

Avaliação heurística do conteúdo gráfico do material instrucional HyperCAL^{GD}

Heuristic evaluation of graphic content in instructional material HyperCAL^{GD}

Felipe S. Viaro, Régio P. Silva, Tânia K. Silva

Mídia, Gráfico, Avaliação, Design instrucional, Aprendizagem

Para auxiliar no processo de aprendizagem da Geometria Descritiva, o HyperCAL^{GD} faz uso de mídias como textos, imagens estáticas, fotografias, animações e modelos em realidade virtual. As mídias visuais contidas em um material instrucional podem influenciar positiva ou negativamente a aprendizagem. O HyperCAL^{GD} foi desenvolvido pelos professores da disciplina de forma experimental e, apesar do sucesso da ferramenta, não foi verificado experimentalmente se os gráficos utilizados no *software* são os mais adequados para promover a aprendizagem. Portanto, o objetivo deste trabalho é realizar uma avaliação heurística do conteúdo gráfico do HyperCAL^{GD}. A avaliação verifica a eficácia dos gráficos utilizados em relação aos processos de aprendizagem dos alunos da disciplina. Para realizar a avaliação, desenvolveu-se um método baseado na análise da metodologia de design visual para materiais instrucionais de Clark e Lyons (2011). O método abstraiu do modelo de Clark e Lyons (2011) as principais etapas, elementos e ações, adaptando-os em um contexto de avaliação. Com o uso deste método foi possível avaliar os 49 gráficos contidos no primeiro capítulo do HyperCAL^{GD} e constatou-se que o capítulo está bem representado visualmente. Dessa forma, esse conteúdo gráfico não necessita de modificações para ser considerado eficaz no aprendizado. Porém, algumas sugestões são apresentadas para torná-lo mais eficaz.

Media, Graphic, Evaluation, Instructional Design, Learning

For supporting the learning process of Descriptive Geometry, HyperCAL^{GD} uses different type of media such as texts, static images, photographs, animations and virtual reality models. The visual media contained in instructional materials can positively or negatively influence learning. The HyperCAL^{GD} was developed by the teachers of the subject in an experimental way. Despite the success of the tool, it was not verified if the graphics used in the software are suitable in promoting learning. Therefore, the aim of this article is to evaluate the graphic content of the HyperCAL^{GD}. The evaluation verifies the effectiveness of graphics related to the learning process of the subject students. To perform the evaluation, it was developed an evaluation method based on the analysis of the visual design methodology for instructional materials by Clark and Lyons (2011). The evaluation method abstracted from the Clark and Lyons (2011) model the key steps, such as the elements and actions, adapting them into an evaluation context. With the assessment method it was possible evaluate the 49 graphics in the first chapter of HyperCAL^{GD}. The first chapter was considered well represented. Thus, this graphical content does not require modifications to be considered effective in learning. However, some suggestions are pointed out to make it more effective.

1 Introdução

Observa-se que os alunos de cursos de graduação que frequentam as disciplinas de Geometria Descritiva (GD) e Desenho Técnico apresentam dificuldades para compreender a representação bidimensional (projeções ortográficas) de objetos tridimensionais, assim como, a conformação tridimensional desses objetos a partir de suas projeções bidimensionais (vistas

Anais do
6^o Congresso Internacional de Design da Informação
5^o InfoDesign Brasil
6^o Congic
Solange G. Coutinho, Monica Moura (orgs.)
Sociedade Brasileira de Design da Informação – SBDI
Recife | Brasil | 2013
ISBN 978-85-212-0824-2

Proceedings of the
6th Information Design International Conference
5th InfoDesign Brazil
6th Congic
Solange G. Coutinho, Monica Moura (orgs.)
Sociedade Brasileira de Design da Informação – SBDI
Recife | Brazil | 2013
ISBN 978-85-212-0824-2

Viaro, Felipe S.; Silva, Régio P.; Silva, Tânia K. 2014. Avaliação heurística do conteúdo gráfico do material instrucional HyperCALGD. In: Coutinho, Solange G.; Moura, Monica; Campello, Silvio Barreto; Cadena, Renata A.; Almeida, Swanne (orgs.). Proceedings of the 6th Information Design International Conference, 5th InfoDesign, 6th CONGIC [= Blucher Design Proceedings, num.2, vol.1]. São Paulo: Blucher, 2014. ISSN 2318-6968, ISBN 978-85-212-0824-2 DOI <http://dx.doi.org/10.5151/designpro-CIDI-44>

ortográficas). Para buscar auxílio, os alunos dessas disciplinas frequentam as respectivas monitorias e utilizam materiais de apoio como livros e apostilas.

A internet e os recursos digitais também surgem como meios de apoio aos alunos de GD. Estes recursos possuem características diferenciadas que trazem consigo novas possibilidades – narração, *hyperlinks*, vídeos e animações. As Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) aplicadas à educação trazem consigo grandes potencialidades pedagógicas (SILVA; ALMEIDA, 2011). Em vista disso, o grupo de pesquisa Virtual Design (V/D) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) desenvolveu em 1999 o HyperCAL^{GD}, uma ferramenta digital de apoio ao ensino-aprendizagem de Geometria Descritiva.

A ferramenta baseada em um ambiente de aprendizagem hipermídia foi primeiramente utilizada no ensino da disciplina de GDIII de diversos cursos de Engenharia. Devido ao sucesso da ferramenta, o HyperCAL^{GD} foi difundido dentro da UFRGS e, é hoje, utilizado como material de apoio nas disciplinas de GD nos cursos de graduação em Arquitetura, Design e nas diversas formações da Engenharia dessa Universidade. O material digital é apresentado em sala de aula e disponibilizado para que os alunos possam utilizá-lo também em casa.

