos alunos, o que foi visível pela pertinência das questões que surgiram, que demonstraram conhecimentos prévios e estudo das matérias.

Durante a exposição feita pela professora, os alunos não fizeram qualquer comentário ou questão, deixando-os para a resolução do exercício. Ainda assim, nesse momento as questões foram relacionadas com: a dinâmica da aula e a matéria de que tratava o exercício proposto, revelando que reconheciam visualmente os conceitos adquiridos.

Dos seis alunos, dois alunos e duas alunas, que revelaram interesse pela disciplina, foram substancialmente mais rápidos do que os restantes colegas.

Posteriormente, com a adaptação aos novos recursos (maquetas e programa de 3D), as reacções dos alunos foram bastante positivas, pois revelaram-se interessados no processo de execução e de representação.

## COMENTÁRIOS DOS ALUNOS

No final de cada sessão o aluno foi convidado a escrever um comentário sobre a aula decorrida.

Alguns dos comentários foram os seguintes:

- “O exercício proposto foi muito acessível e consegui executá-lo”. 1ª sessão - avaliação inicial.
- “Os modelos tridimensionais ajudam a visualizar de certa forma o exercício, tornando-o mais fácil de entender.” - 2ª sessão - avaliação intermédia.
- “As aulas tornam-se mais acessíveis.” - 2ª sessão - avaliação intermédia.
- “Os modelos tridimensionais podem ajudar mas por vezes também nos confundem ainda mais.” - 3ª sessão - avaliação final.
- “Acho que é um bom incentivo para os alunos, porque ficam a perceber melhor onde pode ficar situado o objecto.” - 3ª sessão - avaliação final.
- “Sobre os modelos tridimensionais acho que são uma boa ajuda para ajudar os alunos”. - 3ª sessão - avaliação final.
- “Seria produtivo e mais estimulante mostrar o trabalho que desenvolvemos na nossa turma de GD” - 3ª sessão - avaliação final.

Relativamente à primeira impressão e por ter sido a primeira vez que os alunos lidaram com um programa de 3D, deste tipo, todos os alunos disseram ter gostado de conceber o exercício multimédia (3ª sessão - avaliação final). A título de exemplo, passo a transcrever algumas impressões e respostas dadas por dois dos participantes (alunos):

- “Eu gostei bastante de fazer este tipo de trabalhos, é uma maneira de aprender a fazer os exercícios passo a passo, de uma forma mais acessível e imediata. Fiquei a perceber melhor a matéria que fiz com este tipo de trabalhos”.
- “Gostei de fazer, é uma maneira diferente de aprender e também é mais atractiva do que usar apenas os livros, podemos ver a resolução dos exercícios passo a passo, facilitando-nos a vida ao perceber o exercício, para além de ser um formato tecnológico, o que despertou mais interesse.

## Capítulo 4

### Discussão

Relativamente aos objectivos que inicialmente foram propostos alcançar considera-se que, na aplicação das três sessões experimentais, verificou-se que os alunos possuem alguns conhecimentos acerca das perspectivas axonométricas, muito provavelmente porque os conteúdos ainda não foram abordados em contexto de sala de aula, neste ano lectivo, mesmo tendo sido escolhidos alunos repetentes, já não se lembravam de tudo o que aprenderam no ano lectivo anterior.

No entanto, a maioria dos alunos consideraram importante a aplicação de novos recursos para a leccionação das aulas de GD e reconheceram as suas necessidades ao nível da resolução de exercícios e da representação, e visualização no espaço, um dos pontos muito importantes para perceber a disciplina de GD.

Os resultados observados foram de encontro aos resultados esperados, sendo que se verificou que as sessões foram bastante positivas e que serão recursos alternativos para o futuro das aulas de GD, em alternativa ao ensino tradicional da disciplina. Outro factor positivo foi o facto de serem apenas seis alunos a fazer parte desta experiência, pois facilitou as experimentações e tornou-se um trabalho mais individualizado.

Deste modo, se compararmos com o **sistema de ensino na Finlândia**, sendo este considerado um sistema educacional exemplar, as turmas são pequenas, o que favorece, mas o factor mais importante para o sucesso escolar é o facto de os alunos não estarem sujeitos a classificações ou notas, mas sim a cumprir objectivos, que não deixa de ser uma avaliação. Portugal não tem um sistema de ensino que se possa comparar directamente com o da Finlândia, é um sistema de ensino ocidental, arcaico, onde só interessam as notas. Na Finlândia isso não interessa, pois o que interessa é que cada um mostre que tem valor e dê o seu melhor. Ainda que a sua organização formal se apresente muito similar à portuguesa, o grau de eficácia do sistema de ensino finlandês é bastante elevado, sendo que 56% da população acima dos 15 anos completa o ensino secundário, o que em Portugal isso não acontece, um aluno só termina o ensino secundário aos 17 anos.

