

GEOMETRIA DESCRITIVA APLICADA À SOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE ARQUITETURA E ENGENHARIA

José Luís Farinatti Aymone¹

Resumo

Este artigo apresenta problemas de projeto de arquitetura e engenharia, onde a solução é obtida através da geometria descritiva, com o objetivo de aumentar o interesse dos alunos pela disciplina e melhorar a sua aprendizagem e desempenho. Os problemas de geometria descritiva tratados foram coletados em livros de autores americanos, uma vez que não foram encontrados em livros nacionais, e abarcam muitos dos temas da parte inicial da disciplina (ponto, reta e plano). Os passos para a solução dos problemas são explicados e mostram-se imagens ilustrativas das situações reais. Também são sugeridos outros casos reais, através de imagens, que podem contribuir para o desenvolvimento de problemas práticos. A implementação dos problemas práticos durante as aulas foi iniciada no primeiro semestre de 2013. Não são necessárias adaptações significativas no conteúdo, sendo que os livros consultados apresentam a abordagem tradicional e complementam os temas com as situações reais. São mostradas tabelas que auxiliam a entrada de dados para os problemas. Por fim, é apresentado um comparativo do desempenho dos alunos em 2012 e 2013. Os resultados dos alunos nas avaliações mostram uma melhora no desempenho, com diminuição no número de reprovações e aumento da média geral.

Palavras-chave: geometria descritiva; engenharia; arquitetura; problemas de projeto.

Abstract

This article presents design problems of architectural and engineering, where the solution is obtained by descriptive geometry. The objective is to increase student interest in the subject and improve their learning and performance. The descriptive geometry problems treated here were collected in books of American authors, since they were not found in Brazilian books, and cover many of the themes of the first part of the subject (point, line and plane). The steps to solve the problems are explained and illustrative images of real situations are presented. Also other real cases which may contribute to the development of practical problems are suggested through images. The implementation of practical problems during classes started in the early of year 2013. Only small adjustments in subjects are required. The books used present the traditional approach and complement the subjects with real cases. Tables for data input to the problems are shown. Finally, a comparison of the students' performance in 2012 and 2013 is presented. Student results on assessments show an improvement in performance, with a reduction in the number of failures and better grades obtained.

Keywords: descriptive geometry; engineering; architecture; design problems.

¹ Professor Doutor, Departamento de Design e Expressão Gráfica, PGDESIGN, UFRGS aymone@ufrgs.br

1. Introdução

A Geometria Descritiva (GD) é uma ciência que busca descrever os objetos através de duas ou mais de suas projeções (CHERRY, 1933). Ela proporciona uma solução gráfica dos problemas envolvendo objetos como ponto, reta, plano, superfícies e sólidos (ROWE, 1939).

Cherry (1933) comenta a má reputação da disciplina e a falta de interesse dos alunos no assunto. Segundo ele, uma forma de tornar a disciplina mais atraente é a proposição e solução de problemas de engenharia que os alunos irão enfrentar na sua prática profissional.

De acordo com Rowe (1939), até aquele momento, muitos livros sobre o tema apresentavam uma abordagem abstrata e de compreensão mais difícil, utilizando traço de plano, de forma similar aquela que Gaspard Monge propôs.

No Brasil, a maioria dos livros de Geometria Descritiva (BORGES et al., 1998; MACHADO, 1969; PRINCIPE Jr., 1983) apresenta os entes geométricos (ponto, reta e plano) de forma isolada e sem uma contextualização das possíveis aplicações da GD em arquitetura e engenharia.

Este trabalho apresenta uma compilação e análise de aplicações da GD em arquitetura e engenharia encontrada em diversos livros publicados em inglês por editoras americanas, que cobrem grande parte dos temas ministrados na parte inicial da GD. É apresentado também um comparativo dos conceitos obtidos pelos alunos da disciplina Geometria Descritiva II-A da UFRGS, antes e após a utilização de problemas de arquitetura e engenharia (que iniciou em 2013). Os resultados mostram a melhora no desempenho dos alunos com a utilização dos problemas aqui apresentados.

2. GD aplicada à Arquitetura e Engenharia

Foi feita uma busca em diversos livros de Geometria Descritiva de editoras americanas com o intuito de coletar e analisar os principais problemas de aplicação da GD. Estes livros foram digitalizados pelo Google e estão disponíveis para visualização online de forma gratuita (HATHITRUST RESEARCH CENTER, 2014).

Pode-se observar em todos os livros encontrados que, inicialmente, os conceitos são apresentados da forma tradicional. São apresentados temas tais como:

- representação do ponto, reta e plano;
- pertinência envolvendo ponto, reta e plano;
- mudança de plano de projeção para a obtenção da verdadeira grandeza (VG) de retas e planos e de ângulos;
- paralelismo e perpendicularismo envolvendo retas e planos;
- distância envolvendo ponto, reta e plano;
- interseção envolvendo reta e plano.

Optou-se por não mostrar neste artigo o método da rotação, pois, em geral, o capítulo e as aplicações dedicadas a ele são em número bem menor que no método da mudança de plano de projeção.

Os livros contêm, além dos problemas tradicionais tratados de forma abstrata, envolvendo ponto, reta e plano, casos aplicados à engenharia e arquitetura. Portanto, a forma de apresentar os conteúdos não necessita adaptações consideráveis, sendo complementada pelos problemas de projeto.

Os problemas apresentados são de autores diferentes, sendo que cada livro tem sua própria notação. Assim, na explicação de cada caso, será usada a notação do autor correspondente. Os exemplos são complementados, sempre que possível, com imagens obtidas na Internet das situações reais. Para a plena compreensão dos exemplos, é necessário conhecimento prévio de geometria descritiva.

2.1. VG e Ângulo de Retas com o Plano de Projeção: Torre de Transmissão de Energia

Uma torre de transmissão de energia elétrica é constituída de diversas barras metálicas, onde é necessário saber o comprimento de cada barra e o ângulo delas com o terreno. A Figura 1 mostra uma imagem de uma torre de transmissão de energia.

Figura 1: Imagem de uma Torre de Transmissão de Energia.