Para auxiliar no processo de aprendizagem, o HyperCAL^{GD} faz uso de mídias como textos, imagens estáticas, fotografias, animações e modelos em realidade virtual. O HyperCAL^{GD} foi desenvolvido de forma experimental a partir dos conhecimentos de seus desenvolvedores, que são professores dessas disciplinas, buscando atender as necessidades apresentadas pelos alunos e ao plano de ensino da disciplina de GD (SILVA, 2005). As diferentes mídias visuais utilizadas possuem importância fundamental nessa ferramenta e, neste trabalho, são denominadas genericamente de gráficos.

Apesar do sucesso do HyperCAL^{GD}, confirmado pela melhoria das notas dos alunos depois do uso da ferramenta (TEIXEIRA et al., 2003), não foi comprovado de que os gráficos incluídos no conteúdo da ferramenta são os mais adequados. O processo de produção do material, descrito em Silva (2005), não contempla como que os gráficos utilizados no HyperCAL^{GD} podem influenciar nos processos cognitivos dos seus usuários.

A principal premissa da Teoria Multimídia de Mayer (2003) é que gráficos e textos juntos tem maior potencial de aprendizagem, sendo que os gráficos podem ser considerados uma ferramenta instrucional efetiva, podendo vir a melhorar ou piorar a aprendizagem. Até pouco tempo, os gráficos utilizados com fins de aprendizagem eram selecionados a partir da opinião de especialistas. Contudo, nos últimos vinte anos, desenvolveram-se pesquisas significativas na área que formam um corpo de pesquisas confiável e que pode ser utilizado como base para o uso desses gráficos (CLARK e LYONS, 2011). Em vista disso, as autoras desenvolveram uma metodologia específica para o desenvolvimento de material instrucional com ênfase no uso de gráficos. A metodologia faz o uso de diretrizes que determinam quais os tipos de gráficos são mais adequados para representar diferentes tipos de conteúdo. As autoras definem gráficos instrucionais como sendo gráficos capazes de representar um conteúdo e promover a aprendizagem. As diretrizes e os princípios da metodologia versam sobre como visualizar um conteúdo atingindo aos processos cognitivos dos usuários.

Portanto, o objetivo desta pesquisa é avaliar o conteúdo gráfico do ambiente de aprendizagem HyperCAL^{GD} verificando se está de acordo com as diretrizes para o uso de gráficos. Para isso, será realizada uma adaptação da metodologia de Clark e Lyons (2011) que permitirá a avaliação gráfico-instrucional do ambiente HyperCAL^{GD}. Também, serão indicadas sugestões para a melhoria do conteúdo gráfico. Em um espectro mais amplo, a pesquisa visa contribuir para gerar um critério de qualidade gráfico-instrucional dos materiais existentes e, somar-se ao corpo teórico de pesquisas nesta área, ainda incipiente.

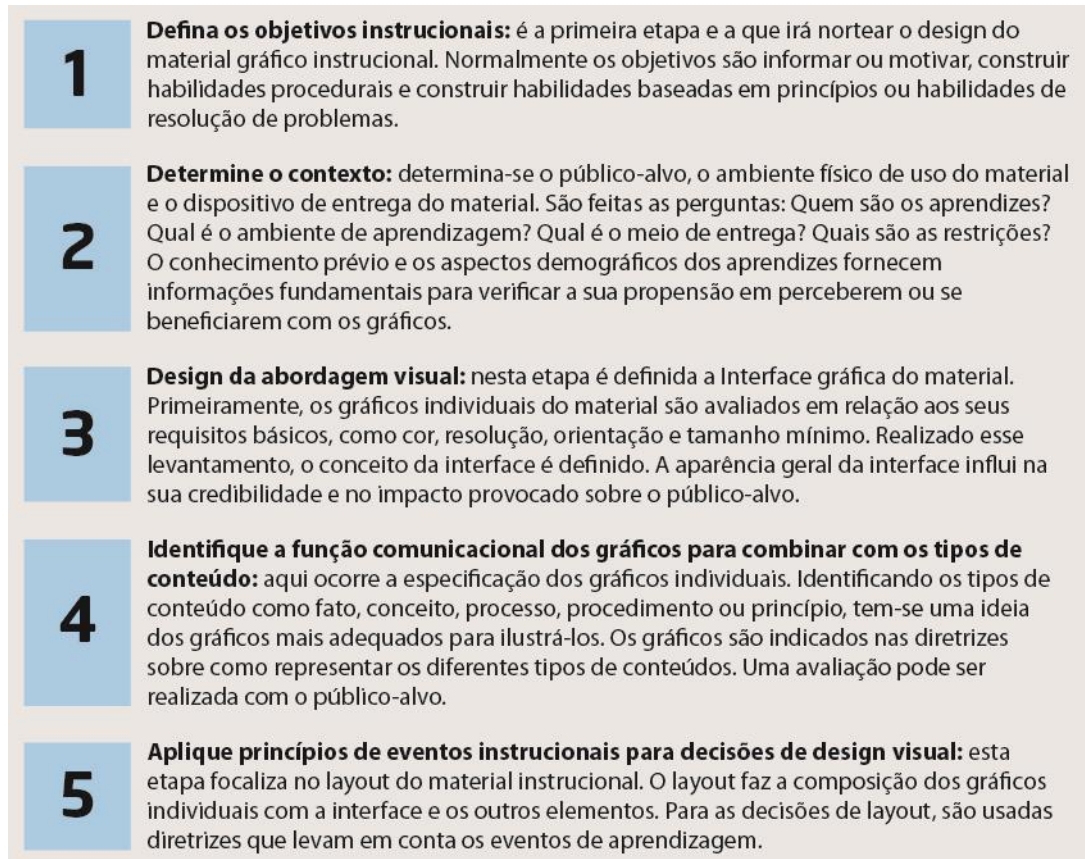
2 Processo de desenvolvimento do método avaliativo

O método avaliativo foi desenvolvido a partir da análise da metodologia de Clark e Lyons (2011), assim como, dos elementos importantes para a compreensão da metodologia. Além disso, o HyperCAL^{GD} é delimitado e relacionado com os objetivos educacionais da disciplina de GD para viabilizar a avaliação posterior.