O sistema educacional finlandês é público e gratuito desde a infância até ao doutorado na universidade. Além disso, é obrigatório dos 7 aos 16 anos. Nessa etapa todos estudam a mesma coisa e o governo pretende que o façam no mesmo edifício, ou o mais perto possível, para garantir um acompanhamento continuado do aluno.

A grande maioria de instituições do ensino básico e secundário são mantidas pelas autoridades municipais mas o financiamento é repartido entre estas e o Estado.

O ensino básico é visto como um todo de seis anos e o secundário não está organizado em anos lectivos, pode decorrer nos três anos previstos, em dois ou quatro, à vontade do aluno. Além de professores bem qualificados e alunos dispostos a aprender, as escolas finlandesas são extremamente bem equipadas. Praticamente todas as salas de aula contam com acesso à internet. Até mesmo no interior do país, os alunos não são privados da tecnologia de ponta. Pode-se concluir que o uso das novas tecnologias é feito com regularidade e em todas as disciplinas.

Este ponto é muito importante, e nas experiências que foram feitas, confirmou-se que o uso das novas tecnologias é muito importante para o sucesso do ensino, mais precisamente nas representações axonométricas. Mas com a falta de recursos didáticos, mais precisamente, na disciplina de GD, será difícil conseguir criar ambientes diferentes e promover sucesso no ensino-aprendizagem da disciplina. Desta forma, e como comprovativo as três experimentações executadas, podemos concluir que é possível promover o sucesso na leccionação dos conteúdos da disciplina de GD, nomeadamente, na unidade programática testada - Representações Axonométricas.

Em Portugal temos um exemplo de ensino que se pode considerar diferente e alternativo - a **Escola da Ponte** - que é uma instituição pública de ensino, localizada em Vila das Aves, no Distrito do Porto.

A Escola da Ponte surgiu do desejo de criar uma escola que se diferenciasse do modelo de ensino tradicional. Por isso, a escola idealizada por José Pacheco, além de não possuir séries, testes, turmas ou aulas, também se diferencia pela forma de aprendizagem. Por um lado, os professores não se prendem a uma única turma ou disciplina e, por outro, os alunos, geralmente considerados crianças ou adolescentes problemáticos, desenvolvem estudos individuais, que são mais tarde compartilhados com os demais colegas, bem como projectos de pesquisa, que são feitos em grupos formados de acordo com as suas áreas de interesse.

Não há salas de aula mas sim espaços de trabalho, onde não existem lugares fixos. Essa subdivisão foi substituída, com vantagens, pelo trabalho em grupo heterogéneo de alunos. Do mesmo modo, não há um professor encarregado de uma turma ou orientador de um grupo, em vez disso, todos os alunos trabalham com todos os orientadores educativos.

Embora a faixa etária dos alunos compreenda aproximadamente dos 5 aos 16 anos de idade, devido à sua filosofia de educação inclusiva, no entanto, a escola tem alguns alunos mais velhos. Actualmente conta com cerca de 175 alunos e 29 orientadores educativos.

Em 1976, as respostas a algumas interrogações deram origem a profundas mudanças na organização da escola, na relação entre ela, instituição, e os encarregados de educação dos alunos e nas relações estabelecidas com diferentes parceiros locais.

A escola está organizada por 3 núcleos: Iniciação, Consolidação e Aprofundamento. Os orientadores estão organizados por dimensões: Artística, Identitária, Linguística, Lógico-Matemática e Naturalista.

Outro caso em Portugal de uma escola alternativa é o **Centro de Estudos das Artes de Belgais** (Castelo Branco) fundado em 1999, pela pianista Maria João Pires, mas que encerrou, por falta de apoios financeiros, mais precisamente, pelo Ministério da Educação, em 2006.

Este Centro desenvolvia actividades que tinham como principal eixo a importância da presença das artes na formação do indivíduo e na afirmação sustentada do artista na sociedade, como agente de progresso. A formação desenvolvida por este centro inseriu-se sobretudo ao nível da música e das artes, em parte proporcionada através de workshops temáticos e pontuais e das oficinas das férias escolares, esta última dirigida a crianças e jovens. As áreas privilegiadas nestas oficinas eram performances artísticas (teatro, circo), abordagem à música, artes plásticas e tradicionais, desporto, dança e observação dos animais em meio natural.