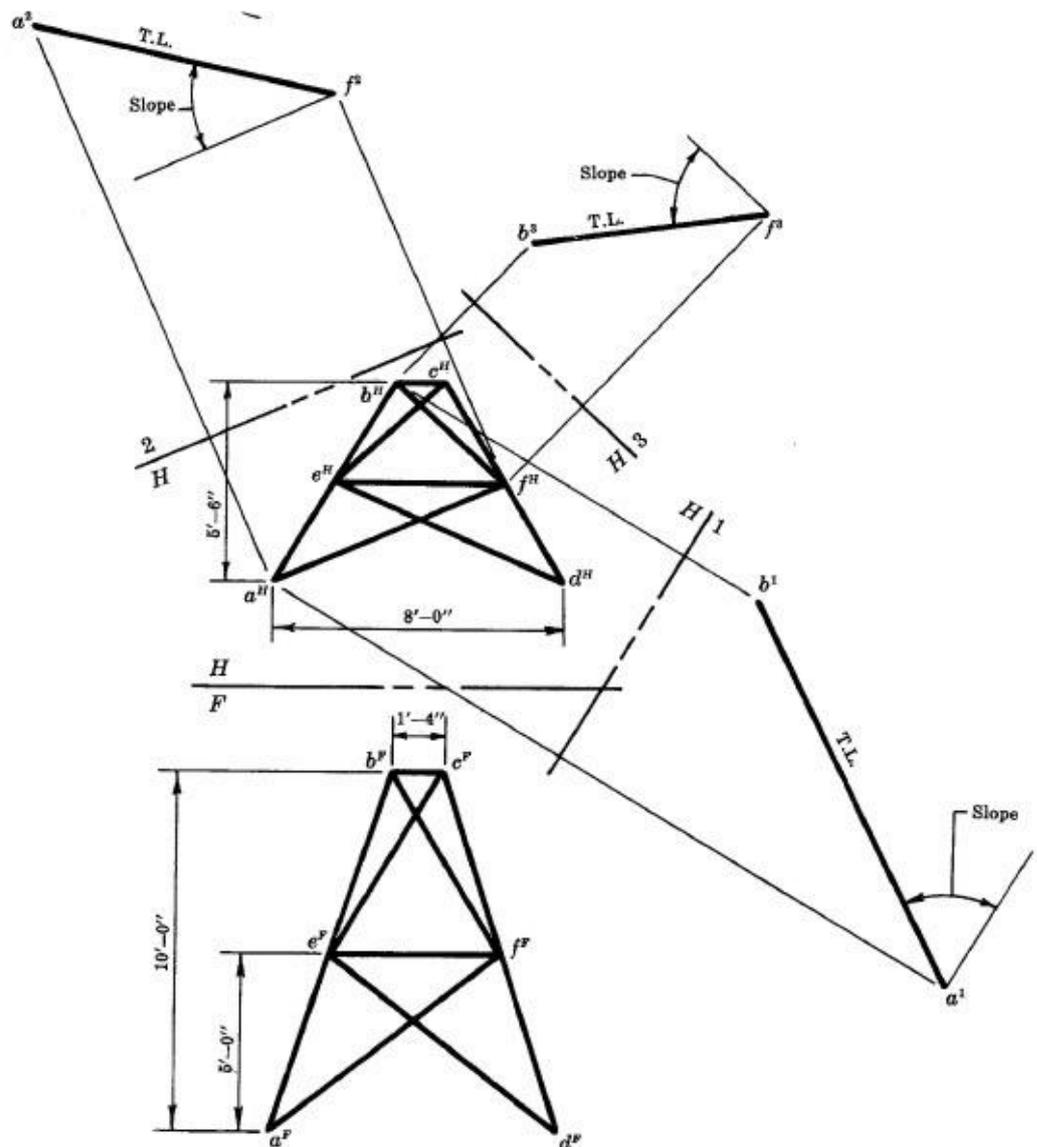


Fonte: www.euromodeltrains.com/trains/products/Walthers1/507/301056.gif

Hawk (1962, p.40) apresenta o exemplo de uma torre de transmissão de energia (Figura 2) onde se pede o comprimento real das barras e o ângulo que elas fazem com o terreno.

É utilizado o terceiro diedro (projeção frontal abaixo da linha de terra e projeção horizontal acima dela). É solicitada a obtenção da VG das barras ab , af e bf e o ângulo que elas fazem com o plano horizontal de projeção (terreno). Em inglês, a VG de retas é denominada T.L. (*true line*) e o ângulo chamado de *slope* (Figura 2). A fim de obter a VG e o ângulo com o plano horizontal de projeção das barras, é colocada uma nova linha de terra paralela à projeção horizontal de cada barra (a^Hb^H , a^Hf^H , b^Hf^H), pois as três são retas oblíquas. São transferidas as cotas dos pontos a^F , b^F e f^F da projeção (F) e chega-se à VG das barras em a^2b^2 , a^2f^2 e b^2f^2 .

Figura 2: Torre de Transmissão de Energia: VG de Barras.

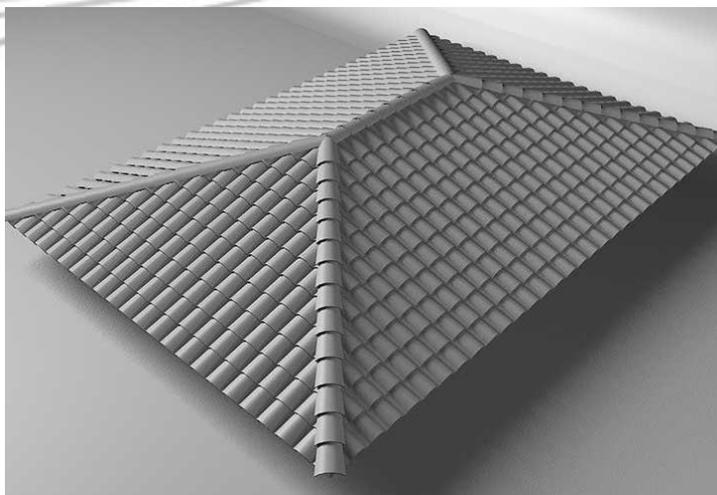


Fonte: Hawk (1962)

2.2. VG de Face (Plano): Telhado

O telhado é um caso real bastante utilizado na obtenção de VG de faces (planos). Um telhado pode apresentar faces em diversas posições, necessitando, muitas vezes, de mudança de plano de projeção para se obter a VG. Com a VG da face, tem-se a área do telhado, podendo-se, por exemplo, estimar o número de telhas necessárias para cobri-lo. O ângulo que a face faz com o plano horizontal de projeção, medido a partir da linha de terra, é a inclinação do telhado (declividade), um parâmetro importante de projeto. Cada tipo de telha tem uma inclinação adequada conforme tabelas disponibilizadas pelos fabricantes. O bom escoamento da água da chuva depende dessa inclinação. A Figura 3 mostra uma foto de um telhado de quatro águas.

