

# Quantitative Evaluation Framework (QEF)

Paula Escudeiro <sup>1</sup>, José Bidarra <sup>2</sup>,

[paula@dei.isep.ipp.pt](mailto:paula@dei.isep.ipp.pt), [bidarra@univ-ab.pt](mailto:bidarra@univ-ab.pt),

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia Informática do Instituto Politécnico do Porto, Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431, 4200-072, Porto, Portugal

<sup>2</sup> Departamento de Ciências Exactas e Tecnologia da Universidade Aberta, Rua Escola Politécnica, 147, 1269-147, Lisboa, Portugal.

**Resumo:** A diversidade de soluções tecnológicas educacionais abre novas perspectivas na melhoria da qualidade dos sistemas educativos. No âmbito educacional, os conteúdos didácticos são concebidos com a finalidade de levar o aluno a construir determinado conhecimento. No entanto, a crescente utilização das tecnologias vem influenciando o aumento do nível de exigência dos “produtores” dos conteúdos. O processo de avaliação dos conteúdos didácticos deverá ter como base de sustentação um conjunto de critérios. Estes critérios poderão ser baseados em aspectos técnicos, ergonómicos e pedagógicos, ou outros que se entendam pertinentes, que segmentarão novos instrumentos específicos para cada cenário educativo a ser avaliado. Neste artigo será apresentado um modelo, conceptualmente desenvolvido com base nos paradigmas de engenharia de software aplicado à avaliação de conteúdos didácticos, designado por Quantitative Evaluation Framework (QEF) com o objectivo de validar e garantir a qualidade dos sistemas e-learning. O QEF avalia os conteúdos didácticos num espaço tridimensional. Cada dimensão agrega um conjunto de factores. Um determinado factor surge como um componente que representa o desempenho do conteúdo didáctico no contexto do sistema. A qualidade do conteúdo didáctico será definida, quantitativamente, no espaço de qualidade, medindo a percentagem de cumprimento dos critérios definidos para o, hipotético, sistema de conteúdos didácticos ideal representado no nosso espaço de qualidade.

**Palavras-chave:** avaliação da qualidade; e-learning; conteúdos didácticos; framework de avaliação da qualidade.

## **1. Introdução**

No contexto de desenvolvimento de software educativo, a qualidade pode ser entendida como um conjunto de características a serem satisfeitas num determinado grau, de modo que o produto final atenda às necessidades explícitas e implícitas dos seus utilizadores (Rocha, A. R. C., et al, 1994).

Para avaliar a qualidade, é preciso haver meios de medi-la (Bates T., 2000). Ou seja, é preciso obter uma medida que quantifique o grau de alcance de uma característica de qualidade. Assim, para implementar uma característica de qualidade, é necessário estabelecer uma métrica capaz de quantificá-la e fazer uma medição para determinar a medida, resultado da aplicação da métrica.

Muitas vezes, as características de qualidade não podem ser medidas directamente através de métricas, sendo necessário decompô-las em sub-características. Assim, há factores, que representam essas características, que são directamente mensuráveis e outros que são apenas indirectamente mensuráveis. Um factor directamente mensurável possui uma métrica correlacionada, à qual, através de uma medição, se aplica uma medida. O factor indirectamente mensurável pode ser descrito em termos de outros factores, sendo calculado, em última instância, via factores directamente mensuráveis.

Tomando em consideração o importante papel que os computadores hoje desempenham na sociedade, de que a escola não se pode definitivamente alhear, é de facto, aos professores que cabe em última instância, a responsabilidade sobre a selecção dos produtos que aí poderão ser utilizados com fins educativos, seja em actividades de sala de aula ou noutros ambientes de aprendizagem, como é o caso em Portugal, da utilização que os alunos fazem, em geral de forma não supervisionada, nas Bibliotecas ou Centros de Recursos das nossas Escolas (Viseu, S. e Costa, F., 1999 “ O Uso de Produtos Multimédia em Contextos de Aprendizagem não Supervisionada – Os Centros de Recursos Multimédia).

Importa por isso formar e apoiar os professores não apenas para usarem e tirarem partido, no processo de ensino-aprendizagem, deste tipo de recursos multimédia como também para serem utilizadores informadores, críticos e com maior exigência de qualidade relativamente aos produtos disponíveis no mercado. Como referem Caftori e Paprzycki, parte do insucesso e problemas geralmente atribuídos à utilização de software educativo podem decorrer da “insuficiente ênfase de avaliação da qualidade do software educativo feita pelos educadores”.

