

O Digital e a Interdisciplinaridade (com a Matemática como pano de fundo)

MANUEL LUIZ DA SILVA PINTO

Num tempo em que as ferramentas digitais se tornaram um instrumento do cotidiano, sobretudo para as faixas etárias mais novas, (ou seja, em termos de análise sociológica, os subconjuntos da população que se encontram em fase de aprendizagem) importa refletir um pouco sobre qual o papel deste tipo de recursos na questão da interdisciplinaridade. Sendo um dos pontos centrais do ensino/aprendizagem STEM no currículo da Educação Pré-Escolar, Ensino Básico e Secundário, e mesmo na formação de professores, a clarificação de como fazer a integração do ensino e aprendizagem da Matemática com outras áreas do saber tentemos perceber então, o papel da estruturação lógica do saber (a Matemática) neste contexto, partindo duma realidade concreta que é a Casa das Ciências como plataforma/repositório de recursos.

Desde logo importa definir o que é um recurso digital educativo “aberto”, que é o que caracteriza o conjunto de materiais que a Casa das Ciências disponibiliza. Segundo Butcher (2011) e se acrescentarmos o termo *Digital* ao conceito de *Open Educational Resources* teremos uma boa definição do que são Recursos Educativos Digitais (RED) abertos ...”*In its simplest form, the concept of Open (Digital) Educational Resources (OER) describes any educational resources (including curriculum maps, course materials, textbooks, streaming videos, multimedia applications, podcasts, and any other materials that have been designed for use in teaching and learning) that are openly available for use by educators and students, without an accompanying need to pay royalties or licence fees.*” (p. 9)

Decorre da própria definição e é hoje razoavelmente consensual, que a utilização do digital na educação é uma grande amálgama de soluções com enorme diferenciação e que vai desde os componentes físicos (sensores p. ex.) ao *software* de produção (ferramentas de construção de simulações p. ex.) passando pelas linguagens de programação e todo o tipo de aplicações, hipertextos, *software* dedicado, etc. Encontrar por isso padrões e tipologias abrangentes não é simples e, muito menos, se quisermos aí enquadrar lógicas muito específicas como a interdisciplinaridade.

No que se reporta a soluções muito elementares como é o caso da imagem (fotografia sobretudo) e descrições simples de fenómenos através de documentos digitais não editáveis, por

exemplo, a interligação entre diferentes ciências, decorrente das próprias características do objeto não é relevante mas, em soluções mais elaboradas como o hipertexto, a simulação ou outras ferramentas digitais programáveis ou manipuláveis, essa interligação acontece com enorme frequência, assumindo a Matemática na maioria dos casos um papel essencial. Basta desde logo pensar que a generalidade das simulações físicas, químicas, dos fenómenos geológicos ou da genética por exemplo, são baseadas nas suas descrições matemáticas, quer sejam funcionais quer de representação simbólica. Estas descrições matemáticas ao serem “transcritas” nas linguagens ou ferramentas a utilizar é que permitem que as simulações, por exemplo, tenham um grau de rigor científico minimamente aceitável. Esta é, aliás, uma componente fundamental quando se procura uma análise qualitativa dos recursos digitais e que, deveria ser obrigatória numa avaliação minimamente cuidada. Partir dessa Matemática intrínseca ou explícita para o docente (ou discente) se apropriar do processo de construção, numa lógica de “encontro” entre os fenómenos em estudo e o seu suporte matemático é um pequeno passo que permite fazer a ligação interdisciplinar em causa.

Com este pano de fundo, importa então perceber as lógicas de utilização em relação a RED que permitam abordagens interdisciplinares relacionadas, ou centradas, na Matemática. Devemos ter em linha de conta que os utilizadores fazem uma primeira abordagem base nos conteúdos, pois é esse sempre o ponto de partida para a utilização didática de um RED e, salvo melhor opinião, uma segunda aproximação, é realizada sobre o grau de profundidade – e consequente adequação etária – que o recurso disponibiliza. Este grau de profundidade (ou complexidade) não se relaciona apenas com a quantidade e qualidade da informação pretendida, mas sobretudo com aspetos como a manipulação e reutilização, sendo esta uma das variáveis de análise mais relevante atualmente.