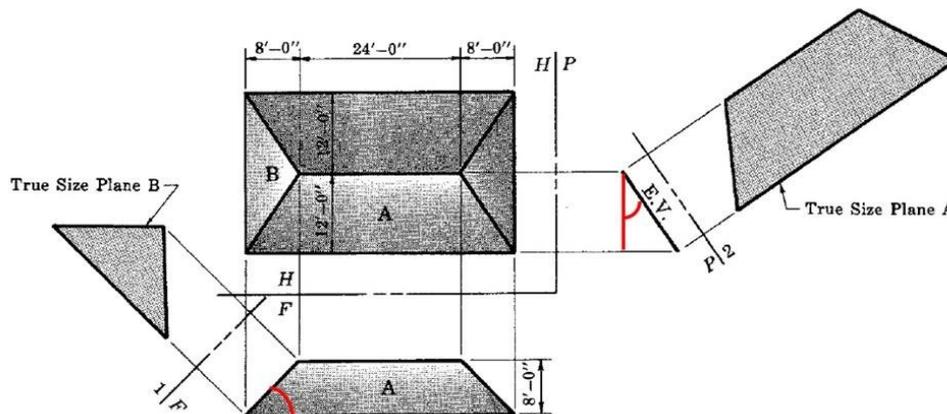
Figura 3: Foto de um Telhado de Quatro Águas.



Fonte: www.pedreiroao.com.br/telhados-e-forros/

Hawk (1962, p. 37) apresenta um telhado de quatro águas onde é pedida a VG das faces A e B. Novamente é utilizado o terceiro diedro (Figura 4).

Figura 4: Telhado de Quatro Águas: VG de Faces.



Fonte: Hawk (1962)

Nota-se que a face A (Plane A) é de rampa, necessitando duas mudanças de plano de projeção para se chegar à VG (True Size). Na primeira mudança, com a nova linha de terra (H|P) perpendicular às retas fronto-horizontais da face, transfere-se as cotas da projeção frontal (F) e acumula-se a face A em “E.V.” e tem-se o ângulo de inclinação da face (em vermelho) em relação à linha de terra (inclinação da água do telhado). A segunda mudança de plano é feita com a nova linha de terra (P|2) paralela à projeção acumulada da face A. São transferidos os afastamentos da projeção horizontal (H), em relação à linha de terra (H|P), chegando-se à VG da face na projeção (2). Hawk opta por transportar apenas a face necessária, e não o sólido inteiro.

A face B (Plane B) é um plano de topo, necessitando apenas uma mudança de

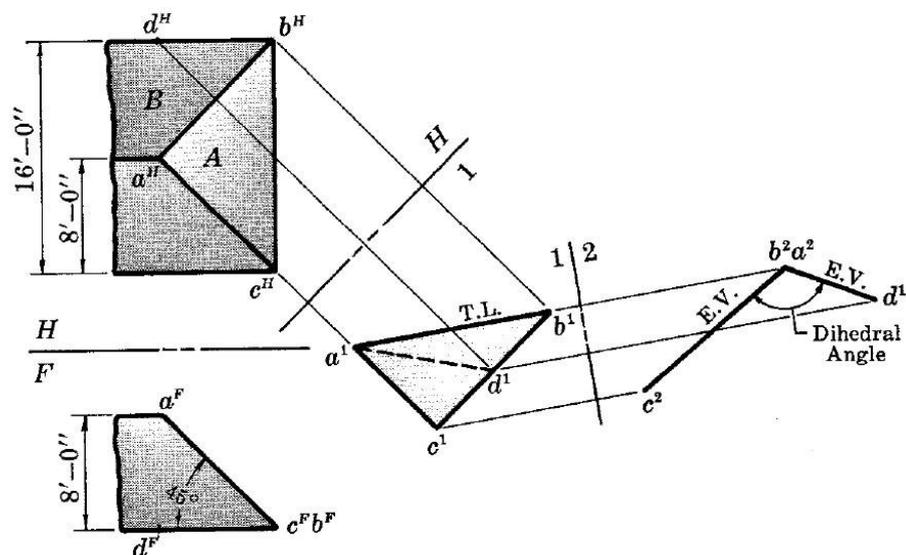
plano de projeção (1/F), paralela à projeção acumulada da face, para se chegar a sua VG. São transferidos os afastamentos da projeção (H), em relação à linha de terra (H/F), chegando-se à VG da face na projeção (1). O ângulo de inclinação da face B aparece (em vermelho) na projeção (F).

2.3. Ângulo Entre Faces (Ângulo Diedro): Telhado

O ângulo diedro é formado entre dois planos que se interceptam. Ele é medido em um plano perpendicular à reta de interseção entre os dois planos (HAWK, 1962). O ângulo diedro pode ser aplicado à execução de peças da estrutura do telhado. Aqui são apresentados exemplos do livro de Hawk (1962) e Cherry (1933).

No exemplo de Hawk (1962, p. 105), o ângulo formado pelas faces A e B é obtido através da dupla mudança de plano de projeção para acumular a aresta (reta) oblíqua ab , levando em conjunto as retas ac e ad que pertencem às faces A e B respectivamente. Primeiramente, com uma nova linha de terra (H/1), paralela à $a^H b^H$, transfere-se as cotas da projeção (F) e obtém-se a VG em $a^1 b^1$. Em seguida, utiliza-se uma nova linha de terra (1/2), perpendicular à $a^1 b^1$, e transfere-se os afastamentos da projeção (H) dos pontos a^H, b^H, c^H e d^H em relação à (1/H). Assim, acumula-se a aresta em $a^2 b^2$ e obtém-se o ângulo diedro com as arestas em $a^2 c^2$ e $a^2 d^2$ (Figura 5).

Figura 5: Telhado de Quatro Águas: Ângulo Diedro.