## **2. O Modelo QEF**

O modelo de avaliação de software educativo proposto, designado por QEF (Quantitative Evaluation Framework) (Paula Escudeiro, José Bidarra, 2006), neste artigo tem como base estruturante, na sua criação, os objectivos, princípios e

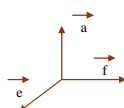
acções de engenharia de software (Pressman, 2001), (Bates, 2000), (Yourdon, 1998) relativos à criação e desenvolvimento de modelos conceptuais para a avaliação de conteúdos digitais. A engenharia de software, na sua vertente educacional, integra processos, métodos e ferramentas no desenvolvimento de modelos de avaliação dos conteúdos educativos visando a melhoria da sua qualidade.

Este ambiente de avaliação, poderá ser aplicado, genericamente, no desenvolvimento de qualquer plataforma de sistemas educacionais, no sentido de validar e avaliar, durante o seu ciclo de desenvolvimento qualquer fase da sua construção, permitindo detectar e corrigir, precocemente, as falhas que, eventualmente vão ocorrendo (Azevedo B., 1997).

A qualidade dos conteúdos digitais (ISO 9126 será o standard de referência) (Scalet et al, 2000), (SCORM a base de incidência) será representada num espaço tridimensional ortogonal.

Deveremos imaginar o espaço de qualidade dos conteúdos digitais como um espaço a três dimensões, figura 1, agregando a cada uma delas um conjunto de factores relativamente aos quais interessa determinar o grau de desempenho do nosso sistema.

Figura 1- Espaço de qualidade tridimensional

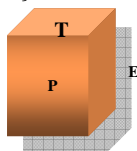


Um factor é um componente que representará o desempenho do conteúdo digital no sistema de acordo com um determinado critério pré-estabelecido.

### 3. As Dimensões dos Conteúdos Digitais

As dimensões ou critérios propostos para o nosso espaço, cartesiano, de qualidade são: Domínio Técnico, Domínio Ergonómico e Domínio Pedagógico figura 2.

Figura 2 - Espaço cartesiano de qualidade



A dimensão do domínio técnico reflecte as características do conteúdo digital no que

respeita aos aspectos operacionais (Bloom B., 1983). Esta dimensão agrega, entre outros, os seguintes factores: objecto de aprendizagem, gestão de dados do utilizador, adaptabilidade, aspectos técnicos, administração, gestão de conteúdo, tabela 1.

Tabela 1- Características do domínio técnico

<b>Id</b>	<b>Factor Domínio Técnico</b>
<i>F1</i>	Objectos Aprendizagem
<i>F2</i>	Gestão dados do utilizador
<i>F3</i>	Adaptabilidade
<i>F4</i>	Aspectos Técnicos
<i>F5</i>	Administração
<i>F6</i>	Gestão conteúdo

A dimensão do domínio ergonómico trata dos conhecimentos científicos do homem e da sua concepção e construção de máquinas e ferramentas que garantam o desempenho global dum determinado sistema educativo, e que possam ser utilizados com o máximo de conforto e segurança, (Wisner, apoud Fialho & Santos 1995) ou seja, das condições que afectam directamente uma situação de trabalho nos seus aspectos técnicos, ergonómicos e sociais: ambiente de aprendizagem, usabilidade, arquitectura de ecrã, áudio, interactividade, texto, tabela 2.

Tabela2 - Características do domínio ergonómico

<b>Id</b>	<b>Factor Domínio Técnico</b>
<i>F7</i>	Ambiente de aprendizagem
<i>F8</i>	Usabilidade
<i>F9</i>	Arquitectura de ecrã
<i>F10</i>	Audio
<i>F11</i>	Interactividade
<i>F12</i>	Texto

A dimensão do domínio pedagógico tem como propriedade do processo pedagógico o critério de aprendizagem. A aprendizagem é determinada por diversos factores que implicam a inter-relação entre o sujeito e o objecto. Neste contexto, a avaliação

é um instrumento, na prática pedagógica, que permite verificar quais os procedimentos tecnológicos válidos na prossecução dos objectivos educacionais, agregando os seguintes factores (Bloom, 1983, Bloom 1964): cognitivo, afectivo, psicomotor, tabela 3.

