

# O Ensino de Computação Gráfica no Instituto Superior Técnico: que Futuro ?

Joaquim A Jorge  
jorgej@acm.org

Brisson Lopes  
brisson@ist.utl.pt

João C Bernardo  
jcb@inesc.pt

João M Pereira  
jap@inesc.pt

Mário R Gomes  
mrg@inesc.pt

Departamento de Engenharia Informática  
Instituto Superior Técnico  
Av. Rovisco Pais, 1049-001, Lisboa, Portugal

## Abstract

Computer Graphics has come a long way in the last couple of years. From a discipline whose teaching was once reserved to elite departments with generous budgets and exotic equipment, the computer revolution has made realistic three-dimensional graphics affordable to anyone who owns a personal computer. This evolution has prompted alterations both in the content and course curricula in most schools which have traditionally taught the discipline. The present paper discusses such modifications within the context of the undergraduate computer science curriculum at Instituto Superior Técnico (IST). The paper presents the history of CG curricula at IST, while focusing on the introductory computer graphics course, discussing the curricula and content changes under way, thus contributing to the ongoing debate on goals and directions of Graphics and Visualization Education in Portugal.

## Sumário

A disciplina de Computação Gráfica tem evoluído consideravelmente nos últimos anos. Se nos primórdios da década de 70 esta constituía um luxo cujo ensino estava reservado a departamentos e escolas de elite com um orçamento generoso e recursos computacionais sofisticados, a revolução informática permite hoje em dia a qualquer pessoa com os meios para adquirir um computador pessoal, o acesso à computação gráfica tridimensional com elevado grau de realismo. Esta nova realidade tem determinado alterações de monta nos currículos das universidades que tradicionalmente se têm dedicado ao ensino da disciplina. A presente contribuição concentra-se no currículo da disciplina de Computação Gráfica no contexto da Licenciatura em Engenharia Informática e Computadores (LEIC) do Instituto Superior Técnico (IST), apresentando as alterações que o ensino da disciplina tem vindo a sofrer no historial já longo da sua evolução. Em particular discutem-se as alterações e nova inserção curricular no contexto da criação do novel departamento de engenharia informática, como contributo para a discussão em curso sobre os objectivos e finalidade do ensino da Computação Gráfica em Portugal.

## 1. INTRODUÇÃO

A Computação Gráfica conheceu uma grande evolução nos últimos 15 anos. Desde 1983, ano em que foi ministrada a primeira disciplina no IST, o contexto do ensino

da Computação Gráfica modificou-se também radicalmente. De um exercício reservado às instituições com dinheiro suficiente para adquirir equipamento terminal e computadores dispendiosos, a síntese de imagens de elevado grau de realismo em tempo "quase-real" é hoje acessível a quem tenha um computador pessoal.

Por outro lado, a vulgarização de normas como o *Virtual Reality Modeling Language* (VRML) [3], ao tornar acessível a visualização de imagens gráficas através da rede, veio acrescentar uma dimensão nova à utilização e ensino da Computação Gráfica.

Finalmente, a Computação Gráfica amadureceu como área científica e tecnológica, a ponto de uma disciplina semestral de carácter introdutório não ser suficiente para abordar, mesmo numa perspectiva sinóptica, os principais tópicos e áreas de interesse.

Estes três factores tornam imperioso repensar os moldes do ensino da Computação Gráfica quer a nível introdutório, quer a nível avançado no contexto de uma escola de engenharia como é o IST e, em particular, no âmbito do recém-criado Departamento de Engenharia Informática (DEI).

Com o presente artigo, queremos contribuir para o debate sobre o ensino da Computação Gráfica em Portugal, apresentando o exercício de reestruturação curricular em curso na área científica Computação Gráfica & Multimédia do DEI.

Após resumirmos em traços largos o historial da disciplina de CG no IST, descrevemos a situação actual e a inserção curricular da disciplina de CG, discutindo os vários componentes da disciplina, métodos de avaliação, currículo e perspectivas de evolução. Este processo de reflexão está ainda longe do seu termo pelo que todas as contribuições e comentários são bem-vindos.

## Palavras-chave

Computação Gráfica, Multimédia, Sistemas Interactivos.