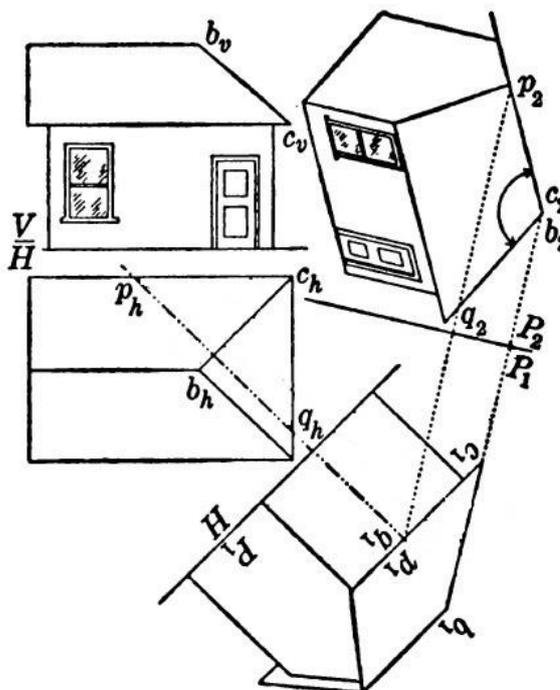


Fonte: Hawk (1962)

Cherry (1933, p. 99) apresenta uma casa com telhado de três águas (Figura 6). Curiosamente, ele utiliza o primeiro diedro para representação. No exemplo, é solicitado o ângulo diedro do espigão da aresta bc entre a face trapezoidal e a face triangular. Para isso, são criados os pontos auxiliares p_h e q_h na projeção horizontal, cada um pertencendo a uma aresta dessas faces, gerando as arestas $p_h c_h$ e $c_h q_h$. Em seguida, na primeira mudança de plano de projeção, com a nova linha de terra (P_1/H) paralela à aresta $b_h c_h$, transfere-se as cotas na projeção V e obtém-se a VG da aresta bc ($b_1 c_1$). Todo o sólido da casa é levado em conjunto. Na segunda mudança de plano de projeção, com a nova linha de terra (P_1/P_2) perpendicular à aresta em $b_1 c_1$, transfere-se os

afastamentos na projeção H em relação à (P_1/H) e acumula-se a aresta em b_2c_2 . O ângulo diedro aparece entre as arestas em p_2c_2 e c_2q_2 .

Figura 6: Telhado de Três Águas: Ângulo Diedro.



Fonte: Cherry (1933)

2.4. Perpendicularismo entre Reta e Plano: Antena no Telhado

O projeto de um cabo suporte para uma antena em um telhado é um exemplo que pode envolver perpendicularismo e distância. A Figura 7 mostra uma antena com três cabos suportes e serve como ilustração da situação real.

Hawk (1962, p.93) propõe um problema onde é dada uma face retangular de um telhado e uma antena de televisão (reta vertical xy). É solicitado projetar um cabo suporte para a antena, conectado a sua extremidade (ponto x), que seja perpendicular à face do telhado. Além disso, pede-se o comprimento real do cabo suporte. É um problema no terceiro diedro (Figura 8).

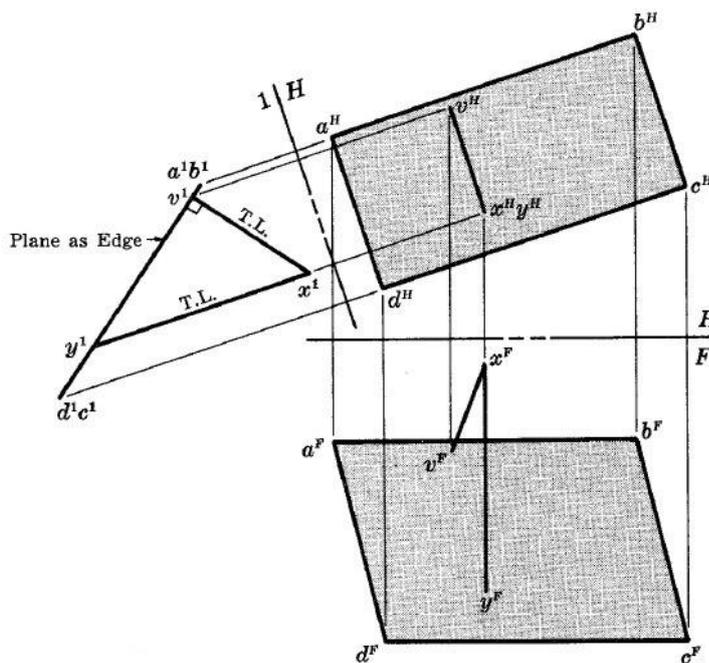
A face do telhado é um plano oblíquo que tem retas horizontais ab e dc . O primeiro passo é acumular a face do telhado, colocando uma nova linha de terra ($1|H$) perpendicular à a^Hb^H . Transferem-se as cotas da projeção (F), acumulando ab em a^1b^1 , e chegando à face acumulada em a^1b^1 e d^1c^1 . Obtêm-se os pontos da antena em x^1 e y^1 . O cabo suporte é feito traçando uma reta perpendicular à face acumulada a partir de x^1 , gerando v^1 sobre a face. O comprimento real (T.L.) do cabo suporte é x^1v^1 . Faz-se o retorno de x^1v^1 , que é paralelo à nova linha de terra ($1/H$) passando por x^H , e obtêm-se as projeções horizontal x^Hv^H e frontal x^Fv^F do cabo suporte.

Figura 7: Telhado com uma Antena Apoiada em Cabos de Aço.



Fonte: fbioprado.blogspot.com.br/2010_11_01_archive.html

Figura 8: Antena e Face de um Telhado: Perpendicularismo entre Reta e Plano.

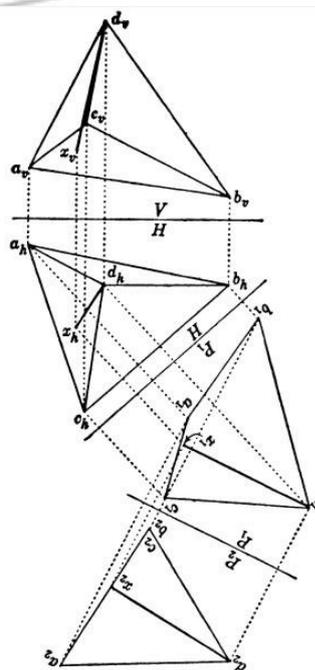


Fonte: Hawk (1962)

2.5. Distância entre Ponto e Plano: Altura de um Tetraedro

A obtenção da altura de um tetraedro, proposta por Cherry (1933, p. 80), é um problema que envolve a distância entre ponto e plano. É usado o primeiro diedro. É dado um tetraedro determinado pelos vértices a , b , c e d . Solicita-se obter a altura do tetraedro a partir do vértice d até a base abc do mesmo. É um problema no primeiro diedro (Figura 9).