Mais uma vez e em jeito de comparação com o ensino português, é o sistema educacional público na Alemanha que é motivo de muito orgulho para o seu povo. É obrigatório por nove anos e o governo confirma uma frequência de 100% de jovens em idade escolar. O ensino primário consiste em quatro anos de escola. Após este período, o estudante tem a opção de escolher entre três diferentes tipos de escola: a Escola Secundária Moderna (*Hauptschule*) com duração de cinco anos, que oferece educação básica obrigatória e prepara o estudante para o ingresso em cursos vocacionais; a Escola Secundária Geral ou Intermediária (*Realschule*) com duração de seis anos, prepara o estudante para a graduação necessária para ingresso em escolas técnicas e a Senior High School (*Gymnasium*), com duração de nove anos, prepara o estudante para o ingresso em universidades. Como alternativa, as chamadas Escolas Completas (*Gesamtschulen*) oferecem os três tipos de ensino, incluindo todos os certificados nacionais.

O sistema de ensino é feito da seguinte forma: os estudantes geralmente têm 12 disciplinas durante o ano e, se não atingirem uma média final para aprovação em todas as matérias, repetem de ano. A partir do 11º ano, o estudante escolhe três disciplinas de maior importância para seu estudo académico e ainda seis disciplinas opcionais. Sendo aprovado no exame final do último ano, o estudante estará apto a ingressar na universidade. A maioria das escolas não oferece matérias extracurriculares e os estudantes são encorajados a praticar desportos ou fazer actividades dos seus interesses oferecidos na comunidade. Muitas escolas oferecem inglês como segunda língua.

Com esta pequena abordagem a diferentes tipos de ensino, mais precisamente, da Finlândia e da Alemanha, pode-se constatar que é possível encontrar ensinamentos alternativos no ensino português. Este assunto poderá ser um bom tema para futuras investigações, no sentido de permitir ao aluno, enquanto estudante da disciplina de Geometria Descritiva, uma preparação mais interactiva e atraente, no estudo dos conteúdos da unidade programática das Representações Axonométricas.

## Capítulo 5

### Conclusões e Recomendações Finais

Este trabalho apresentou experiência da implementação de novas metodologias para o sucesso da promoção do ensino-aprendizagem das Representações Axonométricas, da disciplina de Geometria Descritiva. Embora o estudo apresentado não esteja a ser aplicado e, neste sentido, os resultados apresentados sejam meramente indicativos, a realidade é que, como professora, senti que o projecto começa a dar os seus frutos.

De facto, verifiquei que os alunos demonstraram bastante interesse, quer pelas explicações/demonstrações de conceitos realizados pela professora, quer pelos exercícios realizados pelos grupos, tendo a maior parte afirmado serem de grande utilidade no apoio ao estudo e na preparação para o exame nacional final.

Os resultados foram bastante satisfatórios, não só no que diz respeito à aprendizagem dos alunos, como também, no grau de profundidade que foi possível atingir em nível conceitual e de aplicações. Isto fica demonstrado com a qualidade dos trabalhos dos alunos, onde todos os conceitos estudados foram aplicados de forma integrada. Este aspecto enriquece o processo de aprendizagem, pois os conceitos deixam de ser elementos que terminam em si mesmos para se tornarem parte de um corpo de conhecimento que é muito maior que a soma das partes.

Com efeito, penso que este trabalho permitiu a organização de um conjunto sólido de pistas de trabalho para investigações futuras. Se de alguma forma se abordou o tema com o intuito de produzir um discurso relativamente fechado e acabado sobre a representação Axonométrica, verificou-se precisamente o contrário. Isto é, verifica-se que este trabalho é “uma narrativa aberta”. As principais conclusões passam, necessariamente, por saber se os objectivos inicialmente propostos foram ou não alcançados, e as ilações que daí se tiram.

Não obstante, quer a professora quer os alunos da amostra consideraram que os modelos tridimensionais eram fáceis de utilizar e elucidativos no que toca à posição das figuras no espaço. A docente considera importante a sua utilização por alunos com dificuldades de visualização no espaço e em situações de aula quer em trabalho de casa.

Acrescenta ainda que lhe parece mais pertinente começarem a ser utilizados no 10º ano, quando os alunos iniciam a disciplina e portanto uma nova linguagem de representação, o que poderá explicar algumas das dificuldades verificadas com a amostra escolhida. Para tal, fez-se uma análise dos diversos elementos intervenientes, de modo a identificar experiências positivas e campos susceptíveis a alterações num trabalho futuro. Falta, contudo, verificar como se irão comportar os alunos na prova definitiva, que é o “exame final” de GD. No entanto, mesmo que os resultados do exame final não se revelem surpreendentes, acreditamos que outras competências foram desenvolvidas - a autonomia, o aprender a trabalhar de forma colaborativa, o aprender a aprender - e que o balanço global das experimentações, sobretudo, a construção de maquetas e do uso do programa de 3D é, por isso mesmo, muito positivo.