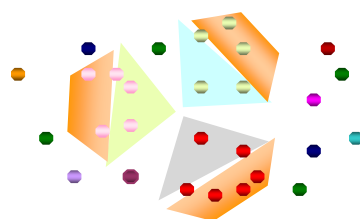
Tabela3 - Características do domínio pedagógico

<b>Id</b>	<b>Factor Domínio Técnico</b>
<i>F7</i>	Cognitivo
<i>F8</i>	Afectivo
<i>F9</i>	Psicomotor

Tanto no domínio da ergonomia (Fialho & Santos, 1995) como no da pedagogia, faz-se distinção entre os critérios de aprender o sistema ou operar o sistema (usabilidade) e aprender pelo sistema (aprendizagem). Estes dois domínios, na relação homem/máquina estão intimamente ligados (Finch 1986), sendo possível desenvolver um sistema de avaliação que contemple estas propriedades fundamentais na avaliação da qualidade pedagógica a um conteúdo digital.

Ao medir a qualidade de um conteúdo digital é necessário avaliar quais as importâncias relativas de cada uma dessas dimensões, no e para o ambiente onde se vai explorar o conteúdo. Os factores seleccionados, neste exemplo, para cada dimensão são provenientes do universo de factores possíveis para caracterizar estas dimensões. A importância da selecção desses factores e a inter-relação entre estes, figura 3, são aspectos cruciais no desenvolvimento, produção e manutenção dos conteúdos digitais no contexto do sistema em estudo.

Figura 3. Inter relação entre os factores e as dimensões para o universo do sistema em estudo



A qualidade do conteúdo digital é medida em função do seu enquadramento, do contexto e da finalidade do sistema. Estes elementos determinam os vectores sobre os quais interessa avaliar o desempenho.

A maior ou menor distância entre aquilo que o conteúdo digital faz e o que seria suposto fazer, medida no nosso espaço de qualidade, permite-nos avaliar a sua qualidade.

A qualidade  $q$ , de um determinado conteúdo digital, é definida no nosso espaço de qualidade tridimensional,  $Q$ , e representa a medida, em valores percentuais, relativamente ao hipotético conteúdo digital ideal,  $I$ , representado pelas coordenadas  $(1,1,1)$ .

É a medida do grau de desempenho do conteúdo digital, no que respeita às características que se revelam críticas e fundamentais, no ambiente e para o sistema educativo em questão, que nos permite aferir da sua adaptação ao fim para o qual foi concebido.

A qualidade representada nas coordenadas de um determinado sistema deverá ser obtida através da aplicação de um tipo de agregação. Estas coordenadas serão implementadas como a média dos factores que contribuíram para a qualidade. Para o cálculo, simplificado, da qualidade, será atribuído o mesmo peso a todos os factores. Deste modo as dimensões do nosso espaço de qualidade são suportadas pelo conjunto de factores anteriormente enunciados:

Para cada sistema a validar devemos definir as importâncias relativas de cada factor para cada uma das dimensões:

$$\text{Dimensão } i = \sum_n (p_n \times \text{factor}_n) / \sum_n (p_n) = 1 \quad \text{e } p_n \in [0,1]$$

Sendo  $n$  o número de factores relevantes para a dimensão em causa.

Cada factor é avaliado do seguinte modo:

$$\text{Factor } n = \frac{1}{\sum_m pr_m} \times \sum_m (pr_m \times pc_m)$$

Sendo  $m$  o número de critérios relevantes para o factor em causa,  $pr_m$  o peso do critério  $m$  e  $pc_m$  a percentagem de cumprimento do critério  $m$ .

O desvio global do sistema, (distância euclideana) relativamente ao sistema ideal será então dado por:

$$D = \sqrt{\sum_j \left(1 - \frac{Dim_j}{100}\right)^2}$$

E a Qualidade do sistema será:

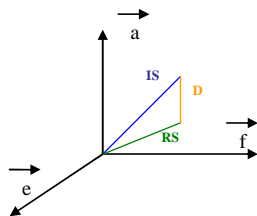
$$Q = 1 - \frac{D}{\sqrt{n}}, \quad Q \in [0,1]$$

Ou

$$q = \left(1 - \frac{D}{\sqrt{n}}\right) * 100, q \in [0,100]$$

A qualidade de um sistema é uma medida, da distância entre o sistema projectado, ou ideal, e o sistema produzido, ou real, figura 4.

Figura 5. Qualidade do sistema



A qualidade do sistema é inversamente proporcional à distância entre o Sistema Ideal (SI) e o Sistema Real (SR).

SE  $D=0$  Então  $Q=1$

Se  $D=\text{maxim}$ ,  $D \text{ max} = \sqrt{n}$

Então  $Q=0$

### 3.1. Medição da Qualidade dos Conteúdos Digitais

O processo de medição da qualidade do sistema obtida desenvolve-se nos seguintes passos:

- 1º – Classificação de critérios
- 2º – Classificação dos factores de cada dimensão
- 3º – Avaliação de resultados
- 4º – Cálculo do desempenho atingido por dimensão
- 5º – Cálculo do desvio global
- 6º – Cálculo da qualidade do sistema

### 3.2. Classificação dos Critérios de Avaliação

O nosso sistema ideal i.e., o nosso conteúdo digital ideal, que é, para cada caso, a nossa unidade de medida standard, possuirá uma lista de critérios, (necessidades), que nos indicam aquilo que o nosso sistema deverá estar apto a fazer.