Um alerta importante: O professor escolhe, e decide como usar um recurso digital (RED), nunca sabendo, no entanto, qual a dimensão exata da apropriação do aluno em cada uma das circunstâncias complementares do ato educativo. Se tivermos em linha de conta a capacidade tecnológica dos equipamentos mais comuns como os *tablets* e os *smartphones* bem como a versatilidade das ferramentas que utilizam e ainda a sua

“amigabilidade” em termos de utilização pelo sujeito, teremos claramente essa ideia. Uma outra nota ainda. Um mesmo recurso, em plataformas digitais diferentes e em equipamentos diferentes possui hoje características diferentes e “provoca” em cada utilizador reações e procedimentos diferentes.

A CARACTERIZAÇÃO DE UM RECURSO EDUCATIVO DIGITAL E A INTERDISCIPLINARIDADE

Como parece ser do domínio comum, a interligação entre ciências, neste caso concreto com a Matemática, está fundamentalmente ligada ao conteúdo científico de cada recurso específico, à qualidade e características intrínsecas dos objetos e mesmo da sua lógica de pesquisa e das plataformas associadas onde se procuram (Atenas & Havemann, 2013). Acrescentemos um outro parâmetro que deverá ser essencial nessa análise e que se relaciona com a escolha de utilização didática que foi feita.

Tomando como relevantes as ideias expressas por vários autores e corporizadas num documento da Comissão Europeia: *“All forecast surveys note a also fundamental paradigm shift on the role of new technologies supporting educational change: while some years ago the term “e-learning” dominated the educational discourse, the “e” has nowadays disappeared. It is all about the core business of education: learning. The focus is no longer on ICT tools and infrastructures but on open and flexible learning and teaching with the learner (and the educator) at the centre, enhanced through new technologies. This indicates that the step from an early adoption of ICT use in education towards mainstreaming has been started”* (European Commission, 2013, p. 8), podemos afirmar que a utilização de recursos digitais é, portanto, um padrão hoje incorporado nas atividades educativas sejam elas quais forem.

Assim sendo, para se poder fazer uma seleção de objetos, que enquadrem a sua utilização numa lógica interdisciplinar com a Matemática (numa perspetiva STEM, incorporando Ciência, Engenharia e Tecnologias) os pontos de partida poderão ser altamente diversificados. Muita da literatura recente, aborda a preocupação cada vez mais significativa da abordagem STEM desde os níveis mais elementares de escolaridade, sendo inúmeros os pontos de vista que proporciona no sentido de se obterem resultados educacionais concretos. Segundo McDonald (2016) *“The implementation of STEM initiatives is a challenging endeavor. Central findings ... highlight three key factors to consider when attempting to successfully integrate STEM teaching and learning in schools. First, disengagement in STEM subjects is pervasive throughout junior secondary school... Second, implementing effective pedagogical practices has been shown to increase student interest and motivation, develop 21st century competencies, and improve student achievement. The implementation of inquiry-based practices that value active learning, immersion in authentic settings, engagement in*

reasoning and problem-solving, and the development of creativity, have been shown to facilitate effective student learning. Finally, and perhaps most importantly, the role of the teacher is critical in this process.” (p. 551).

Para a reflexão que nos propomos, tomamos a liberdade de fazer a abordagem pela ótica do docente, considerando as eventuais soluções para uma dada situação de aprendizagem como o fator essencial que utilizará numa eventual escolha de um RED. De uma forma que nos parece simples, embora suportada por diversos autores (English, 2015; Pinto, Gómez-Camarero, Fernández-Ramos & Doucet, 2017; Varlamis & Apostolakis, 2006) na multiplicidade de soluções que atualmente se propõe, iremos então centrar a capacidade da abordagem interdisciplinar com a Matemática em três eixos distintos de análise, de algum modo ligadas ao processo de produção de recursos digitais:

1. na *manipulação/simplicidade* dos objetos em causa;
 2. nos diferentes momentos do processo de ensino/aprendizagem tendo em conta a *função/operacionalização* dos objetos a utilizar;
 3. no processo de *definição/produção* dos objetos escolhidos;
- Iremos então abordar cada uma destas lógicas específicas recorrendo a exemplos concretos de recursos existentes no repositório da Casa das Ciências.