Para que o aluno entenda bem a GD, ele precisa dominar a habilidade de relacionar o desenho (no papel) com o objecto, ou seja, a representação gráfica dada através de projecções com a representação espacial, a visualização e a compreensão da forma do mesmo objecto. É este processo mental que fica prejudicado pela falta de experiências anteriores e também pela ineficiência dos métodos didácticos.

Acredita-se que este trabalho possa contribuir, não só para abrir um espaço de reflexão, como também para ampliar o surgimento de propostas que possam melhorar a qualidade do ensino da GD.

Como trabalho futuro apresenta-se, inevitavelmente, a realização de mais testes e experiências com modelos digitais tridimensionais em ambiente de sala de aula, pois as imagens apresentadas mostram-nos a necessidade de um ensino alternativo para o estudo da GD... Denota-se uma grande dificuldade de rigor geométrico, com a resolução de exercícios no quadro da sala de aula, feito “mais ou menos à mão levantada”. (figuras V.1 e V.2). O mesmo acontece com a tentativa de improvisar objectos tridimensionais que nem sempre corre bem. (figura V.3).

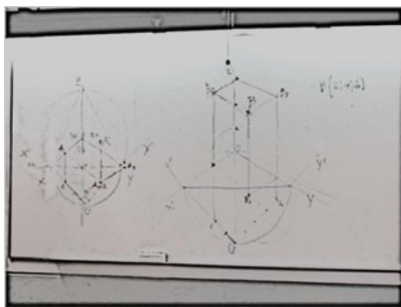


figura V.1

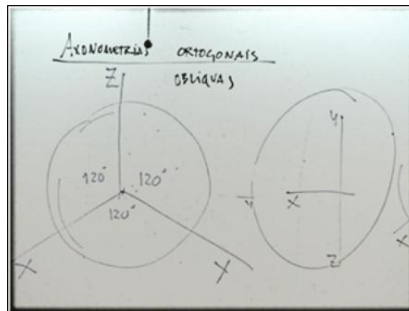


figura V.2



figura V.3

#### Figuras V.1 e V.2

Axonometrias à mão levantada - Fotos tiradas numa das aulas de GD, leccionadas pelo responsável pela disciplina de GD.

#### Figura V.3

Axonometrias à mão levantada - Fotos tiradas numa das aulas de GD, leccionadas pelo responsável pela disciplina de GD.

Seria também interessante desenvolver uma forma de interacção com os modelos associados à aplicação de maquetas, de forma a aumentar a mobilidade dos mesmos e permitir uma maior visibilidade.

Por outro lado, com estas novas ferramentas, os alunos deixam de poder contar somente com manuais, textos escritos e/ou anotações feitas no decurso das aulas presenciais.

Os novos recursos didácticos permitem que os alunos aprendam de uma forma mais auto-dirigida e personalizada, satisfazendo o estilo e a velocidade de aprendizagem de cada um. O facto de serem os próprios alunos a criarem os seus próprios meios educacionais mais imediatos e mais favoráveis, vem ajudar significativamente na compreensão dos conteúdos curriculares.