Metodologia para o uso de gráficos

Clark e Lyons (2011) desenvolveram uma metodologia que objetiva o uso adequado de gráficos – figuras, fotografias, vídeos e animações – em materiais instrucionais. A metodologia engloba o design da interface, a seleção dos gráficos que acompanham os textos e questões sobre a composição visual considerando textos e gráficos. A ênfase é dada para os gráficos individuais. Entretanto, a metodologia não aborda como desenhar ou avaliar esses gráficos. O 'modelo de design visual para planejar gráficos sistematicamente' (CLARK ; LYONS, 2011, p. 29, tradução nossa), divide-se em cinco etapas (Figura 1).

Figura 1: Modelo de design visual para planejar gráficos sistematicamente, adaptado de Clark e Lyons (2011).



Realizou-se uma análise da metodologia apresentada respondendo às seguintes perguntas: quais são as etapas relevantes para desenvolver o método avaliativo? Quais são os principais elementos? Como as autoras utilizam as diretrizes para selecionar os gráficos?

- A primeira etapa é mais importante para o desenvolvimento do material do que para sua avaliação. Aqui, é importante perceber que existem os objetivos que geram tarefas de curta transferência e os que geram tarefas de longa transferência. Isso ajuda a indicar qual tipo de conteúdo e de gráfico são mais adequados para cumprir com os objetivos instrucionais.
- Na segunda etapa leva-se em consideração questões técnicas, como a necessidade de tecnologias específicas, e também questões cognitivas dos usuários, como o seu nível de conhecimento prévio. Estes fatores não são relevantes para o desenvolvimento do método, pois os alunos já estão inseridos em um programa curricular sistemático.
- A terceira etapa é onde se desenvolve a Interface gráfica do usuário (GUI). A GUI não faz parte do escopo deste trabalho.
- A quarta etapa é importante para o desenvolvimento do método avaliativo. Pois, ao identificar os tipos de conteúdo, estes podem ser combinados com as diretrizes específicas para o uso de gráficos. As diretrizes relacionam a função comunicacional como o tipo de conteúdo.

- Na quinta etapa o que interessa é que existem princípios que orientam o uso de gráficos relacionados ao sistema cognitivo do usuário.

As etapas consideradas mais importantes para a realização da avaliação são, respectivamente: A quarta etapa, onde são selecionados os gráficos e combinados com os conteúdos; a quinta etapa, onde os aspecto psicológico do gráfico é evidenciado; a primeira etapa, onde o objetivo educacional é verificado; a segunda etapa, onde se reconhece o contexto e as diferenças dos alunos. A terceira etapa foi considerada irrelevante, pois não faz parte do escopo do trabalho avaliar a GUI do HyperCAL^{GD}.

Superfície, função comunicacional e função psicológica dos gráficos

Superfície, função comunicacional e função psicológica são as três propriedades dos gráficos, segundo Clark e Lyons (2011). Esta classificação se desdobra em subitens, apresentados a seguir, e permite compreender a função do gráfico dentro do contexto inserido, respondendo as perguntas: o que é? Como comunica? Para que serve? Identificando essas propriedades podemos elaborar critérios para a avaliação posterior.

A primeira propriedade é a superfície dos gráficos que se refere à aparência do gráfico e como ele foi criado. A superfície divide-se em estática ou dinâmica (Quadro 1).

Quadro 1: Superfície dos gráficos.

Tipo	Exemplo
Estático	Ilustração
	Fotografia
	Modelado
Dinâmico	Animação
	Vídeo
	Realidade virtual

A função comunicacional refere-se à forma com que o gráfico comunica seu conteúdo. Comunicar com uma ilustração bem humorada, gráficos de pizza ou com fluxogramas são diferentes estilos de comunicar uma informação. O Quadro 2 apresenta as sete funções comunicacionais.

Quadro 2: Função comunicacional dos gráficos.

Função	Objetivo
Decorativa	Adicionar apelo estético ou humor.
Representacional	Representar um objeto de forma realista.
Mnemônica	Fornecer pistas para a recuperação de informação.
Organizacional	Mostrar relações qualitativas do conteúdo.
Relacional	Mostrar relações quantitativas do conteúdo.
Transformacional	Mostrar mudanças nos objetos pelo tempo ou espaço.
Interpretativa	Ilustrar teoria, princípio, ou relações causais.

A função psicológica relaciona os gráficos com os processos cognitivos dos usuários. Segundo Clark e Lyons (2011) os gráficos podem apoiar seis eventos instrucionais (Quadro 3).

Quadro 3: Função psicológica dos gráficos.

Função	Objetivo
Apoiar a atenção	Direcionar a atenção ao conteúdo principal.
Ativar ou construir conhecimento prévio	Recuperar ou fornecer modelos mentais que suportem o novo conteúdo.
Minimizar carga cognitiva	Minimizar carga cognitiva prejudicial imposta pelo material.
Construir modelos mentais	Ajudar na construção de novas memórias na Memória de Longa Duração (MLD).
Apoiar transferência de aprendizagem	Incorporar características-chave do ambiente de trabalho; promover entendimento aprofundado.
Apoiar motivação	Tornar o material interessante sem prejudicar o aprendizado.

Os seis eventos instrucionais geram trinta diretrizes para o uso de gráficos. Porém, as autoras elaboraram outra taxonomia mais prática que leva em conta o processos cognitivos dos usuários – os princípios psicológicos. Estes, são apresentados detalhadamente no item a seguir.

Tipos de conteúdo e princípios psicológicos dos gráficos

Cada tipo de conteúdo utiliza um conjunto de diretrizes para representá-lo adequadamente. Logo, é necessário identificar o tipo de conteúdo que se pretende visualizar para utilizar as diretrizes adequadas. A taxonomia de conteúdos é apresentada no Quadro 4.

Quadro 4: Tipos de conteúdo.