## 2. HISTORIAL E EVOLUÇÃO

A disciplina de Computação Gráfica tem um já longo historial no IST. Ministrada inicialmente como disciplina de Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores (MEEC) em 1983/84, conheceu um assinalável sucesso com a formação de 116 alunos até 1986. O conteúdo lectivo da disciplina incluía a discussão de concei-

tos de computação gráfica bidimensional, representação e recorte de primitivas 2D, sistemas de gestão de janelas e *pipeline* de visualização 3D. A disciplina funcionava numa perspectiva de projecto sendo propostos aos alunos uma grande diversidade de opções, desde editores gráficos especializados até algoritmos de visualização e animação.

O bom acolhimento inicial motivou a sua oferta, a partir de 1986, como disciplina de opção de quinto ano da Licenciatura de Engenharia Electrotécnica e Computadores (LEEC). A disciplina ainda hoje existe com a designação de Computação e Métodos Gráficos, sendo uma disciplina de opção de quinto ano também da licenciatura de Matemática Aplicada e Computação (LMAC).

Face à existência de dois perfis de alunos, aqueles que já tinham frequentado a disciplina como opção de licenciatura e aqueles que não tinham qualquer tipo de conhecimentos nestas matérias optou-se, em 1989/90, por subdividir a disciplina em duas<sup>1</sup>. A experiência adquirida veio a revelar-se fundamental para o desafio da criação em 1989/90 da Licenciatura em Engenharia Informática e Computadores (LEIC).

A LEIC está estruturada em quatro ramos, Programação e Sistemas de Informação (PSI) e Sistemas Computacionais (SCO), com maior número de vagas, tendo os ramos de Inteligência Artificial (IA) e Informática Industrial (II) menores índices de frequência.

A LEIC nasce com três disciplinas pertencentes à área de CG, uma obrigatória para todos os alunos (Computação Gráfica) e duas obrigatórias para alunos de alguns dos ramos (Projecto Assistido por Computador e Interfaces Homem Máquina).

A disciplina de Computação Gráfica passou a ser leccionada a todos os alunos (cerca de 200) do terceiro ano da LEIC desde o ano lectivo de 1991/92. De início a disciplina incluía as matérias originalmente leccionadas na cadeira introdutória de mestrado. O trabalho, único para todos os alunos, consistia no desenvolvimento de um Editor Gráfico de cenas compostas por hierarquias de primitivas gráficas, incluindo curvas paramétricas. A nota final era determinada em partes iguais pela nota de avaliação do projecto e do exame final.

Após os três primeiros anos de funcionamento da disciplina ficou claro tanto a existência de interesses diferentes por parte de alunos dos vários ramos como o facto da matéria leccionada ser demasiado extensa. Assim experimentou-se ajustar o conteúdo lectivo a cada um dos ramos da LEIC, beneficiando do facto de existirem duas turmas teóricas.

O tronco comum assentava numa discussão dos conceitos de computação gráfica bidimensional, representação e recorte de primitivas 2D. Nos ramos de PSI e IA a disciplina era orientada para o desenvolvimento de aplicações, sistemas de gestão de janelas e representação de curvas paramétricas, mantendo-se o projecto dos anos anteriores.

<sup>1</sup> Actualmente as disciplinas do MEEC têm a designação de Introdução à Computação Gráfica e Computação Gráfica, respectivamente.

Por outro lado, nos ramos de SCO e II acentuava-se a ênfase nos algoritmos de visualização tridimensional e abordava-se *hardware* especializado para CG, tendo os alunos que codificar algoritmos de visualização bi- e tridimensionais, no âmbito da remoção de linhas ocultas e cálculos de sombreamento.

A partir do ano de 1996/97, devido à escassez de docentes e à necessidade de separar mais claramente a matéria leccionada em diferentes licenciaturas, decidiu-se uniformizar o conteúdo programático da disciplina para os quatro ramos da LEIC. Seguindo as tendências internacionais, aproveitou-se essa oportunidade para efectuar uma primeira alteração do programa da disciplina, tendo por objectivo geral dar mais ênfase a tópicos de computação gráfica tridimensional, em detrimento de sistemas gráficos e algoritmos de representação bidimensionais.

O programa detalhado da disciplina, actualmente leccionado resultou de várias medidas.