## **Bibliografia e Netgrafia**

### **ESTADO DA ARTE**

- Afonso, N. (1999). *O sentido da arte*. Livros Horizonte. Lisboa.
- Afonso, N. (2009). *A emoção da geometria.*: Câmara Municipal de Chaves, Catálogo da exposição patente na Biblioteca Municipal de Chaves de 25.03.2009 a 31.08.2009, Chaves.
- Aubert, J. (1996). *Axometrie - Théorie, Art et Pratique des perspectives parallèles; Brève histoire orientée de l'axométrie*. Editions de La Villette.
- Bois, Y.-A. (1984). *Avatars de l'axométrie, images et imaginaires d'architecture*. Centre Pompidou, Paris. pp. 129-134.
- Calter, P. (2008). *Squaring the circle: geometry in art and architecture*. Volume 3: Key Curriculum Press Series Mathematics across the curriculum, Editora John Wiley & Sons.
- Consiglieri, V. (1995). *A Morfologia da Arquitectura, 1920-1970*. 2ª edição, Vol. I: Editorial Estampa. Lisboa.
- Costa, M. C. da (1992). *Perspectiva e arquitectura - uma expressão de inteligência no trabalho de concepção*. Dissertação de Doutoramento. Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa. 325pp.
- Cunha, L. V. da. *Desenho Técnico*, Fundação Calouste Gulbenkian, 11ª edição.
- Farish, W. (1822). *On isometrical drawing*. Transactions of the Cambridge Philosophical Society, Vol. 1.
- Figueiredo, A. S. (2007). *Realidade Virtual no Ensino e na Aprendizagem de Geometria Descritiva*. Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Tecnologia Multimédia. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto. 265pp.
- Gelabert, L. C. (2003). *O Ensino do Desenho Técnico*. Boletim da Aproged, nº 20.
- Gonçalves, M. M. (2009). *O uso do computador como meio para a representação do espaço: Estudo de caso na área de ensino do Digital & Virtual Design*. Tese de Doutoramento. Faculdade de Arquitectura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo. 339pp.
- Gournerie, J. de la; *Traité de géométrie descriptive*, Gauthier-Villars Imprimeur Libraire, Paris, 3ª Edição, 1891.
- Hockney, D. (2001). *O Conhecimento Secreto*. Editora Cosac Naify.
- Hockney, D. (2003a). *Los Secretos de los Pintores*. El Nido del Escorpión. Escuela Contemporánea de Humanides.
- Janson, H. (1992). *História da Arte*. Fundação Calouste Gulbenkian, 5ª edição. Lisboa.
- Lawlor, R. (1982). *Sacred Geometry: philosophy and practice. Illustrated Library of Sacred Imagination*. Editora Crossroad.
- Lewitt, S., Garrels, G. e Francisco, S. (2000). *Sol LeWitt: a retrospective*. Museum of Modern Art, Museum of Contemporary Art (Chicago, Ill.) , Whitney Museum of American Art, Editora San Francisco Museum of Modern Art.
- Kemp, M. (1990). *The Science of Art*. Editora Yale University Press.

- Kemp, M. (1990a). *The Science of Art: optical themes in western art from Brunelleschi to Seurat*. Yale University Press. New Haven and London.
- Krikke, J. (2002). *Axonometry: A Matter of Perspective*. Acedido a 20 de Janeiro de 2011, em: <http://www.computer.org/cga/cg2000/pdf/g4007.pdf>
- Krikke, J. (2002). *China, Japan and the Birth of Modernism: Eastern Aesthetics and the Reassertion of the Female Principle*. Acedido a 20 de Janeiro de 2011, em: <http://home.uni-one.nl/olive.press/utapaper.htm#home>
- Mateus, L. (2002). *Axonometria por projecção ortogonal, determinação dos coeficientes de redução - via analítica*. *Boletim da Aproged*, nº 19.
- Mateus, N. C. (2003). *Representação Axonométrica e Geometria Descritiva*. *Boletim da Aproged*, nº 20.
- Mateus, L. (2004). *Sistema Axonométrico de Representação: História, Teoria e Prática*. Trabalho de Síntese. Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa. 179pp.
- Monge, G. (1996). *Geometria Descritiva* (edição fac-simile da tradução castelhana do original *Géométrie Descriptive* pela Imprensa Real de Madrid, 1803), Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid.
- Rocha, A. M.M. da, e Coutinho, C. P. (2009). *GeomCasting: uma experiência no ensino secundário*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal e Instituto de Educação e Psicologia, Braga, Portugal. *EduSer: revista de educação*, Vol 1 (1). As TIC na aprendizagem e na formação. Acedido a 3 de Dezembro de 2010, em: <https://www.eduser.ipb.pt/index.php/eduser/article/view/7/4>.
- Santa-Rita, J. (2009). *Geometria Descritiva - A, Bloco 2 - 11º/12º ano*. Volume 2. 1ª edição, Texto Editores, Lda.
- Santos, P. M. (2010). *O Poder da Geometria e da Perspectiva na Conceção do Objecto Artístico*. Tese de Mestrado em Desenho. Universidade de Lisboa, Faculdade de Belas-Artes, Lisboa. 114pp.
- Silva, M. J. (2010). *Relatório Final apresentado à Escola Superior de Educação de Bragança para a obtenção do Grau de Mestre em Ensino da Educação Visual e Tecnológica no Ensino Básico*. Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior de Educação, Bragança. 73pp.
- Teodoro, V. F. e Freitas, J. C. (1991). *Educação e Computadores*.