Iniciaremos por classificar os critérios, para cada dimensão em jogo, com um peso entre 0 e 10, de acordo com a relevância do critério (peso do critério i para a dimensão j) para cada uma das dimensões, por:

10- Fundamental; 8 – Muito Importante; 6 – Importante; 4 – Necessário; 2 – Opcional; 0 – Irrelevante

A classificação do critério, de acordo com a sua relevância, permitirá preencher a seguinte tabela:

Tabela 4. Matriz de critérios

Critérios	Dimensão		
	Técnico	Ergonómico	Pedagógico
critério1	Pij	Pij	Pij
critério2	Pij	Pij	Pij
...	SOMA()	SOMA()	SOMA()

### 3.3. Classificação dos Factores de cada Dimensão

Para cada dimensão vamos definir as importâncias relativas de cada factor nessa dimensão. A contribuição do factor na dimensão é representada por um número real,  $P_n$ ,

Entre 0 e 1, indicando a relevância do factor na dimensão.

$$\text{Dimensão} = \sum_n (p_n \times \text{factor}) \quad , \quad \sum_n (p_n) = 1 \quad e \quad p_n \in [0,1]$$

### 3.4. Avaliação dos Resultados

É fundamental que as validações estejam bem adaptadas aos critérios de modo a, de facto, darem indicações correctas do bom ou mau desempenho do sistema.

Ao longo de todo o processo de validação vai-se preenchendo a tabela abaixo indicada com s valores obtidos para a percentagem de cumprimento dos testes efectuados para cada critério.

A matriz, tabela 5, será preenchida durante o processo de validação/avaliação. Uma vez completada será despoletado um mecanismo automático de cálculo da qualidade do sistema.

Tabela 5. Matriz de Factores

Critérios	Dimensão		
	Factores		
critério1	Pcm	Pcm	Pcm
critério2	Pcm	Pcm	Pcm
...			

### 3.5. Cálculo do Desempenho Atingido por Dimensão

Para além da qualidade medida globalmente é também possível avaliar o desempenho do sistema em cada dimensão particular.

Este desempenho será obtido olhando somente para os factores que compõem cada uma das dimensões:

$$\text{Factor} = \sum_m (pr_m * pc_m)$$

Sendo o desempenho da dimensão calculado através:

$$\text{Dimension} = \sum_n (p_n \times \text{factor}) , \sum_n (p_n) = 1 \text{ and } p_n \in [0,1]$$

### 3.6. Cálculo do Desvio Global

O desvio global será obtido através da distância Euclideana entre as coordenadas do nosso sistema e as do sistema ideal, cujas coordenadas são: (1,1,1).

$$D = \sqrt{\sum_j \left(1 - \frac{Dimj}{100}\right)^2}$$

### 3.7. Cálculo da Qualidade do Sistema

A qualidade do sistema será calculada por:

$$Q = 1 - \frac{D}{\sqrt{n}}, \quad Q \in [0,1]$$

Ou

$$q = \left(1 - \frac{D}{\sqrt{n}}\right) * 100 \quad q \in [0,100]$$

Podemos dizer que a qualidade do sistema é de q%, o que quererá unicamente dizer que o sistema cumpre em q% o fim para o qual foi desenvolvido.

Esta qualidade pode ser facilmente calculada, para uma dimensão específica se não houver necessidade, devido ao ambiente de exploração, de dimensionar a qualidade nas outras dimensões.

## 4. Conclusão

Neste artigo foi proposto um método para medir quantitativamente a qualidade de um determinado conteúdo digital no contexto de um sistema educativo. O método designado por Quantitative Evaluation Framework, tal como outros construídos com este propósito, é crucial como suporte, validação, avaliação controlo e garantia de qualidade na criação de um conteúdo educativo digital pois permite prever desvios em relação às especificações iniciais, mesmo antes de ser incluído no contexto de um sistema educativo.

Este método está já a ser usado no desenvolvimento de conteúdos educativos (software educativo), a serem desenvolvidos no âmbito de algumas disciplinas de licenciatura de engenharia informática e disciplinas de mestrado de sistemas multimédia do Instituto Superior de Engenharia do porto

É importante notar que a medição quantitativa da qualidade do software educativo, que este método viabiliza, dá-nos uma perspectiva próxima do nosso sistema de ensino, e de outros similares, no que concerne à avaliação.