Por um lado, pretendemos ensinar os princípios e técnicas associados ao que genericamente se costuma designar de *pipeline* gráfica 3D, sem entrar em detalhes sofisticados, quer de visualização (*rendering*) quer de modelação. Tal justifica-se dada a natureza introdutória da disciplina e por tais assuntos terem desenvolvimento natural em disciplinas de CG mais avançadas.

Por outro lado, retirou-se a ênfase dos trabalhos práticos na realização de editores interactivos baseados na API X/MOTIF, em favor de uma abordagem mais "simples" e neutra, na linha do sistema SRGP (Simple Raster Graphics Package) proposto por Foley et. al. [1].

Finalmente o projecto de laboratório foi alterado, seguindo a uniformização da componente teórica e atendendo às queixas sistemáticas dos alunos de PSI e IA os quais alegavam ser o projecto de um editor muito extenso e complexo para a componente prática de uma disciplina semestral. Assim, na componente de projecto optou-se por oferecer a todos os alunos o projecto que anteriormente era realizado só pelos alunos de SCO e II<sup>2</sup>.

Assim, deixou-se de propor a realização de um editor gráfico simples (em X/MOTIF), onde para além da construção geral de uma aplicação gráfica baseada em acontecimentos (*event-driven*) se pedia a codificação de algoritmos de recorte e construção de curvas paramétricas 2D, para passar a propor a realização de algoritmos de síntese de imagem 3D, mais especificamente no âmbito da remoção de linhas ocultas e cálculos de sombreamento.

A introdução da disciplina de CG no currículo obrigatório da licenciatura resultou num assinalável sucesso, dada a motivação dos estudantes e pelo carácter apelativo da matéria em si. Estes factores traduziram-se em elevadas percentagens de sucesso (cerca de 90% entre os 700 alunos que frequentaram a disciplina entre 1991 e 1995). Esta tendência manteve-se nos dois últimos anos lectivos com 431 alunos inscritos dos quais 83% obtiveram aproveitamento. De realçar também o entusiasmo crescente

<sup>2</sup> O qual também é o proposto na disciplina de opção de quinto ano da LEEC e introdutória do MEEC.

dos alunos pelas disciplinas de PAC e IHM que, em números crescentes, têm escolhido estas duas disciplinas entre as múltiplas opções disponíveis no quinto ano de licenciatura.

### 3. PRESENTE E FUTURO

Em 1998 iniciou-se a discussão sobre uma reforma curricular da LEIC. Com a criação do DEI este processo foi finalizado, estando em fase de aprovação nos órgãos competentes o novo programa da licenciatura.

Neste contexto, a história de sucesso constituída pelo ensino da CG no IST e a evolução da área científica impõem o repensar de princípios, métodos e actividades de ensino. Se por um lado a população alvo tem desenvolvido um grau de sofisticação crescente com uma familiarização cada vez maior com computadores devido à cada vez maior difusão dos computadores pessoais, por outro lado a área científica amadureceu e alargou consideravelmente o seu âmbito na última década.

Este alargar do âmbito, reflectido na crescente especialização da área de CG, levou à introdução, como já referimos, de disciplinas de especialização, como Projecto Assistido por Computador e Interfaces Homem-Máquina, não descurando as disciplinas de mestrado em Realidade Virtual e Sistemas de Informação Geográfica, leccionadas no âmbito do MEEC<sup>3</sup>. Enquanto alguns destes factores encorajam o aprofundar dos aspectos de programação e engenharia informática já existentes no currículo, por outro lado a crescente vulgarização e especialização da área, sugerem a simplificação do currículo, concentrando mais a disciplina introdutória nos aspectos de visualização e computação gráfica tridimensional com vista a um melhor enquadramento curricular. Finalmente, a simplificação curricular deveria ser acompanhada de um anteciper da disciplina no currículo da licenciatura, como veremos a seguir.

#### 3.1 Alunos

A disciplina de Computação Gráfica é actualmente leccionada aos alunos do terceiro ano da LEIC. Com a reforma curricular que se encontra em fase final de elaboração, a disciplina será antecipada para o final do segundo ano da licenciatura.

Este cenário coloca algumas questões de adequação e adaptação curricular. Se actualmente, os alunos da LEIC já terão anteriormente frequentado disciplinas focando temas básicos para a Computação Gráfica tais como programação com as linguagens C e C++, o que lhes terá proporcionado a fluência necessária para empregar interfaces como o OpenGL [4] e ter presentes os conceitos da Programação Orientada para Objectos nas aplicações com, por exemplo, VRML. No novo contexto, a experiência e familiarizada com linguagens de programação

serão mais reduzidas o que poderá constituir obstáculo ao aprofundamento de alguns dos trabalhos práticos.