## **MÉTODO**

- Alves, G. (2007). *Um estudo sobre o desenvolvimento da visualização geométrica com o uso do computador*. XVIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, pp. 3-12.
- Becker M. e McNeel, R. (1999). *Rhino NURBS 3D Modeling*. New Riders Publishing.
- Fortin, M. (1999). *O Processo de Investigação: da concepção à realização*. 1.ª edição, Lusociência, Lisboa. ISBN 972-8383-10-X.
- Grilo, M. (2002). *Desafios da Educação «Ideias para uma política educativa no século XXI*, Lisboa: Oficina do Livro - Sociedade Editorial, Lda.
- Moran, J. M. (2000). *Ensino e aprendizagem inovadores com tecnologia*. In J. M. Moran et al. (Eds.). *Novas Tecnologias e Mediação Pedagógica*. Papirus Editora. pp. 11-66.

Rocha, A. M. e Coutinho, C. P. (2009). *O digital e o currículo - Screencast: promovendo o sucesso na disciplina de geometria descritiva*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal e Instituto de Educação e Psicologia, Braga, Portugal. Acedido a 3 de Dezembro de 2010, em: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/9437/1/noname.pdf>

Silva, M. da. (2007). *Geometria descritiva - uma experiência didáctica*. UFPR - Universidade Federal do Paraná, Departamento de Desenho. Graphica. Acedido a 3 de Dezembro de 2010, em: [http://www.degraf.ufpr.br/artigos\\_graphica/GEOMETRIADESCRITIVA.pdf](http://www.degraf.ufpr.br/artigos_graphica/GEOMETRIADESCRITIVA.pdf)

Silveira, José Euzébio Costa (2007). *Investigação de metodologia de ensino de geometria descritiva: uma experiência com estudantes de arquitetura e urbanismo*. PUC-MINAS - Pontifícia Universidade de Minas Gerais. Graphica. Acedido a 3 de Janeiro de 2011, em: [http://www.degraf.ufpr.br/artigos\\_graphica/INVESTIGACAO.pdf](http://www.degraf.ufpr.br/artigos_graphica/INVESTIGACAO.pdf)

### **NETGRAFIA:**

- <http://www.aproged.pt/>
- <http://www.veraviana.net/>
- <https://www.eduser.ipb.pt/index.php/eduser>
- <http://www.antoniodecampos.eu/>
- [http://www.infopedia.pt/\\$nadir-afonso](http://www.infopedia.pt/$nadir-afonso)
- <http://www.davidhockney.com/>

### **LEGISLAÇÃO:**

Resolução do Conselho de Ministros n.º 137/2007 de 18 de Setembro. *Diário da República n.º 180/2007 - I Série*. Ministério da Educação.

Ministério da Educação. (2007). *Plano Tecnológico da Educação*. Lisboa. Acedido a 12 de Dezembro de 2010, em: [http://www.escola.gov.pt/docs/pte\\_RCM\\_n137\\_2007\\_DRn180\\_20070918.pdf](http://www.escola.gov.pt/docs/pte_RCM_n137_2007_DRn180_20070918.pdf).

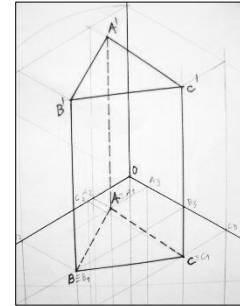
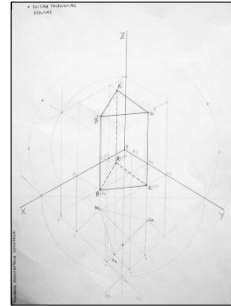
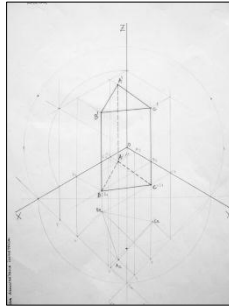
Xavier, J. (coordenador) e Rebelo, J. (2001). *Geometria Descritiva A - 10º e 11º anos ou 11º e 12º anos*. Cursos Científico-Humanísticos de Ciências e Tecnologias e de Artes Visuais e Cursos Artísticos especializados de Design de Comunicação, de Design de Produto e de Produção Artística. Acedido a 20 de Outubro de 2010, em: <http://sitio.dgidc.min-edu.pt/>.