No âmbito das tecnologias de ensino, produzir conteúdos educativos digitais, tais como o software educativo, com qualidade, é o objectivo de qualquer sistema de ensino/aprendizagem, e neste sentido foi criado um método que controla essa produção acompanhando o seu desenvolvimento no decurso de todo o ciclo de vida do software educativo.

O método QEF poderá ser aplicado, na avaliação do desenvolvimento de qualquer sistema educacional, permitindo uma comparação directa entre diferentes ambientes educacionais.

A diversidade de soluções tecnológicas educacionais abre novas perspectivas na melhoria da qualidade dos sistemas educativos (Laurillard, Diana, 2002).

No âmbito educacional, os conteúdos didácticos são concebidos com a finalidade de levar o aluno a construir determinado conhecimento. No entanto, a crescente utilização das tecnologias vem influenciando o aumento do nível de exigência dos “produtores” dos conteúdos (Timmers, 2000).

O processo de avaliação do software educativo deverá ter como base de sustentação um conjunto de critérios. Estes critérios poderão ser baseados em aspectos técnicos, ergonómicos e pedagógicos, ou outros que se entendam pertinentes, que segmentarão novos instrumentos específicos para cada cenário educativo a ser avaliado (McCarthy P., 1995).

Neste artigo foi apresentado um modelo, conceptualmente desenvolvido com base nos paradigmas de engenharia de software aplicado à avaliação de software educativo, designado por Quantitative Evaluation Framework (QEF) com o objectivo de validar e garantir a qualidade dos sistemas e-learning.

O QEF avalia o software educativo num espaço tridimensional. Cada dimensão agrega um conjunto de factores. Um determinado factor surge como um componente que representa o desempenho do software educativo no contexto do sistema.

A qualidade do software educativo será definida, quantitativamente, no espaço de qualidade, medindo a percentagem de cumprimento dos critérios definidos para o, hipotético, sistema de software educativo ideal representado no nosso espaço de qualidade.

## **Agradecimentos**

O autor gostaria de agradecer ao Instituto Politécnico do Porto e ao Núcleo de Investigação GILT (Graphics, Interaction and Learning Technologies) por terem tornado possível este estudo.

## **Referências**

Azevedo, B. (1997). Tópicos em Construção de Software Educacional. Estudo dirigido.

- Bates Tony, (2000), A. W. Tony Managing Technological Change: Strategies for College and University Leaders. San Francisco, 2000
- Bloom, Benjamim (1983, "Manual de Avaliação Formativa e Somativa da Aprendizagem" S. Paulo: Pioneira S. et all-
- Bloom B. Mesia, and David R. Krathwohl, (1964), Bloom B. S. Taxonomy of Educational Objectives,,: The Affective Domain & The Cognitive Domain. New York: David McKay Co Inc.
- Escudeiro, Paula; Bidarra José, (2006), X-TEC: Techno Didactical Extension for Instruction/Learning Based on Computer – A new development model for educational software, Setúbal, Portugal, WEBIST 2006.
- Fialho & Santos (1995), "Manual de Análise Ergonómica no Trabalho. Curitiba: Génesis.
- Finch (1986) Finch, J. Research and Social Policy. Falmer.
- Fredman and Liu, 1996; Liang and McQueen, (1999)."The Cognitive Style and Cross Cultural Differences im Internet Use and Computer Attitudes",
- Laurillard, Diana (2002). Rethinking University Teaching, 2<sup>a</sup> Ed., Parte II, "Analysing the Media for Learning and Teaching" (79-172). London and New York: Routledge/Falmer.
- Learning Tecchnologies, (2003), " Advanced Learning Technologies", The 3rd IEEE Internatione Conference
- McCarthy P. (1995), CAL- Changing the face of education?, CAL Research Poster, MSc Information Systems.
- Pressman Roger S., (2001), Pressman, Roger S. Software Engineering a Practitioner's Approach, 5 th Edition, McGraw-Hill Companies Inc, 2001
- Rocha, A. R. C., et al, 1994.
- Scalet et al, 2000, ISO/IEC 9126 and 14598 integration aspects: The Second World Congress on Software Quality, Yokohama, Japan, 2000.
- Timmers (2000), Timmers, P.: Electronic Commerce: Strategies and Models for Business-to-Business Trading. Wiley,.
- Yourdon, (1998), E. Yourdon, Managing the System Life Cycle, 2nd Edition, Yourdon Press/prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1998.