1 - MANIPULAÇÃO/SIMPLICIDADE

No primeiro eixo, a interatividade não será um elemento preponderante porque a instrumentação do objeto estará já incorporada no mesmo, sem que a sua manipulação permita grandes veleidades de ação. Isso não implica que não possa ser um objeto com características interdisciplinares como veremos.

Parte-se do princípio que temos um RED de fraca capacidade interativa, sem possibilidade de ser instrumentalizado internamente, ou seja, não o podemos manipular nas suas componentes de produção, mas que poderá ser manipulado ou instrumentalizado de diferentes formas em termos educacionais. Poderá ser de uma tipologia “documento fechado”, mas que possui em si mesmo a capacidade de ser usado e reutilizado em diferentes contextos e em diferentes situações educativas. Quer docentes quer discentes, embora usando em formato digital este tipo de recursos, não o podem modificar, nem interagir com ele, mas apenas com os seus componentes ou subprodutos. Um exemplo muito bom, é o documento texto As Borboletas da Floresta Amarela (Sá Pinto & Campos, 2012) que não é mais que um pequeno manual sobre evolução que incorpora atividades que podem ser usadas para explorar a evolução desde o primeiro ciclo do Ensino Básico até ao Ensino Secundário. Desde a hereditariedade e genealogias, a seleção natural, a deriva genética e a sistemática há propostas flexíveis que podem ser exploradas no contexto de distintos conteúdos programáticos

(Biologia, Matemática, Português, Cidadania, entre outros). Se bem que centrado na Biologia, podemos associar outras áreas do saber, como a Matemática nomeadamente nos anos mais elementares criando os primeiros passos para a fundamentação matemática dos fenómenos científicos que tão relevante será em níveis mais adiantados do percurso de Ensino/Aprendizagem de cada aluno. Saber organizar os saberes em representações simbólicas que podem ser interpretadas por todos, é uma competência das mais fundamentais em ciência e que surge com tarefas tão simples como estas.

2 - FUNÇÃO/OPERACIONALIZAÇÃO

o segundo eixo que consideramos, a lógica de construção do RED já possui por norma, uma componente de interação e sobretudo de reutilização (ou reusabilidade como é usual ser definida na literatura). Quer isto dizer que, contrariamente à tipologia anterior, em situações diferentes ser usado de modos diferentes e, para sujeitos diferentes poderemos ter contextos e aplicabilidades diferentes. O objeto já tem, portanto, uma dimensão que permite diferentes leituras e funções em diferentes momentos do processo de Ensino/Aprendizagem, sendo que a sua operacionalização feita quer pelo docente quer pelo discente já pode ser plural e de metodologia diversificada.

Vejamos então um exemplo que nos parece interessante e caracterizará esta nossa categoria ou eixo de análise. Se se procurar no repositório da Casa das Ciências por “Energia Potencial Gravítica”, irão surgir quatro recursos, dois deles interativos, um executável e outro em Modellus. Note-se que a particularidade da pesquisa é essencial. Se porventura usar apenas o termo Gravidade, surgirão 49 recursos diferentes dos quais apenas um não é de Física(!). Vamos optar pelo RED executável, da autoria de um físico austríaco (Lohninger, 2012) que permite simular o valor dos campos gravitacionais de uma massa suspensa em diferentes situações, simulando a gravidade da Terra, Marte e Júpiter. Permite ainda comparar os valores das respetivas energias potenciais (figura 2).

O utilizador, docente ou discente, pode manipular dentro de certos limites, o valor da massa, a altura, e o planeta onde realiza a experiência, tendo assim um conjunto de informação potenciador de comparações, análise de variáveis etc. A função do RED é muito clara. Tentar dar a perceber o conceito de energia potencial gravítica para alunos do terceiro ciclo, mas a verdade é que se podem colocar um mundo de questões (a grande maioria relacionadas com a Matemática) à volta do que se se pode observar e registar. Desde a pesquisa das massas dos diferentes planetas, para poder comparar as ações dos mesmos sobre massas iguais e à mesma altura; o que se passa com massas diferentes à mesma altura num mesmo planeta; a mesma massa a diferentes alturas num mesmo planeta; tudo

são abordagens passíveis de serem traduzidas por representação matemática e interpretação física com o controlo de diferentes variáveis. No limite, é possível partir destas observações para inferir a expressão ou expressões matemáticas que relacionam as diferentes variáveis da expressão .