Figura 9: Altura de um Tetraedro: Distância entre Ponto e Plano.



Fonte: Cherry (1933)

A altura do tetraedro pode-se ser obtida considerando como um problema de distância do vértice d até a face plana abc . Para se chegar à VG da distância é necessário acumular a face abc e traçar uma reta perpendicular a ela a partir do vértice d .

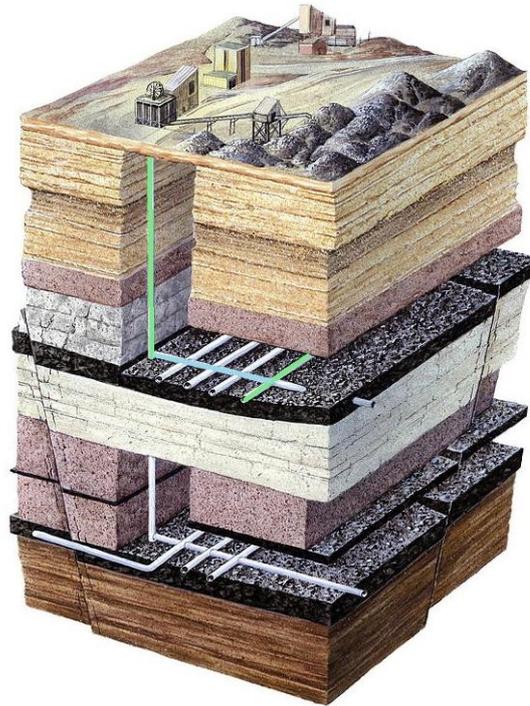
Como todas as arestas do tetraedro são oblíquas, há duas formas de proceder. Pode-se traçar uma reta auxiliar horizontal ou frontal (com VG) pertencendo à face abc e acumular esta reta, acumulando o plano. Na forma aqui apresentada, fazem-se necessárias duas mudanças de plano de projeção. Na primeira, coloca-se uma nova linha de terra ($P1|H$) paralela à $bhch$, transferem-se as cotas da projeção (V) e obtém-se a VG da aresta em $b1c1$. Na segunda mudança, a nova linha de terra ($P1|P2$) é perpendicular à $b1c1$. Transferem-se os afastamentos (H) em relação à linha de terra ($P1|H$) e acumula-se esta aresta em $b2c2$, acumulando a face abc . Em seguida, traça-se a distância em VG perpendicularmente a partir de $d2$ até a face em $a2b2c2$, gerando o ponto $x2$. Por último, faz-se o retorno das projeções da distância a partir de $d2x2$, sendo ela paralela à nova linha de terra ($P1|P2$) em $d1x1$.

2.6. Distância entre Retas Reversas: Túnel de Ventilação em uma Mina de Carvão

O problema prático de projetar um túnel de ventilação entre dois túneis de escavação em uma mina de carvão, com o menor comprimento possível, pode ser resolvido através da obtenção da distância entre retas reversas.

A Figura 10 apresenta uma ilustração de um corte no subsolo mostrando uma mina de carvão com diversos túneis. O túnel de ventilação a ser obtido está exemplificado em azul e os dois túneis de escavação em verde. É interessante apresentar esta figura para os alunos a fim de que eles percebam que estão usando a GD para a resolução de um problema real de engenharia.

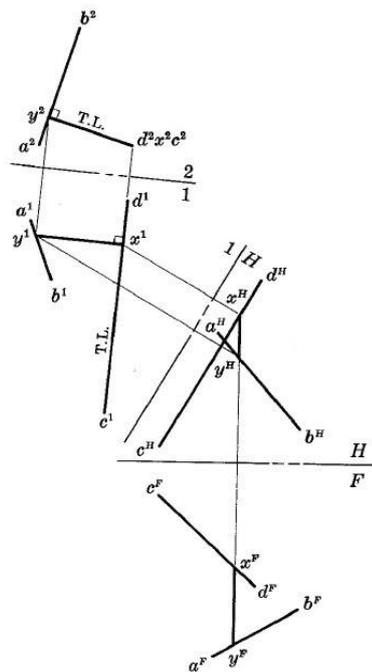
Figura 10: Subsolo de uma Mina de Carvão.



Fonte: images.fineartamerica.com/images-medium-large/coal-mine-cutaway-artwork-gary-hincks.jpg

Hawk (1962, p. 63) apresenta um problema similar e resolve através da simplificação dos túneis por retas (Figura 11).

Figura 11: Distância entre Retas Reversas: Túnel de Ventilação em uma Mina.



Fonte: Hawk (1962)

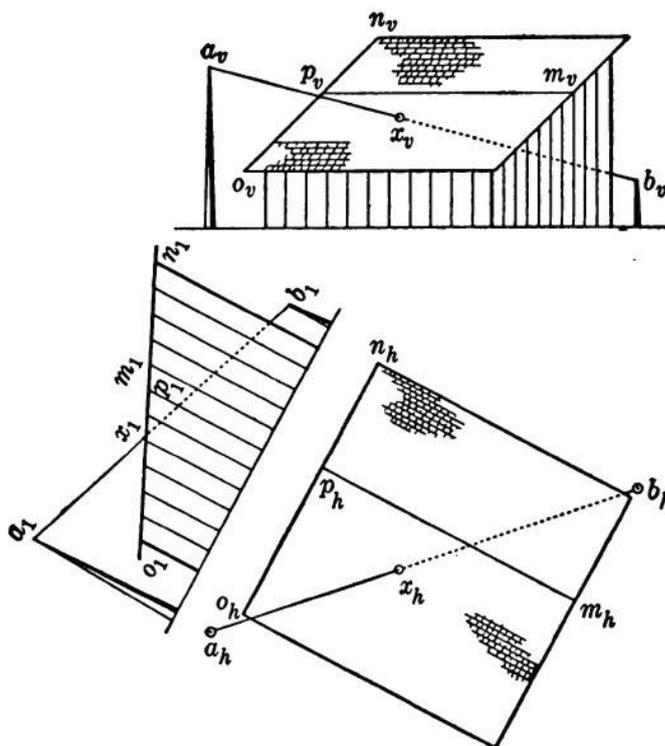
As retas ab e cd não têm a mesma posição da Figura 10, que serve apenas de ilustração da situação real. As duas são retas oblíquas e, para a obtenção da distância entre elas, é feita a acumulação da reta cd . Para isso, primeiramente coloca-se uma nova linha de terra ($1/H$) paralela à $c^h d^h$, transfere-se as cotas da projeção (F) e obtém-se a VG em $c^1 d^1$. A reta ab é levada em conjunto. Em seguida, faz-se uma nova linha de terra ($1/2$) perpendicular à $c^1 d^1$, transfere-se os afastamentos da projeção (H), em relação à ($1/H$), e acumula-se a reta em $c^2 d^2$. A distância em VG é a perpendicular entre $c^2 d^2$ e $a^2 b^2$, indicada por T.L. (*true line*). Por último, realiza-se o retorno do segmento distância em $x^2 y^2$ para todas as projeções, sendo $x^1 y^1$ paralelo à linha de terra ($1/2$).