Por outro lado segundo a experiência recente, é elevada a adesão dos alunos às aulas práticas e de laboratório em que são desafiados a desenvolver algoritmos de visualização tridimensional. Muitos alunos relatam ter sido esta a sua fundamental e mais marcante experiência de utilização de ambientes de desenvolvimento de programas e exposição a técnicas de programação orientadas para objectos. De facto, o ensino da Computação Gráfica, centrado em técnicas, métodos e aplicação de algoritmos tem-se revelado poderosamente motivador para os alunos de engenharia informática. Este aspecto encoraja-nos a reforçar o carácter algorítmico e experimental da disciplina sem aumentar desnecessariamente a carga laboral requerida para completar os projectos. Estas conclusões são válidas no contexto da LEIC, sendo interessante uma comparação de experiências com outras universidades portuguesas, sobretudo em diferentes ramos do conhecimento.

#### 3.2 Meios Pedagógicos

A LEIC utiliza instalações com bastantes recursos pedagógicas, nomeadamente, os informáticos que são geridos pela Rede das Novas Licenciaturas (RNL). A RNL, depois das últimas modificações encontra-se particularmente bem equipada de forma a permitir o ensino de disciplinas com a índole da disciplina de Computação Gráfica.

Neste momento, existem laboratórios equipados com computadores pessoais de última geração, integrados na rede da RNL. Estes laboratórios permitem a realização de aulas com demonstrações ao vivo e exploração dos assuntos objecto da disciplina de Computação Gráfica e ainda a realização pelos alunos de trabalhos da disciplina.

#### 3.3 Meios Bibliográficos

Apesar de se tratar de uma disciplina relativamente jovem, existe hoje em dia um extenso acervo de bons textos pedagógicos e obras fundamentais em Computação Gráfica, de que as referências [1] e [2] são apenas alguns exemplos. Estes textos encontram-se ao dispor dos alunos na biblioteca de apoio à LEIC, onde se podem ainda encontrar outras referências importantes para o apoio das actividades de índole mais prática da disciplina. É também óbvio que os alunos podem ainda recorrer ao vasto manancial de informação disponível através da World Wide Web a partir dos seus postos de trabalho nos laboratórios. Desde o início do ensino de CG no IST, o livro de texto de James Foley, Andries van Dam et. al. [1] tem sido sistematicamente adoptado nas diversas disciplinas. Trata-se de uma excelente obra introdutória, embora as mais recentes revisões tenham aumentado a sua extensão muito para além do que será possível cobrir numa só disciplina de licenciatura. Por outro lado o texto "*Mathematical Elements for Computer Graphics*" [2] constitui um bom texto de suporte para a explanação das componentes de transformações e modelação geométrica pela clareza da exposição.

<sup>3</sup> Actualmente existem 4 disciplinas da área de CG&M no MEEC: Introdução à Computação Gráfica; Computação Gráfica; Realidade Virtual e Sistemas de Informação Geográfica.

Da análise das referências bibliográficas de edição recente, ressalta a ausência de textos com autoridade abrangência e clareza de exposição escritos na língua portuguesa. Seria interessante que a comunidade docente respondesse a este desafio com a edição de obras de suporte ao ensino de um corpo de disciplinas que, pelo qualidade, número e entusiasmo dos seus praticantes poderia encontrar um melhor apoio em textos base na língua nacional.

#### 4. ALGUMAS QUESTÕES

A disciplina de Computação Gráfica trata temas que se encontravam em acelerada evolução até há alguns anos atrás. Nessa altura, o ensino da Computação Gráfica estava intimamente ligado à investigação no mesmo domínio, assistindo-se a uma evolução constante dos temas de ensino à medida que a investigação produzia novos resultados. Actualmente, a Computação Gráfica, no sentido clássico do termo, atingiu a maioridade e, simultaneamente, a estabilidade do seu corpo de conhecimentos fundamentais, mas encontra-se perante os novos desafios postos pelo incremento das comunicações e do multimédia.