## **ANEXOS**

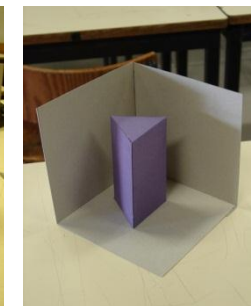
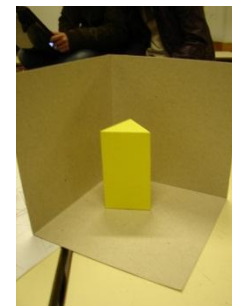
**ANEXO 1 - Galeria de fotografias dos alunos com a aplicação das experimentações**

## ANEXO 1

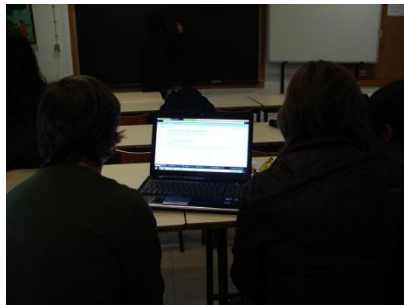
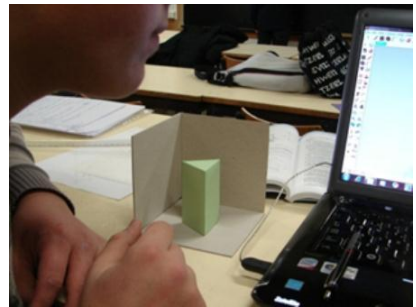
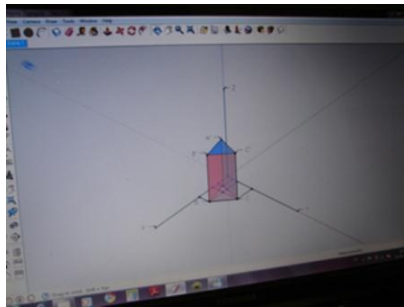
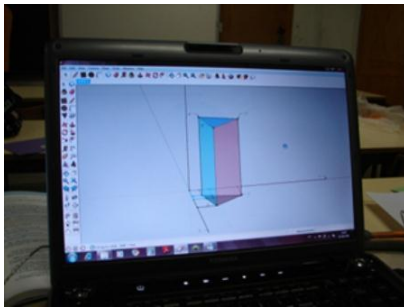
### 1ª sessão experimental