Outro caso real que exemplifica a distância entre retas reversas é a construção de um ramal de ligação entre duas tubulações de água (retas reversas) que tenha o menor comprimento possível.

2.7. Interseção Entre Reta e Plano: Cabo Passando Através do Telhado

Cherry (1933, p. 78) propõe um problema em que se pede encontrar o ponto onde um cabo, que vai do poste a até o poste b , irá interceptar o telhado, e analisar a visibilidade (Figura 12). É um problema no primeiro diedro.

Figura 12: Cabo Intercepta Telhado: Interseção Entre Reta e Plano.



Fonte: Cherry (1933)

Na interseção entre reta e plano, deve-se primeiramente obter o ponto de interseção, que aparece em uma projeção onde o plano estiver acumulado. Em seguida, analisa-se a visibilidade, onde há um trecho visível e outro invisível. Para avaliar a visibilidade, compara-se um ponto de interseção aparente entre a reta e uma reta do

plano, que são como retas reversas. Aquela reta cujo ponto estiver mais longe da linha de terra em uma projeção, é visível na outra.

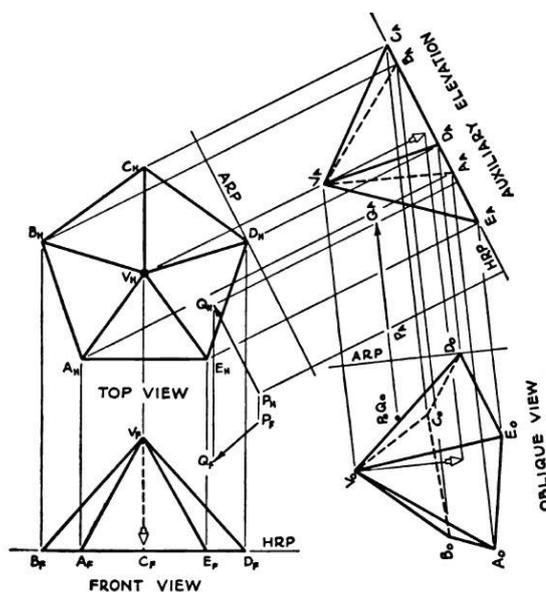
Como o telhado é um plano oblíquo, faz-se necessária uma mudança de plano de projeção de modo a acumular o plano do telhado. Para isso, coloca-se a nova linha de terra perpendicularmente à $p_h m_h$, projeção em VG da reta horizontal pm . Na projeção acumulada, o ponto onde a reta em $a_1 b_1$ intercepta o telhado é denominado de x_1 . Faz-se o retorno de x_1 , para as projeções horizontal x_h e frontal x_v , por pertinência de ponto à reta. Por último, a visibilidade é analisada. O cabo é visível na projeção horizontal no trecho entre a_h e x_h , uma vez que, neste trecho, o cabo tem mais cota do que o plano na projeção frontal (V). A partir de x_h o cabo fica invisível até b_h , no trecho interno ao sólido da casa. A visibilidade na projeção frontal é feita de forma similar, o trecho $a_v x_v$ é visível, pois $a_h x_h$ tem mais afastamento que $o_h p_h$.

2.8. Perspectiva Axonométrica: Relação Entre a GD e a Computação Gráfica

A perspectiva axonométrica é uma aplicação prática do método descritivo da mudança de plano de projeção. Esta perspectiva pode ser obtida de forma similar utilizando softwares de computação gráfica como o AutoCAD 2012. Isso mostra a importância do entendimento da GD, que irá auxiliar na compreensão e utilização de softwares de desenho auxiliado por computador.

Rowe (1939, p. 45) apresenta uma pirâmide pentagonal de base dada pelos pontos $ABCDE$ e topo V (Figura 13). Há também uma seta (vetor), dada pelos pontos P e Q , que indica a direção de visualização desejada da pirâmide. O vetor PQ é uma reta oblíqua.

Figura 13: Perspectiva Axonométrica Usando a GD.



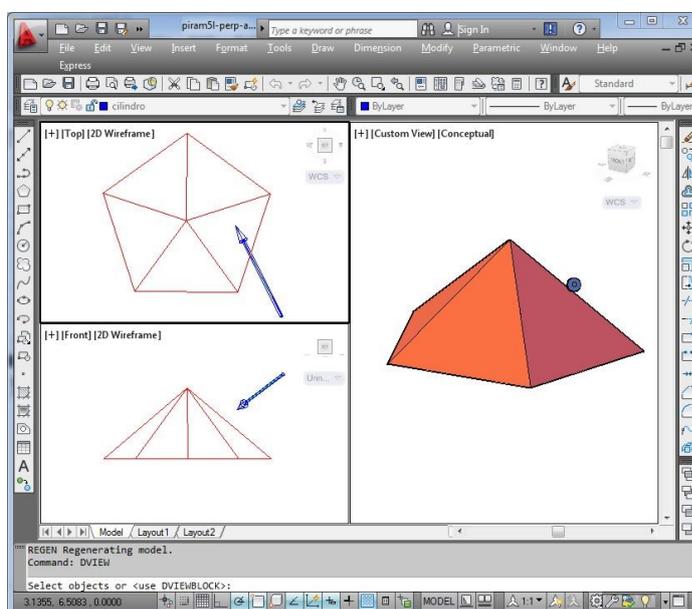
Fonte: Rowe (1939)

Para obter a direção de visualização apontada pela seta, é necessário torná-la acumulada. Para isso, coloca-se uma nova linha de terra (ARP) paralela à $P_H Q_H$,

transportando os pontos da pirâmide e encontrando a VG da seta em P_AQ_A , em uma vista auxiliar denominada “Auxiliary Elevation”. Em seguida, faz-se outra linha de terra, agora perpendicular à P_AQ_A , e transporta-se a pirâmide e a seta, que fica acumulada em P_OQ_O . A pirâmide aparece na posição desejada na vista oblíqua chamada de “Oblique View”.