Isto leva a encarar o ensino da Computação Gráfica sob uma nova perspectiva que não a tradicional em que era uso começar por considerações a duas dimensões (rasterização, transformações 2D) e depois, sucessivamente, ir introduzindo a terceira dimensão (projeções, superfícies ocultas, sombreamento, iluminação, etc.).

O que mudou foi a Computação Gráfica abandonar o seu estatuto de disciplina autónoma, aparecendo agora intimamente ligada às tecnologias multimédia. Os novos utilizadores da Computação Gráfica tomam com ela contacto em ambientes interactivos e tipicamente tridimensionais, em campos como o entretenimento (jogos), a medicina, a arquitectura e o ambiente, entre outros. Por outro lado, bastará comparar o que acontecia anos atrás no ensino da Computação Gráfica com o que hoje é possível realizar em que, por exemplo, se realizam trabalhos finais de curso como o projecto S3A, na Licenciatura em Engenharia Informática e de Computadores do Instituto Superior Técnico [6].

O anteriormente exposto lança naturalmente o desafio para se encarar o ensino da Computação Gráfica de uma forma diferente e mais consentânea com a situação actual. Essa forma partirá da perspectiva global da tridimensionalidade que, em certos momentos, se reduzirá a apenas duas dimensões devido à necessidade de fazer as representações em superfícies bidimensionais. Note-se que ainda é cedo para deixar de tratar a quarta dimensão, o tempo, fora da sua perspectiva tradicional.

Assim, os objectivos do ensino da Computação Gráfica poderiam ser:

- Apreensão do papel da Computação Gráfica inserido em campos mais vastos, tais como o multimédia;
- Estudo dos conceitos, princípios fundamentais e algoritmos da Computação Gráfica no contexto tridimensional;

- Estudo das consequências e dos algoritmos resultantes da apresentação de resultados em superfícies bidimensionais.

O contexto de partida, o contexto do multimédia, apresenta ainda algumas vantagens adicionais, nomeadamente no que se refere ao elevado número de fontes de informação disponíveis e à sua enorme facilidade de acesso como é o caso da World Wide Web. A expansão exponencial desta última constitui um importante manancial de informação que, muito facilmente, pode e deve ser posto ao serviço do ensino da Computação Gráfica. Podemos identificar três níveis de utilização da WWW neste contexto. Em primeiro lugar como instrumento de Consulta a Fontes de Informação, em segundo lugar com vista à Utilização de Tecnologias e Formas de Expressão e em terceiro lugar como meio de Comunicação Interpessoal.

Qualquer destes níveis constitui um contributo para uma maior participação e empenhamento dos alunos na sua aprendizagem.

A consulta às fontes de informação, num primeiro tempo, alarga o campo dos apoios bibliográficos disponíveis. Num segundo tempo, permite o acesso a múltiplos exemplos, muitos deles com carácter exploratório, e cujo contributo para a disciplina não deve ser esquecido. Finalmente, num terceiro tempo, poderemos citar o acesso a *software* de educação desenvolvido para a área da Computação Gráfica, existindo já verdadeiros serviços educacionais na rede com acesso mais ou menos alargado ([7]). O potencial didáctico destas fontes é de tal forma elevado que não pode ser ignorado, embora se deva ter em conta que o enorme volume da informação disponível requer uma cuidadosa selecção. No entanto, os alunos deverão manter a maior liberdade de pesquisa.

Quanto às tecnologias e formas de expressão, para lá do emprego do OpenGL ([4]), dada a sua crescente aceitação e universalidade, há que também ter em atenção tecnologias como o VRML ([3]) e o MPEG ([5]).

A primeira constitui uma oportunidade única para aprender e motivar os alunos para a Computação Gráfica na sua vertente tridimensional. Na verdade, O VRML permite desenvolver e explicar a maioria dos princípios e conceitos da Computação Gráfica de forma abrangente. Mais ainda, os ambientes de VRML constituem por si sós uma enorme oportunidade didáctica dado que são fáceis de manipular e permitem ilustrar e explorar os conceitos da Computação Gráfica em toda a sua extensão, desde os conceitos dos espaços e das mais simples transformações geométricas até à representação de cenas complexas com iluminação e sombreamento.

A norma MPEG, particularmente com a encarnação MPEG-4 e as aplicações que empregam esta norma integram-se também na linha do anteriormente exposto, apresentando ainda a vantagem da integração do VRML em ambientes onde existe a noção clara da quarta dimensão, o tempo.