Tipo	Descrição
Procedimento	Tarefas de rotina que seguem uma sequência de etapas.
Conceito	Categoria de objetos ou ideias designados por palavra ou termo.
Fato	Informações específicas sobre objetos, pessoas ou eventos, ligadas a uma tarefa de trabalho.
Processo	Descrições de mudança de etapas que explicam como os sistemas funcionam.
Princípio	Lei compreensiva e fundamental, doutrina ou assunção; tarefas de trabalho onde não há rotina pré-determinada.

O conteúdo procedimento é o que Clark e Lyons (2011) chamam de *tarefas de curta transferência*, enquanto que o conteúdo 'princípio' é denominado com *tarefas de longa transferência*.

Segundo Clark e Lyons (2011) são seis os princípios psicológicos que promovem o aprendizado evitando que os gráficos prejudiquem os processos cognitivos:

1. Gráficos e textos alinhados com os objetivos instrucionais melhoram o aprendizado;
2. Gráficos desalinhados com os objetivos instrucionais prejudicam o aprendizado;
3. Gráficos são mais eficazes para comunicar um conteúdo espacial;
4. Gráficos que descrevem relações podem apoiar uma aprendizagem mais aprofundada;
5. Frequentemente, gráficos simples são melhores para o aprendizado;
6. Gráficos ignorados não ensinam.

Em suma, os gráficos que utilizam imagens e textos e estão alinhados com os objetivos instrucionais são eficazes; gráficos que não estão de acordo com os objetivos instrucionais prejudicam o aprendizado; muitas vezes, os gráficos são capazes de comunicar um conteúdo com maior eficiência que um texto; os gráficos que comunicam relações entre o conteúdo suportam a construção de modelos mentais mais robustos; é preferível utilizar gráficos simples, pois gráficos complexos podem adicionar carga cognitiva extra, prejudicando o aprendizado; os gráficos que não puderem ser visualizados não auxiliam na aprendizagem.

Valor de aprendizagem dos gráficos

A Figura 2 apresenta os três aspectos principais que influenciam no valor de aprendizagem de um gráfico: suas propriedades, incluindo superfície, função comunicacional e função psicológica; o objetivo instrucional, que direciona o conteúdo do material instrucional; e as diferenças dos usuários, das quais a mais importante é o conhecimento prévio (CLARK; LYONS, 2011).

Figura 2: Variáveis de eficácia nos gráficos, adaptado de Clark e Lyons (2011).



Os objetivos instrucionais direcionam o design do material instrucional, especificamente o tipo de conteúdo. Assim, dependendo dos objetivos, podem ser desenvolvidas tarefas de curta ou de longa transferência. O termo transferência se relaciona com a distância entre o aprendizado e a necessidade de colocá-lo em prática. Tarefas de curta transferência necessitam pouca adaptação para serem colocadas em prática. Por outro lado, tarefas de longa transferência implicam em situações inéditas, necessitando adaptação do que foi aprendido à prática. (CLARK; LYONS, 2011).

Em relação aos três aspectos que influenciam o valor de aprendizagem de um gráfico será utilizada a seguinte abordagem:

- Como o conteúdo é consequência do objetivo instrucional, será enfatizado o primeiro. O objetivo deve ser verificado ao final da avaliação;
- As diferenças interpessoais não são consideradas relevantes, pois o currículo escolar já é uma forma de nivelar os alunos.
- O principal aspecto a ser analisado são as propriedades gráficas, pois estas fornecem um critério de relação com as diretrizes e princípios.

Delimitação do HyperCAL^{GD}

O HyperCAL^{GD} foi desenvolvido de forma experimental buscando atender o plano de ensino da disciplina de GDIII e as necessidades dos seus alunos. Para desenvolver o método avaliativo é necessário identificar os objetivos educacionais e os conteúdos da disciplina, que são apresentados no item a seguir.

Objetivos educacionais e conteúdos da disciplina Geometria Descritiva III

Os objetivos educacionais descrevem um resultado de ensino que se pretende alcançar. Eles são importantes para: determinar quais métodos e conteúdos serão empregados para o ensino; verificar se o objetivo foi alcançado ao fim da unidade de ensino; direcionar os esforços dos alunos no alcance do objetivo (MAGER, 1976).

Os objetivos da disciplina GDIII constam em seu plano de ensino, descrito em Silva (2005, p. 93-95). Os objetivos são divididos em gerais e específicos. Para atingi-los, ao final da disciplina, o aluno deve ser capaz de:

Objetivos gerais:

- Representar, visualizar e resolver graficamente problemas envolvendo superfícies.

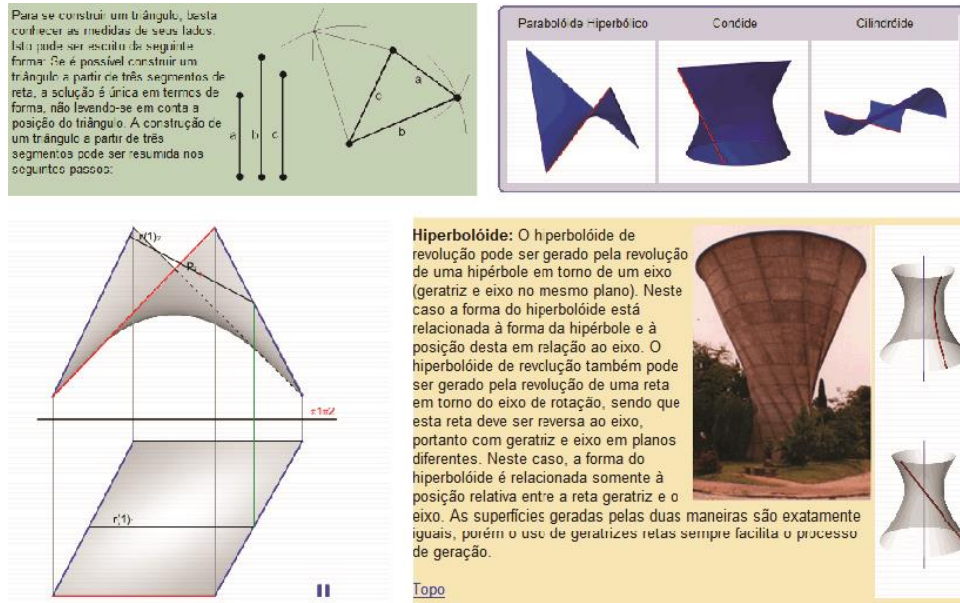
Objetivos específicos:

- Identificar os elementos tridimensionais representados em épura;
- Entender a posição de observação, bem como as porções visíveis e invisíveis das superfícies, ao projetar em vistas ortográficas;
- Resolver problemas envolvendo superfícies.