O mesmo objeto foi modelado no software AutoCAD 2012, para efeito comparativo, utilizando o comando para criação de pirâmides “Pyramid”. Foi feita uma pirâmide de cinco lados (Figura 14), com aparência similar ao exemplo da Figura 13.

Figura 14: Perspectiva Axonométrica Usando o AutoCAD 2012.



Fonte: o Autor

A direção de visualização foi definida por uma reta, com projeções parecidas com a reta da Figura 13. Sobre esta reta, foi modelada uma seta em 3D (de cor azul) para facilitar a visualização dela na imagem.

O comando de geração de uma vista em perspectiva axonométrica no AutoCAD é denominado DVVIEW (KATORI, 2013). Neste comando, é definido como câmera (“camera”) o ponto P e como alvo (“target”) o ponto Q.

A Figura 14 apresenta as projeções horizontal (“Top”) e frontal (“Front”) e a vista em perspectiva axonométrica (“Custom View”). Observa-se nesta vista que a seta está acumulada (à direita da pirâmide) e a direção de visualização é a mesma obtida pela mudança de plano de projeção na Figura 13.

3. Outras Possibilidades de Aplicações Práticas da GD

Além dos exemplos encontrados em livros e apresentados anteriormente, mostra-se agora outras possibilidades de aplicações práticas da GD, através de imagens obtidas na Internet. A Figura 15 apresenta uma casa com um telhado contendo uma mansarda (janela) e um painel solar.

Figura 15: Telhado com Mansarda e Pannel Solar.

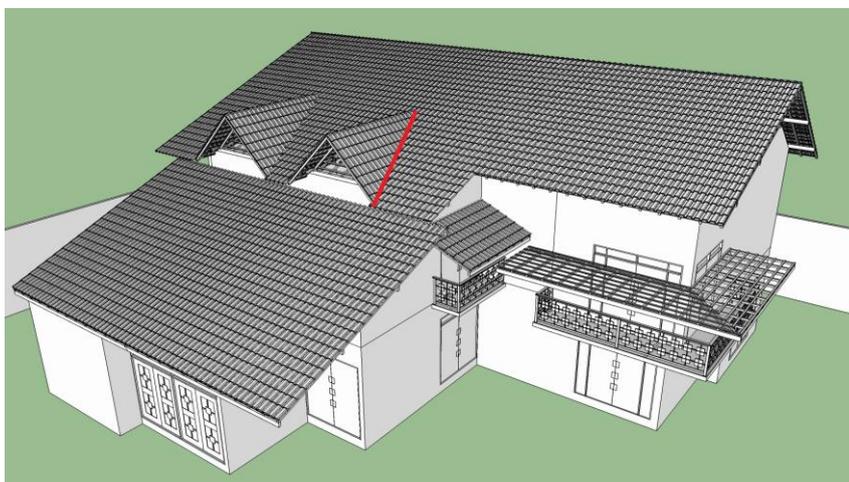


Fonte: blog.enerdynamics.com/2011/05/15/can-solar-power-on-our-rooftops-compete-with-existing-generation-on-price/

O painel solar pode servir de exemplo em um problema que se peça para representá-lo como um quadrado, de um determinado lado, pertencendo à face do telhado. Para isso, seria necessário primeiramente encontrar a VG da face do telhado (caso já apresentado no item 2.2), utilizando mudança de plano de projeção. Em seguida, representa-se o quadrado na VG. Por último, faz-se o retorno das projeções do quadrado, pertencendo à face do telhado.

A Figura 16 também apresenta uma mansarda, só que triangular. O projeto da mansarda e sua interseção com a face do telhado (reta em vermelho) é um problema de interseção entre planos. Como o telhado é um plano oblíquo, é necessário acumular a face do telhado (como no item 2.7) para obter a reta de interseção, que define a interseção da cobertura da mansarda com o telhado da casa.

Figura 16: Telhado com Mansarda.



Fonte: www.sketchupbrasil.com/modules/xforum/viewtopic.php?post_id=48032

4. Considerações sobre a Utilização dos Problemas Reais nas Aulas

Pode-se observar que muitos dos casos apresentados possuem bem mais vértices e faces do que os problemas tradicionais de GD. Em virtude disso, algumas ações foram tomadas para se aproveitar bem o tempo disponível na disciplina.

Ao se preparar os exercícios, busca-se diminuir o número de vértices e faces tanto quanto possível, mas sem perder a ideia do problema a ser tratado. Por exemplo, em um telhado, pode-se diminuir o número de faces (águas do telhado). Os dados do problema são disponibilizados através de tabelas de pontos e faces. A “Tabela 1” apresenta uma lista de quatro pontos com suas coordenadas (X,Y,Z). A “Tabela 2” mostra uma lista de faces com duas faces, sendo a Face1 de quatro pontos e a Face2 de três pontos.

Tabela 1: Lista de Pontos

<i>Ponto</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Z</i>
<i>A</i>	<i>10</i>	<i>5</i>	<i>50</i>
<i>B</i>	<i>30</i>	<i>15</i>	<i>10</i>
<i>C</i>	<i>20</i>	<i>40</i>	<i>30</i>
<i>D</i>	<i>5</i>	<i>10</i>	<i>20</i>

Fonte: o Autor.

Tabela 2: Lista de faces

<i>Face</i>	<i>1º ponto</i>	<i>2º ponto</i>	<i>3º ponto</i>	<i>4º ponto</i>
<i>1</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
<i>2</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	

Fonte: o Autor.

Utiliza-se na disciplina, como material de apoio, o software HyperCAL3D (TEIXEIRA & SANTOS, 2013). Este software permite a modelagem de sólidos a partir das coordenadas dos pontos e da lista de faces, utilizando tabelas similares às Tabelas 1 e 2. Dessa forma, os alunos ficam familiarizados com a entrada de dados.

Outra possibilidade é fornecer aos alunos a é pura pronta, impressa em uma folha. Ela pode ser disponibilizada em uma lista de exercícios em PDF, que os alunos mesmos imprimem e trazem para a aula. Isso agiliza a execução dos exercícios. Por outro lado, é importante que, em alguns casos, os alunos façam a representação em é pura desde o início, para treinar a precisão e a utilização dos instrumentos (régua, compasso, esquadros, etc.).