### 2ª sessão experimental



### 3ª sessão experimental



## **APÊNDICES**

**APÊNDICE 1 - enunciado e resolução do exercício prático de experimentação.**

**APÊNDICE 2 - grelha de observação e respectivas informações.**

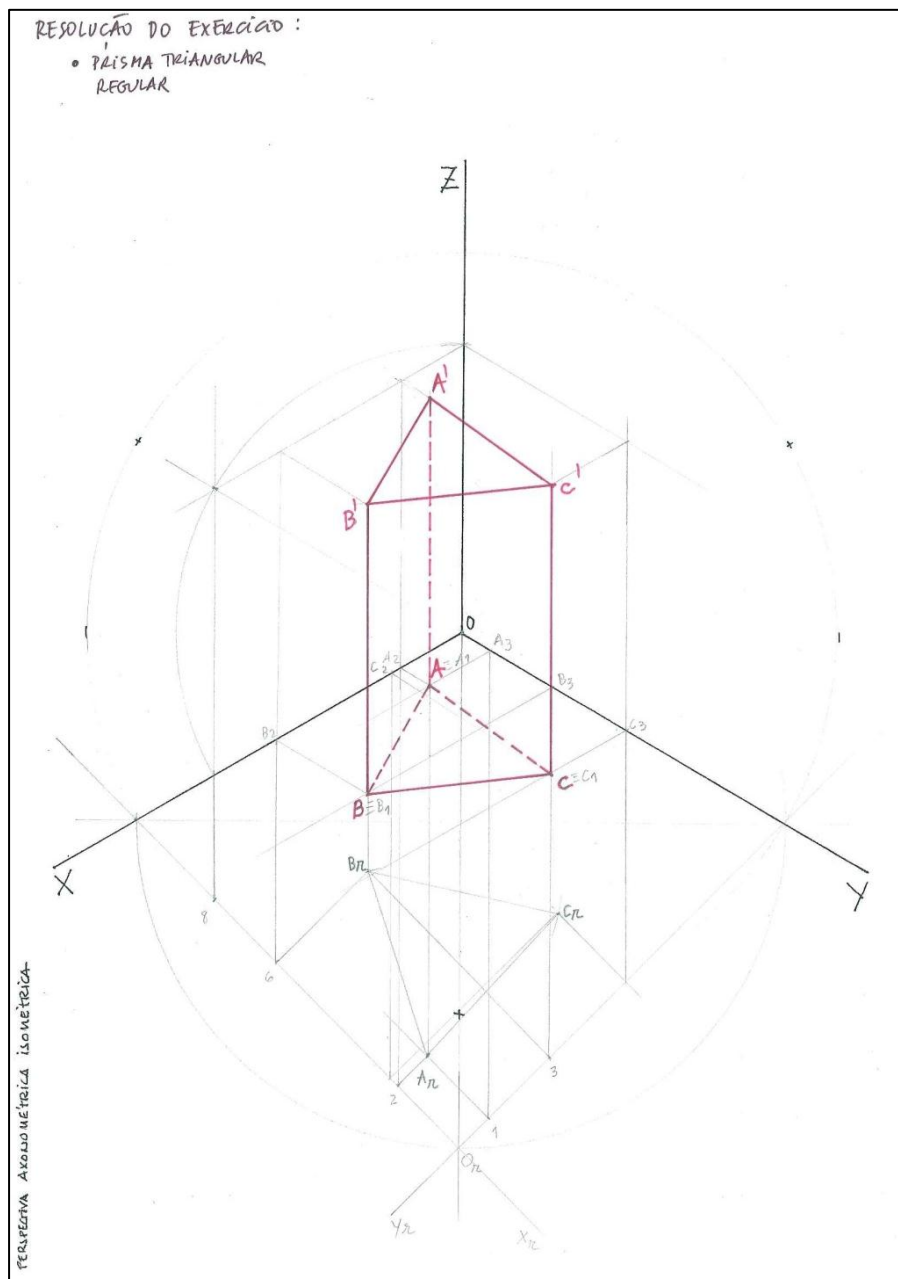
## APÊNDICE 1

### Enunciado do exercício prático:

Represente a perspectiva isométrica de um prisma triangular regular, cuja base é paralela ao plano coordenado (XOY), sabendo que:

- A base do sólido de menor cota é um triângulo equilátero [ABC], do qual se conhecem os pontos A (2;1;0) e B (6;3;0), os de menor afastamento;
- A altura do sólido é de 8 cm.

### Resolução do exercício:



## APÊNDICE 2

### Grelha de Observação:

Data:	Sessão:	Nomenclatura: MB – muito bom; B – bom; S – suficiente; I – insuficiente; MI – muito insuficiente		
	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	
<b>ATITUDES COMPORTAMENTAIS</b>				
Atenção / Concentração				
Material				
Autonomia / Iniciativa				
Participação / Empenho / Interesse				
Cooperação				
Respeito / Responsabilidade				
<b>CONHECIMENTOS / COMPETÊNCIAS</b>				
Frequência das questões/observações				
Pertinência das questões/observações				
Rapidez na resolução do exercício/Concretização/Temporização				
<b>TECNOLOGIA</b>				
Frequência das questões/observações				
Pertinência das questões/observações				
Utilização dos novos meios educativos				
<b>OUTRAS OBSERVAÇÕES</b>				

A grelha de observação permitiu registar as seguintes informações:

**- Atitudes comportamentais:**

*Atenção/Concentração* - registo de comportamentos que revelassem o nível de concentração nos conteúdos/explicações da professora.

*Material* - Para participar plenamente em aulas de Geometria Descritiva torna-se necessário para o aluno trazer algum material específico, como compasso e esquadro. Este item permitia registar as faltas de material, que poderão revelar desinteresse.

*Autonomia / Iniciativa*

*Participação / Empenho / Interesse*

*Cooperação*

*Respeito / Responsabilidade*

**- Conhecimentos/Competências:**

*Frequência das questões/observações* - A frequência com que os alunos colocam questões pode indicar interesse ou falta do mesmo, assim como revelar sobre a eficácia da exposição dos conteúdos.

*Pertinência das questões/observações* - Não só a frequência, a pertinência das questões colocadas é um indicador do nível de atenção dos alunos, assim como das capacidades cognitivas dos mesmos.

*Rapidez na resolução do exercício/Concretização/Temporização* - Um aluno desinteressado ou com dificuldades demora mais tempo a resolver o exercício proposto.

**- Tecnologia:**

*Frequência das questões/observações* - As questões relativas à tecnologia que se apresentou ao grupo de alunos seriam, teoricamente, inevitáveis, e a sua frequência poderia revelar interesse ou alertar para alguma complexidade de manuseamento.

*Pertinência das questões/observações* - Embora pertinência seja um conceito vago, neste caso consideraram-se pertinentes as questões relativas ao funcionamento da tecnologia, no contexto da Geometria Descritiva ou fora dela. Não pertinentes foram considerados comportamentos como virar a *webcam* para os colegas, no caso da utilização da estação individual, por exemplo.

*Utilização dos novos meios educativos* - Este item permitia o registo do número de utilizações da estação individual, assim como comportamentos associados a essa utilização e comentários realizados.

**- Outras observações:**