Hypercal^{GD}

Os gráficos contidos no HyperCAL^{GD} apresentam os conteúdos utilizando diferentes linguagens gráficas: conceitos são representados com fotografias e imagens tridimensionais; animações demonstram como realizar operações gráficas; modelos interativos em realidade virtual possibilitam os alunos explorarem os objetos, entre outros (Figura 3).

Figura 3: Exemplos de gráficos do HyperCAL^{GD} (usado com a permissão de Silva).



No ambiente, o conteúdo é dividido em cinco capítulos: superfícies retilíneas desenvolvíveis; planificação de superfícies; superfícies retilíneas não desenvolvíveis; superfícies de revolução; superfícies helicoidais. A unidade de análise desta pesquisa se restringe ao capítulo um – Superfícies retilíneas desenvolvíveis. O capítulo possui um total de 49 gráficos dentre os 14 tópicos.

Identificação dos tipos de conteúdo e diretrizes correspondentes

As diretrizes para a visualização de conteúdo formam a base da metodologia de Clark e Lyons (2011). As autoras apresentam um total de 61 diretrizes para os cinco tipos de conteúdo. Entretanto, serão listadas apenas as diretrizes relevantes para a avaliação dos gráficos individuais contidos no HyperCAL^{GD}. Após uma leitura inspeccional sobre o conteúdo delimitado foram identificados dois tipos de conteúdo: conceitos e procedimentos. As Figuras 4 e 5 apresentam alguns exemplos da visualização desses conteúdos, respectivamente.

Figura 4: Visualizações de conceitos (usado com a permissão de Silva).

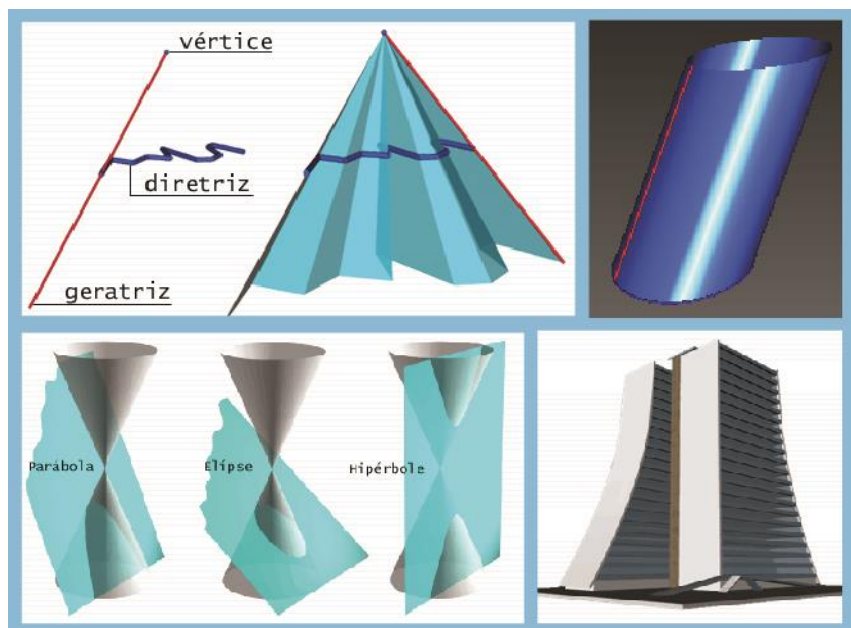
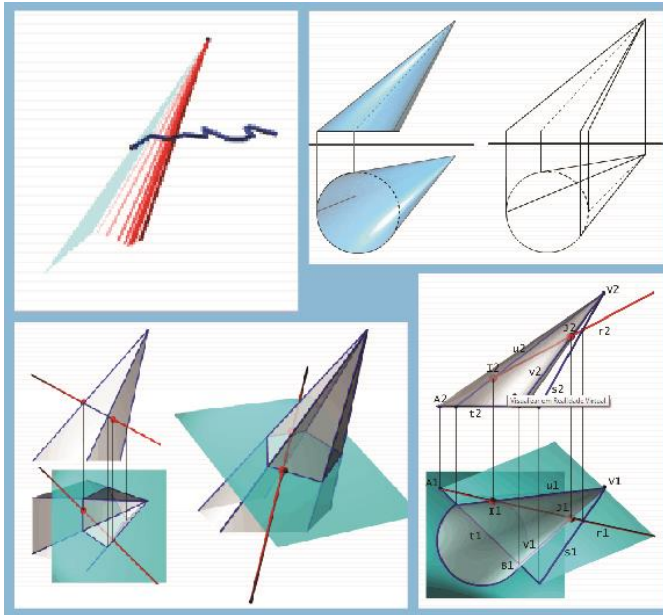


Figura 5: Visualizações de procedimentos (usado com a permissão de Silva).



Nos Quadros 5 e 6, são apresentados os dois conjuntos de diretrizes com sua respectiva explicação.

Quadro 5: Diretrizes de procedimentos.