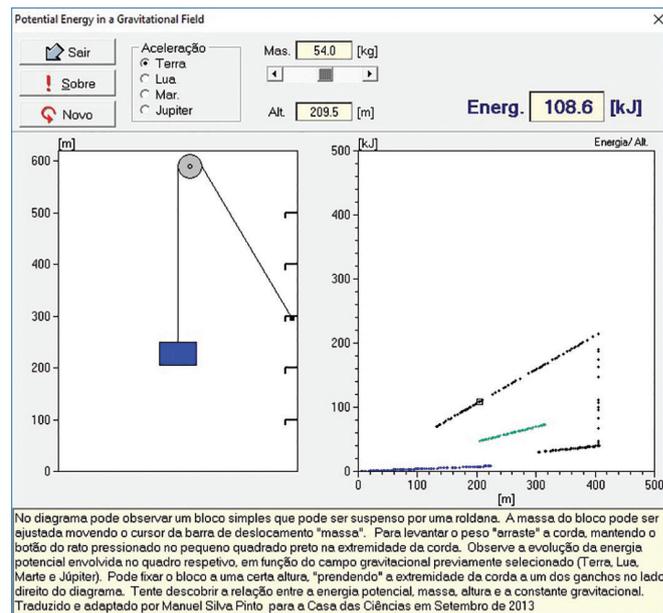


Figura 2. Simulação da ação de diferentes campos gravitacionais sobre uma massa suspensa (Lohninger, 2012).

3 - DEFINIÇÃO/PRODUÇÃO

O terceiro e último eixo centra-se sobretudo na complexidade do processo de produção, que leva a objetos normalmente muito mais elaborados. Embora a sua construção seja muito precisa (e tem de o ser para que a qualidade científica seja assegurada) permitem abordagens extraordinárias de cariz interdisciplinar plural onde pontuam quase sempre mais do que duas áreas do saber. Vamos usar um exemplo muito simples e baseado numa ferramenta padrão para tentar perceber um pouco melhor este terceiro eixo.

Antes disso, porém, tornemos claro que esta terceira lógica de análise, reporta-se a soluções que desde a sua produção, têm incorporadas diferentes áreas disciplinares até pela própria metodologia e paradigma de construção do objeto. Enquadram-se nesta categoria, chamemos-lhe assim, todos os objetos que, utilizando ferramentas de programação quer de alto ou baixo nível, quer mesmo macro, necessitam de incorporar a informação matemática que explicita os fenómenos em estudo. Cabem aqui as simulações em Modellus, Flash, Java, Scratch, linguagens de programação mais científicas como o Fortran, ou mesmo as ferramentas mais recentes como Arduino, HTML5, software para Android por exemplo, e tudo o mais que possa ter a aplicabilidade em soluções similares. Este tipo de recursos, desde as simulações *tout court* até às *apps* mais elaboradas,

são os mais frequentemente utilizados, muitas vezes também os mais simples de utilizar, os que cumprem com mais rigor os parâmetros de avaliação exigidos, até porque são normalmente produtos de soluções de equipas pluridisciplinares com tudo o que isso acarreta, mas mais complexos de manipular internamente. No repositório da Casa das Ciências existem inúmeras soluções, quer de produção nacional, quer obtidas e validadas internacionalmente, que poderão com maior ou menor facilidade ser abordadas pelos intervenientes no processo de aprendizagem, através dos seus diferentes componentes. Na figura 3 pode observar-se o layout de um simulador de orbitais atômicas, onde o utilizador “trabalha” os números quânticos, o que permite uma observação interativa e detalhada que doutra maneira seria impossível.