Entre o corpo docente da disciplina de CG tem surgido uma discussão interessante sobre a utilização de VRML por não permitir aos alunos aperceberem-se da complexi-

dade inerente na manipulação dos tradicionais parâmetros de visualização, tais como a posição da câmara, o ponto de interesse (*look-at point*), *up-vector* e distância focal, posição das fontes de luz entre outros. Por outro lado, ao abstrair tais fontes de complexidade, o VRML constitui um auxiliar precioso para a construção de cenas complexas sem grande esforço pelos alunos, constituindo um meio auxiliar de explanação valioso para a explicação dos conceitos básicos de modelação e visualização tridimensional.

Finalmente, a Computação Gráfica deve fazer uso das facilidades de comunicação pessoa a pessoa mediadas por computador como forma de comunicação entre os alunos e entre estes e o corpo docente, tal como adiante se exporá.

## 5. REFORMA CURRICULAR

De acordo com o atrás exposto e tendo em conta uma carga lectiva teórica de 13 semanas (26 aulas), propomos desenvolver o currículo da disciplina de Computação Gráfica (2º ano / 2º semestre) como se segue, utilizando como livro de texto "*Computer Graphics and Applications*" de Foley, et. al. [1], obra clássica e abrangente que embora algo extensa consiste um excelente texto introdutório. Apresentamos em seguida o currículo das aulas teóricas, indicando entre parênteses o número de aulas necessário por grande grupo e qual o capítulo do livro de texto mais apropriado a cada grupo lectivo.

- 1 Introdução e Conceitos Básicos [1 aula]
- 2 Transformações Geométricas (Cap 5) [2 aulas]
  - 2.1 Coordenadas Cartesianas
  - 2.2 Vectores e Espaços vectoriais
  - 2.3 Matrizes de Transformação
  - 2.4 Sistemas de Coordenadas Homogéneos
  - 2.5 Composição de Transformações
  - 2.6 Transformações como Mudança de Base
- 3 Visualização em 3D (Cap 6) [7 aulas]
  - 3.1 Projecções, Recorte e Pipeline de Visualização [2 aulas]
  - 3.2 Modelação Geométrica e Hierarquia de Objectos [1 aula]
  - 3.3 Conversão por varrimento de linhas [1 aula]
  - 3.4 Remoção de linhas e superfícies ocultas [1 aula]
  - 3.5 Algoritmos de visualização [1 aula]
- 4 Superfícies Paramétricas (Cap 11) [2 aulas]
  - 4.1 Representação
  - 4.2 *Tessellation*
- 5 Processamento de Cor (Cap 13) [1 aulas]
- 6 Modelos de sombreamento (Capítulo 14) [1 aula]
- 7 *Ray-Tracing* e Radiosidade [3 aulas]
- 8 Animação [2 aulas]

Queremos salientar deste programa as seguintes características mais marcantes:

Os aspectos práticos, pragmáticos e de programação são relegados para as aulas práticas e de laboratório, surgindo estas como complemento natural e estímulo para o material exposto nas aulas teóricas.

A descrição de sistemas de gestão de janelas<sup>4</sup> e primitivas *raster* bidimensionais, já reduzida face às primeiras edições da disciplina de CG desaparece como *elemento autónomo* do currículo subordinando-se à discussão dos métodos de visualização gráfica tridimensional.

As aulas teóricas serão complementadas por uma sessão laboratorial semanal. A matéria das aulas práticas consistirá na exploração de linguagens de modelação como o VRML com a execução de uma cena como primeiro projecto. Numa segunda fase mantém-se o estudo, codificação e experimentação de algoritmos de visualização 3D como complemento prático das aulas teóricas, dado o entusiasmo e adesão demonstrados pelos alunos em relação a esta componente do currículo.

## 6. MEIOS MATERIAIS PARA A NOVA ORIENTAÇÃO

A orientação da disciplina de Computação Gráfica, no que se refere aos meios materiais a serem empregues em consonância com o anteriormente exposto, deverá encará-los de um ponto de vista global. Por um lado, os meios empregues têm por objectivo expor os alunos às tecnologias mais recentes de uma forma natural e progressiva. Por outro lado, estas tecnologias constituem elementos facilitadores da aprendizagem e exploração dos assuntos ministrados na disciplina, levando os alunos a fazerem uso delas e assim adquirirão competências nestas áreas.