Cabe colocar que continuam sendo apresentados problemas tradicionais, envolvendo os elementos ponto, reta e plano de forma isolada. Uma vez que os alunos

percebem o contexto das situações reais com alguns exemplos, isso ajuda a compreensão dos problemas mais abstratos. Assim, a parte conceitual da disciplina permanece, em grande parte, a mesma.

5. Conceitos dos alunos de Geometria Descritiva na UFRGS

A Geometria Descritiva II-A (ARQ03317) é uma disciplina de dois créditos semanais (1h40min), ministrada para o primeiro semestre da maioria dos cursos de Engenharia da UFRGS (Civil, Mecânica, Elétrica, Produção, Cartográfica, Minas, Metalúrgica, de Materiais).

A inclusão dos tipos de problema apresentados neste artigo iniciou no 1º semestre de 2013. A avaliação da disciplina é dividida em duas áreas. Cada área possui uma prova (sem consulta e que vale 70% da nota da área) e um teste (com consulta e que vale 30% da nota da área). A reprovação na disciplina ocorre por conceito D (média abaixo de 6,0) ou FF (frequência nas aulas menor que 75%).

A Tabela 3 apresenta, para cada semestre de 2012 e 2013, a média, número de alunos, número de reprovações com D e, na coluna *D/Al. (%)*, a porcentagem de reprovação com D em relação ao número total de alunos.

Tabela 3: Comparativo dos resultados obtidos nas avaliações de GD

<i>Semestre</i>	<i>Média</i>	<i>Alunos</i>	<i>D</i>	<i>D/Al. (%)</i>
2012/1	6,53	253	49	19
2012/2	6,30	207	51	24
2013/1	7,90	246	27	11
2013/2	7,34	241	38	15

Fonte: o Autor.

Da Tabela 3, observa-se que no ano de 2013 a média geral aumentou substancialmente. Considera-se que é mais adequado comparar cada semestre do ano separadamente, pois o perfil do aluno é bem diferenciado entre os semestres. Os alunos melhores classificados no vestibular entram no 1º semestre.

No semestre 2013/2, a média foi 7,34, um bom aumento em relação ao semestre 2012/2, que foi 6,30. Comparando com 2012/2 com 2013/2, a reprovação com D caiu de 24% para 15%.

Já no semestre 2013/1, a média foi 7,90, bem maior que a média de 6,53 no semestre 2012/1. Comparando com 2012/1 com 2013/1, a reprovação com D diminuiu de 19% para 11%.

6. Considerações Finais

Este artigo apresentou diversos problemas de projeto de arquitetura e engenharia, coletados em livros americanos, como aplicações da geometria descritiva. Pode-se

observar a variedade de situações em que a geometria descritiva é empregada, contemplando grande parte dos conteúdos da parte inicial da disciplina (envolvendo ponto, reta e plano).

Foram também mostradas, a partir de fotos, propostas de outros problemas a serem resolvidos.

A implementação dos problemas mostrados em sala de aula necessita poucas adaptações em relação à abordagem tradicional. Os livros consultados contêm a abordagem tradicional e complementam o conteúdo com os exemplos de aplicação prática. Uma vez que os alunos percebem o potencial de aplicações da GD, a compreensão de situações mais abstratas é facilitada, pois os alunos veem estas situações como parte de um problema real e têm mais interesse pela disciplina.

Os resultados obtidos pelos alunos durante o semestre letivo demonstram uma diminuição no número de reprovações e um aumento da média, o que denota uma melhora na aprendizagem.

Os problemas aqui apresentados servem como ponto de partida e trazem ideias para o desenvolvimento de outros casos de aplicações reais da GD.

Referências

BORGES, Gladys Cabral de Mello; BARRETO, Deli Garcia Olle; MARTINS, Enio Zago. Noções de geometria descritiva : teoria e exercícios. 7. ed. Porto Alegre: Sagra-dc Luzzatto, 1998. 173 p

CHERRY, Floyd Hildreth. Descriptive geometry; an introduction to engineering graphics. New York: The Macmillan Co., 1933. 127 p. Disponível em: <[http://hdl.handle.net/2027/uc1.\\$b45965](http://hdl.handle.net/2027/uc1.$b45965)>. Acesso em: 01 jan. 2014.

HATHITRUST RESEARCH CENTER (United States Of America). University Of Michigan (Org.). HathiTrust Digital Library. 2014. Disponível em: <[http://babel.hathitrust.org/cgi/ls?field1=ocr;q1=descriptive geometry;a=srchls;lmt=ft;sz=100](http://babel.hathitrust.org/cgi/ls?field1=ocr;q1=descriptive%20geometry;a=srchls;lmt=ft;sz=100)>. Acesso em: 01 jan. 2014.

HAWK, Minor Clyde. Schaum's outline of theory and problems of descriptive geometry. New York: Schaum, 1962. 212 p. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/2027/coo.31924001595093>>. Acesso em: 01 jan. 2014.

KATORI, Rosa. Autocad 2013 - Modelando Em 3D e Recursos Adicionais. São Paulo: Senac São Paulo, 2013. 642 p.

MACHADO, Ardevan. Geometria descritiva: noções fundamentais para uso dos alunos do curso científico e dos candidatos às Escolas Superiores : teoria-exercícios. 18. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1969. 294 p.

PRINCIPE JUNIOR, Alfredo dos Reis. Noções de geometria descritiva – v.1. São Paulo: NBL Editora, 1983. 312 p.

ROWE, Charles Elmer. Engineering descriptive geometry; the direct method for students, draftsmen, architects, and engineers. New York: D. van Nostrand Company, Inc., 1939. 299 p. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/2027/mdp.39015000983802>>. Acesso em: 01 jan. 2014.

TEIXEIRA, Fábio Gonçalves; SANTOS, Sérgio Leandro dos. HyperCAL3D, Um sistema inovador para auxílio ao processo de ensino de geometria descritiva. In: GRAPHICA 2013 - INTERNATIONAL CONFERENCE ON GRAPHICS ENGINEERING FOR ARTS AND DESIGN, 10., 2013, Florianópolis. Anais... . Florianópolis: Ufsc, 2013. p. 1 - 13. Disponível em: <<http://graphica2013.ufsc.br/anais-2/>>. Acesso em: 01 jan. 2014.