Diretrizes de procedimentos
1. Combine gráficos transformacionais e representacionais em demonstrações;
2. Demonstre procedimentos com gráficos dinâmicos;
3. Gerencie a carga cognitiva;
4. Use gráficos para direcionar a atenção para avisos;
5. Projete exercícios <i>online</i> eficazmente

Para a *primeira diretriz*, representar com realismo os objetos da tarefa ajuda na transferência da aprendizagem; representá-los no contexto de uso também é útil; portanto, é adequado usar um gráfico transformacional que demonstre o procedimento, apoiado em um gráfico representacional. A *segunda diretriz* recomenda o uso de vídeos e animações, de preferência no contexto real e a partir da perspectiva do usuário. A *terceira diretriz* trata do uso de técnicas para gerenciar a carga cognitiva; como exemplo, possuir controle de reprodução em gráficos dinâmicos e posicionar gráficos próximos dos textos. A *quarta diretriz* explica que se deve usar gráficos para acompanhar avisos importantes. A *quinta* diretriz descreve que é importante praticar as etapas; também é importante que os usuários tenham a ajuda de auxílios de memória (tabelas, fórmulas, ou outros materiais adicionais) que também seriam utilizados no contexto real.

Por outro lado, os conceitos podem ser concretos, abstratos e coordenados. Os conceitos concretos são tangíveis como cadeira e computador e devem ser representados por gráficos representacionais. Já os conceitos abstratos como integridade e valor devem ser comunicados por analogias. Os conceitos coordenados são conceitos próximos, como defeito e defeituoso.

Quadro 6: Diretrizes de conceitos.

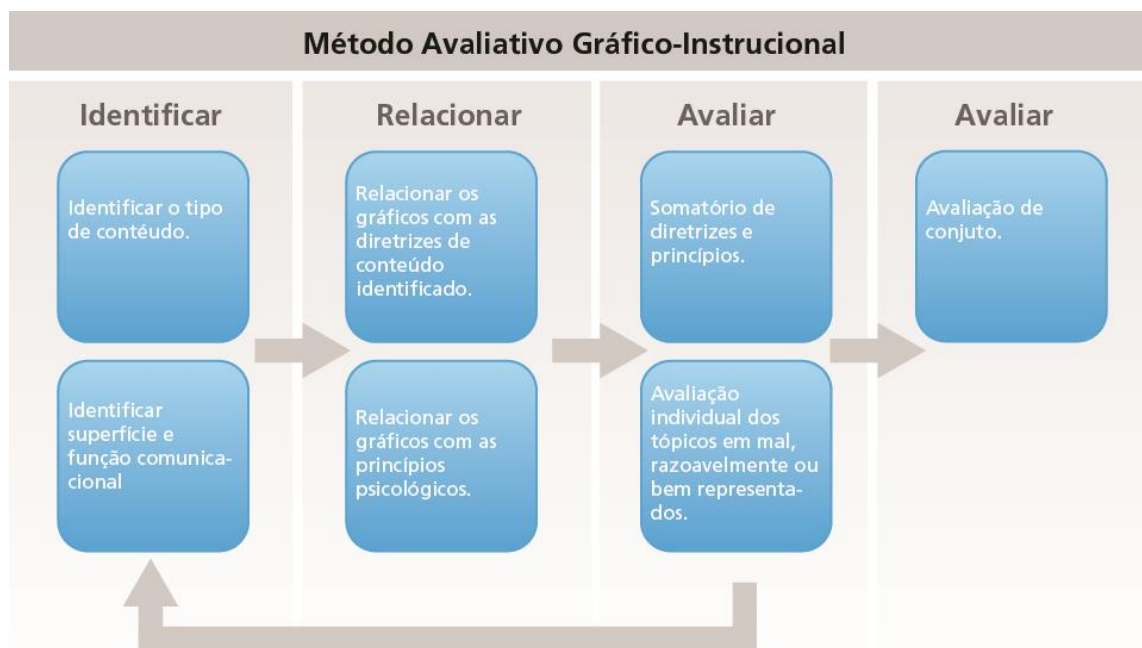
Diretrizes de conceitos
1. Exiba métodos de ensino de forma contígua;
2. Crie contra-exemplos visuais;
3. Use analogias visuais;
4. Exiba juntos conceitos relacionados;
5. Use gráficos organizacionais para exemplos relacionados;
6. Promova engajamento do estudante com conceitos visuais

Na *primeira diretriz* de conceito deve-se usar no mínimo dois exemplos que expressem características essenciais ao conceito e, ao mesmo tempo, variem propriedades entre si; os gráficos devem estar próximos do texto e entre si. Na *segunda diretriz*, os contra-exemplos são métodos para evitar equívocos. A *terceira diretriz* trata da necessidade de representar conceitos abstratos por meio de analogias visuais. Para a *quarta diretriz*, conceitos relacionados devem ser apresentados juntos. Na *quinta diretriz*, os conceitos relacionados devem ser apresentados com gráficos organizacionais, como tabelas por exemplo. Na *sexta diretriz*, o interesse do aluno pode ser estimulado através da interatividade do gráfico; isso pode acontecer por um pedido de tomada de ação ou adicionando perguntas que incentivem o processamento do gráfico.

3 Método avaliativo gráfico-instrucional

A avaliação do HyperCAL^{GD} foi realizada a partir de um método desenvolvido com base na metodologia de Clark e Lyons (2011), denominado método avaliativo gráfico-instrucional. Para desenvolver o método avaliativo foram identificadas as principais etapas, elementos e ações que fossem considerados relevantes em um contexto de avaliação. O método de avaliação é apresentado na Figura 6.

Figura 6: Método avaliativo adaptado.



O método divide-se em três principais etapas. Na etapa *Identificar*, os tipos de conteúdo são identificados com uma leitura inspeccional. Após, classifica-se os gráficos correspondentes ao conteúdo quanto sua superfície e função comunicacional.

Na etapa *Relacionar*, os gráficos, já classificados, são relacionados com as diretrizes de conteúdo (procedimento ou conceito) e com os princípios psicológicos. Essa relação é expressa desta forma: o gráfico concorda ou discorda com a diretriz de conteúdo; o gráfico concorda ou discorda com o princípio psicológico.