É neste contexto que se integra o emprego do OpenGL e do VRML na disciplina de Computação Gráfica. Este tipo de abordagem tem por objectivo o emprego dos desenvolvimentos tecnológicos que vieram pôr à disposição dos utilizadores e tornaram comuns tecnologias que anteriormente eram baseadas em hardware e *software* de elevado preço e de baixa penetração no mercado.

Os laboratórios da RNL estão equipados com computadores pessoais Pentium II, com capacidades multimédia, que permitem aos alunos desenvolver programas e aplicações empregando tanto OpenGL e VRML. Nos computadores pessoais neles existentes foram instalados o *Microsoft Visual Workbench* que integra a API do OpenGL. Por outro lado, os navegadores de World Wide Web têm instalados os *plug-ins* para VRML. Ficam assim à disponibilidade dos alunos as ferramentas necessárias para a realização dos trabalhos da disciplina e para as aulas de laboratório.

Estes equipamentos permitem realizar aulas de laboratório em que é possível proceder a explorações sobre a matéria leccionada de forma interactiva. Consegue-se assim realizar tais aulas de modo atractivo para os alunos, permitindo que, passo a passo, sejam ilustrados tópicos da matéria da disciplina tais como transformações 3D, perspectivas, iluminação e sombreamento de uma maneira mais eficaz para a aprendizagem dos alunos.

<sup>4</sup> Passando para o programa de Interfaces Homem-Máquina

## 7. A COMUNICAÇÃO ALUNO - PROFESSOR

O objectivo da comunicação em Computação Gráfica é fazer com que toda a informação sobre a disciplina chegue rápida e ordenadamente aos respectivos destinatários, sejam professores ou alunos.

Existem dois tipos principais de informação sobre a disciplina. O primeiro tipo é constituído por materiais de cariz estático e público, englobando informação tal como o programa da disciplina, fontes bibliográficas, avaliação de conhecimentos, constituição do corpo docente, horários de atendimento aos alunos e resultados das provas de avaliação, etc. O segundo tipo é de natureza mais dinâmica e dialogante ou de carácter mais restrito ou mesmo privado, como é o caso de avisos e de comunicações directas entre um aluno e o corpo docente da disciplina.

Os resultados obtidos com experiências anteriores mostraram que o meio mais eficaz para a informação de tipo estático consiste na criação e manutenção de páginas da World Wide Web dedicadas à disciplina. As experiências mostraram que a adesão dos alunos a este tipo de disseminação da informação é muito grande e que os alunos, depois de algum (curto) tempo de habituação ao seu uso, consultam sistematicamente as páginas disponibilizadas. Este modo de comunicação tem ainda a vantagem de poder ser integrado no curriculum da licenciatura a que a disciplina pertence.

Para a comunicação de carácter mais dinâmico ou mais privado, o correio electrónico é a solução mais apropriada, dado que permite a comunicação entre professores e alunos independentemente do horário das aulas, permitindo também a obtenção de respostas em curtos lapsos de tempo.

O correio electrónico tem, no entanto, dois pequenos inconvenientes. O primeiro é que não permite tornar públicas comunicações que, sendo inicialmente de carácter privado, abordem assuntos que deverão ser do conhecimento geral, pois não existe a possibilidade de consultar avisos ou esclarecimentos sem que o destinatário tenha sido previamente registado numa lista de distribuição. O segundo é que, mesmo que existisse uma lista de distribuição, as mensagens tornadas públicas anteriormente ao registo de um destinatário nunca poderiam vir a ser do conhecimento deste.

Para obviar a estes inconvenientes existe um grupo de discussão (*newsgroup*) em que as mensagens têm um tempo de vida bastante longo (todo o semestre). Assim, e a qualquer momento, podem ser tornados públicos os avisos de carácter geral ou o conteúdo de mensagens originalmente privadas com a vantagem acrescida de se constituir um registo histórico cuja consulta não depende de registo prévio dos utilizadores. Este procedimento apresenta ainda a vantagem de evitar a recolocação das perguntas mais frequentes pelos alunos que podem encontrar as respostas através de prévia consulta cuidadosa ao grupo de discussão.