Na etapa *Avaliar* é realizado o somatório que serve de base para a avaliação. O somatório é realizado com o seguinte critério: se um gráfico concorda com uma diretriz ou princípio, soma um ponto; se discorda, perde um ponto. Depois, se faz a avaliação individual para cada gráfico entre mal, razoavelmente e bem representado segundo os seguintes critérios: se um gráfico obtiver uma pontuação positiva está bem representado; se a soma for igual a zero está razoavelmente representado; se for negativa está mal representado.

Este ciclo, compreendendo as três etapas, se repete até que os gráficos a serem avaliados tenham se esgotado. Por último, realiza-se a avaliação de conjunto da unidade de análise e se

confrontam os objetivos instrucionais. Essa avaliação global fornece um parecer geral da unidade. A partir da escala de avaliação pode-se dizer que: um conteúdo mal representado necessita de mudança; um conteúdo razoavelmente representado não necessita mudança, mas se beneficiaria ao fazê-lo; e que um conteúdo bem representado não necessita a mudança. Entende-se pela palavra "mudança" o redesign do conteúdo visando auxiliar nos processos de aprendizagem do aluno.

Recomenda-se que a avaliação seja realizada pelo designer instrucional e, se necessário, um especialista do assunto. É importante possuir as listas de diretrizes de conteúdo e de princípios psicológicos em mãos.

4 Avaliação do HyperCAL^{GD}

A avaliação do HyperCAL^{GD} compreende o primeiro capítulo do material instrucional. Todos os tópicos do capítulo foram listados, os tipos de conteúdo foram identificados e as diretrizes de conteúdo e princípios psicológicos foram relacionadas. Com essas variáveis devidamente classificadas, é possível realizar o somatório e avaliar o HyperCAL^{GD}. Os resultados das análises são apresentados na Figura 7 e discutidos a seguir.

Nos 14 tópicos do capítulo 1, são apresentados 6 conceitos e 7 procedimentos. Dos 49 gráficos utilizados no capítulo, 45 possuem a função comunicacional representacional e 4 possuem as funções comunicacionais representacional e transformacional.

Todos os conceitos foram considerados bem representados, pois concordam principalmente com as diretrizes 1, 4 e 6, e com os princípios 1 e 3. Isso quer dizer que os conceitos são representados por dois ou mais exemplos, são exibidos de forma contígua e promovem a interação do aluno. Também são eficazes no aprendizado, pois utilizam imagens e textos alinhados com os objetivos educacionais e representam melhor o conteúdo do que o próprio texto.

Dos sete procedimentos, quatro foram considerados razoavelmente representados e três bem representados. O ponto positivo é que esses concordam principalmente com a diretriz 2 e com o princípio 3. O aspecto negativo é que, frequentemente, discordam da diretriz 3 e do princípio 6. Isso quer dizer que os procedimentos são geralmente representados por animações e que estas, representam melhor um procedimento que o próprio texto. Porém, ao não possuir controle de reprodução, a animação torna-se inoportuna, acumulando carga cognitiva e prejudicando os processos de aprendizagem.

O princípio psicológico 6 figura frequentemente como um aspecto negativo nas avaliações de conceitos e de procedimentos. Os gráficos em realidade virtual correm o risco de serem ignorados porque estão geralmente ocultos dentro de outros gráficos. Esses gráficos são identificados apenas pelo *mouseover* – recurso que revela um texto ao passar o *mouse* sobre uma determinada área. Dessa forma, o aluno deve passar o *mouse* sobre cada gráfico do ambiente para poder verificar se há, ou não, um gráfico oculto.

Figura 7: Avaliação do capítulo 1 do HyperCAL^{GD}.

Tópico	Tipos de conteúdo	Tipos de Gráfico	Relação com diretrizes e princípios	Somatório	Avaliação
Introdução	Conceito concreto	4 gráficos representacionais, sendo 2 estáticos em modelos 3D e dois dinâmicos em realidade virtual.	Concorda com a diretriz 1 ; Concorda com a diretriz 6; Discorda do princípio 6;	+ 1	Bem representado
Geração	Procedimento	4 gráficos representacionais, sendo 2 estáticos em modelos 3D e dois dinâmicos em realidade virtual.	Concorda com a diretriz 2; Discorda com a diretriz 3; Concorda com o princípio 3; Discorda do princípio 6.	0	Razoavelmente representado
Superfícies cônicas;	Conceito concreto	3 gráficos representacionais, sendo 1 estático em modelo 3D e dois dinâmicos em realidade virtual; 1 gráfico representacional e transformacional estático, em modelo 3D com adição de textos. Todos os gráficos possuem marcadores visuais.	Concorda com a diretriz 1; Concorda com a diretriz 4; Concorda com o princípio 1; Concorda com o princípio 3; Discorda do princípio 6;	+3	Bem representado
Superfícies cilíndricas;					
Superfícies piramidais;					
Superfícies prismáticas					
Características gerais	-	-	-	-	-
Representação em épora;	Procedimento	4 gráficos representacionais, sendo 2 estáticos em ilustração vetorial e dois dinâmicos em animação;	Concorda com a diretriz 2; Discorda da diretriz 3; Concorda com o princípio 3.	+1	Bem representado
Pertinência	Procedimento	2 gráficos representacionais dinâmicos, em animação e com controle de reprodução play e pause. Os gráficos possuem marcadores visuais.	Concorda com a diretriz 2; Concorda com a diretriz 3; Concorda com o princípio 1; Concorda com o princípio 3;	+4	Bem representado
Interseções	-	-	-	-	-
Superfície e plano	Procedimento;	5 gráficos representacionais, sendo 2 estáticos em ilustração vetorial e modelo 3D, e 3 dinâmicos, uma animação e dois gráfico em realidade virtual.	Concorda com a diretriz 2; Discorda da diretriz 3; Concorda com o princípio 3; Discorda do princípio 6.	0	Razoavelmente representado
	Conceito coordenado concreto	1 gráfico representacional estático, em modelo 3D com adição de textos, e 6 gráficos dinâmicos, sendo duas animações 3D, e uma delas com adição de textos e marcadores visuais e a outra com marcadores visuais.	Concorda com a diretriz 1; Concorda com a diretriz 4; Concorda com a diretriz 6; Concorda com o princípio 1; Concorda com o princípio 3; Discorda do princípio 6.	+4	Bem representado
Superfície e reta	Procedimento	1 gráfico representacional estático em modelo 3D, com marcadores visuais.	Concorda com a diretriz 1;	+1	Bem representado
Superfícies de vértice próprio;	Procedimento	4 gráfico representacionais, sendo 2 estáticos em modelo 3D com adição de textos e marcadores visuais, e 2 dinâmicos, sendo 1 animação 3D com marcadores visuais e outro em modelo de realidade virtual.	Concorda com a diretriz 2; Discorda da diretriz 3; Concorda com o princípio 3; Discorda do princípio 6.	0	Razoavelmente representado
Superfícies de vértice impróprio					

Verificou-se que os conteúdos estão bem representados. Pois, dos 12 tópicos que continham representação visual, 8 estão bem representados, 3 estão razoavelmente representados e 1 está bem e razoavelmente representado. Logo, não há necessidade de redesign do ambiente HyperCAL^{GD}. Também foi verificado que os gráficos estão de acordo com os objetivos da disciplina de GDIII.

Entretanto, algumas sugestões podem vir a melhorar a qualidade do material visual instrucional:

- Como sugestão para ambos os conteúdos, inserir legendas nos gráficos que servem de *links* para outros gráficos, pode ajudar no aprendizado.
- Como sugestão para os procedimentos, inserir controles de reprodução nas animações ajuda na contenção da carga cognitiva. Além disso, a diretriz de procedimentos 1 pode servir como alternativa às animações.
- Como sugestão para os conceitos, a diretriz 5 poderia ser explorada, por ajudar a categorizar e hierarquizar o conceito.

5 Conclusão

O objetivo do trabalho foi atingido e verificou-se que o capítulo 1 do material HyperCAL^{GD} está bem representado visualmente. Sendo assim, a partir da avaliação realizada, constatou-se que não há a necessidade de fazer modificações para ser considerado eficaz no aprendizado. Entretanto, algumas sugestões podem tornar este material mais eficaz para a representação visual dos conteúdos: inserir legendas em gráficos que servem como *links*; inserir controles de reprodução em animações; utilizar tabelas em conceitos coordenados.

O HyperCAL^{GD} está de acordo com a premissa básica da teoria multimídia de Mayer (2003), em que gráficos e textos ensinam melhor do que apenas textos. Além disso, Teixeira et al. (2003) verificaram um melhor desempenho dos alunos após a inserção da ferramenta digital em sala de aula. Este trabalho contribui para validar a eficácia na utilização do HyperCAL^{GD} durante os processos de ensino e aprendizagem nas turmas de GD. Com isso, a ferramenta pode servir de referência para outras turmas de graduação, além da UFRGS.

Até recentemente, não era possível realizar uma avaliação gráfica de materiais instrucionais, devido a inexistência de métodos consistentes para o desenvolvimento de gráficos instrucionais. Este trabalho contribui para o corpo de pesquisas da área de Gráficos instrucionais, ainda pouco explorado em âmbito nacional.

Referências

- SILVA, M. & ALMEIDA, M. 2011. O cenário atual do uso de tecnologias digitais da informação e comunicação. In: *Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação no Brasil: TIC Educação*. São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil.
- CLARK, R. & LYONS, C. 2011. *Graphics for learning: proven guidelines for planning, designing, and evaluating visuals in training materials*. San Francisco: Pfeiffer.
- CULATTA, R. 2011. Instructional design models. In: *Home: Instructional design*. <<http://www.instructionaldesign.org/models/index.html>>, 17/11/2012.
- FILATRO, A. 2008. *Design instrucional na prática*. São Paulo: Pearson Education Brasil.
- FOREQUE, F. 2012. MEC quer reforço on-line para cotistas das universidades. In: *Folha de São Paulo*. <<http://www1.folha.uol.com.br/educacao/1166850-mec-quer-reforco-on-line-para-cotistas-das-universidades-federais.shtml>>, 08/10/2012.
- GAGNE, R. 1985. *The Conditions of Learning*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- GOVERNO, 2012. Governo publica lei que regulamenta as cotas na universidades federais. In: *G1 Educação*. <<http://g1.globo.com/educacao/noticia/2012/10/mec-publica-regulamentacao-da-lei-das-cotas-nas-universidades-federais.html>>, 18/10/2012.
- MAGER, R. 1976. *A formulação de objetivos de ensino*, Porto Alegre: Globo.
- MAYER, R. 2003. The promise of multimedia learning: using the same instructional design methods across different media. *Learning and instruction*, v. 13, n. 2: 125-139.
- SILVA, R. 2005. *Avaliação da perspectiva cognitivista como ferramenta de ensino-aprendizagem da geometria descritiva a partir do ambiente hipermídia HyperCAL^{GD}*. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina.
- TEIXEIRA, et al. HypercalGD II: Um ambiente de ensino-aprendizagem para geometria descritiva básica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 31., 2003, Rio de Janeiro. *Anais eletrônicos...* Rio de Janeiro: Abenge, 2003. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2003/artigos/NMT737.pdf>>. Acesso em: 04 jun. 2013.

Sobre os autores

Felipe Viaro, Mestrando, UFRGS, Brasil <felipe.viario@ufrgs.br>

Régio Pierre da Silva, Doutor, UFRGS, Brasil <regio@ufrgs.br>

Tânia Luisa Koltermann da Silva, Doutora, UFRGS, Brasil <tania.koltermann@ufrgs.br>