## 8. CONCLUSÕES

A Computação Gráfica tem acompanhado de perto os progressos na área de informática. Como disciplina científica os progressos fenomenais desde o final da década de 80 resultaram num rápido amadurecimento das técnicas e métodos a ponto de existir que defenda que se deve alterar a perspectiva do ensino da Computação Gráfica. Da ênfase colocada no ensino de primitivas, métodos e técnicas bidimensionais, passando pela orientação mais recente do currículo para as técnicas de modelação e visualização tridimensional, existe mesmo quem defenda que no estado de maturidade actual se deva educar os estudantes como utilizadores de instrumentos de criação gráfica, devendo o ensino concentrar-se na educação estética e artística dos estudantes como utilizadores e não criadores, destes instrumentos [8].

Não partilhando de uma visão tão radical e no contexto da licenciatura em engenharia informática, pensamos que o ensino da Computação Gráfica deve ser repensado em termos curriculares e de métodos de ensino, tanto pela vastidão que a área assumiu, como pela maturidade tecnológica que alcançou e finalmente pela crescente acessibilidade e divulgação dos meios pedagógicos.

De uma única disciplina de mestrado, em inícios da década de 80, passámos a leccionar disciplinas a três licenciaturas, abrangendo cadeiras introdutórias<sup>5</sup>, de especialização<sup>6</sup> e disciplinas de mestrado<sup>7</sup>, prevendo-se para breve o alargamento da oferta ao recém-criado Mestrado em Engenharia Informática e Computadores (MEIC).

A criação do Departamento de Engenharia Informática e a reestruturação da LEIC em curso, ofereceu-nos a oportunidade de repensar o currículo e o enquadramento da disciplina de Computação Gráfica.

Nesta contribuição debruçamo-nos sobre a disciplina introdutória, por esta ser o ponto de partida obrigatório para a exploração do vasto mundo que constitui hoje em dia a CG.

É nossa opinião que a presente estruturação curricular permitirá aumentar o já elevado interesse que os alunos dedicam a esta disciplina, mobilizando-os para o fascínio da Computação Gráfica, que, no contexto de um currículo de engenharia, constitui uma excelente área de síntese das experiências e conhecimentos adquiridos pelos alunos no decorrer da licenciatura.

## 8. REFERÊNCIAS

- [1] J. D. Foley, A. van Dam, S. K. Feiner, J. F. Hughes. *Computer Graphics, Principles and Practice*, 2<sup>nd</sup> edition, Addison-Wesley, 1990.

<sup>5</sup> Computação Gráfica na LEIC, Computação e Métodos Gráficos da LEEC e da LMAC

<sup>6</sup> Projecto Assistido por Computador e Interfaces Homem Máquina, ambas da LEIC e da LMAC, surgindo nesta última como opção de quinto ano.

<sup>7</sup> Introdução à Computação Gráfica, Computação Gráfica, Realidade Virtual e Sistemas de Informação Geográfica todas do MEEC.

- [2] D. F. Rogers, J. A. Adams. *Mathematical Elements for Computer Graphics*, 2<sup>nd</sup> edition, McGraw-Hill, 1990.
- [3] D. Nadeau. *Introduction to VRML'97*, Eurographics'98, Tutorial Series, Lisbon, 1998.
- [4] M. Woo, J. Neider, T. Davies, OpenGL Architecture Review Board. *OpenGL Programming Guide, The Official Guide to Learning OpenGL, Version 1.1*, 2<sup>nd</sup> edition, Addison-Wesley, 1997.
- [5] T. Ebrahimi MPEG-4 Synthetic Video Tools - An Overview, Technical Presentation, Eurographics'98, Lisbon, 1998.
- [6] A. I. Torres, A. P. Costa. *Animação por Computador Baseada em Mecanismos Oscilatórios*, Trabalho Final de Curso, Licenciatura em Engenharia Informática e de Computadores, Instituto Superior Técnico, 1998.
- [7] J. C. Teixeira, C. Páris, J. M. Brisson Lopes, A. M. Paiva. *Authoring Courseware for Distributed Environments*, ICVC'99 Conference, Goa, February 1999.
- [8] James F. Blinn "Honorary Doctor of Fine Arts, Parsons School of Design, graduation address", <[www.research.microsoft.com/~blinn/parsons.htm](http://www.research.microsoft.com/~blinn/parsons.htm)>, 1995.