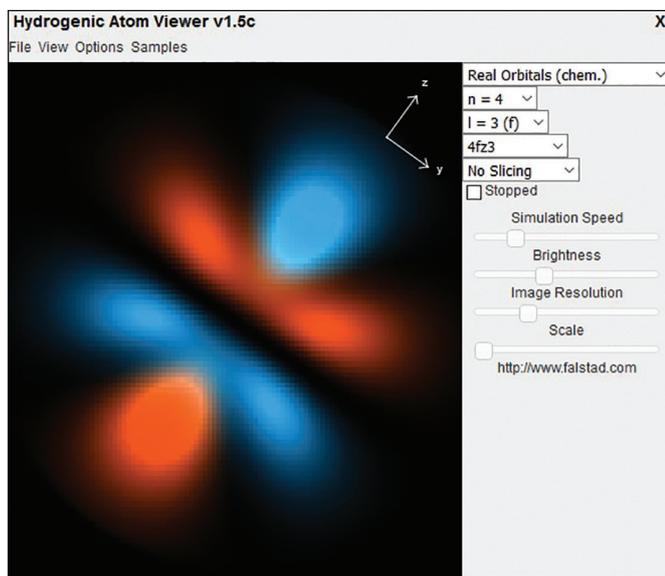


Figura 3. Simulador de orbitais atômicas (Hydrogenic Atom Viewer, s.d.).

Obviamente que num executável construído numa linguagem de alto nível não será fácil “desconstruir” o código para poder ir analisar a Matemática que se encontra por detrás de uma simulação que faça a representação de orbitais, usando a equação de função de onda, mas as abordagens interdisciplinares podem sempre ser feitas recorrendo à observação de resultados, estudos comparativos, ou outras soluções sempre possíveis.

Existem, no entanto, no enquadramento desta tipologia, objetos extremamente simples e interessantes que permitem abordagens integradas e autónomas, como é o caso do que vamos analisar a seguir. Vamos então socorrer-nos de um RED construído pelo Professor Michael Fowler da Universidade da Virgínia, nos Estados Unidos, que usa a programação de uma ferramenta padrão, o EXCEL®, tornando visível todos os resultados do que se simula (figura 4).

Este recurso, que tem a designação de *Oscilações Amortecidas*, utiliza a equação diferencial das oscilações para, através de um

cursor que permite variar alguns dos parâmetros existentes na folha de cálculo, animar um gráfico, sendo de uma visibilidade extremamente clara.

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = -lx - b \frac{dx}{dt}$$

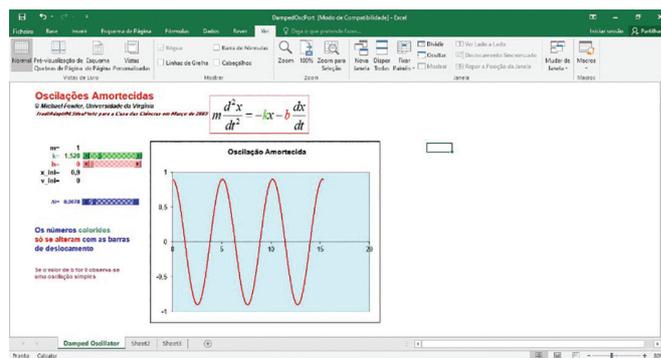


Figura 4. Recurso educativo digital sobre oscilações amortecidas (Fowler, s.d.).

Note-se que, anulando o valor da constante (b) temos a equação e respetiva representação animada, dum oscilação simples não amortecida.

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = -lx$$

O interessante neste recurso é que na mesma folha onde se encontra a simulação, mas um pouco mais abaixo, tal como se pode observar na figura 4, estão um conjunto de colunas onde surgem os valores obtidos através da manipulação dos cursores pelo utilizador. É assim extremamente eficaz, muito intuitivo e funcional em termos educativos, “emparelhar” o estudo do fenómeno físico, com a sua fundamentação matemática e com a representação gráfica, usando uma tecnologia simples. Podemos ainda acrescentar na questão da interdisciplinaridade a componente da tecnologia, pois o que está aqui em causa é, por um lado, o estudo do fenómeno físico (que pode ser acompanhado de uma execução laboratorial) a sua representação matemática (que permite fazer um estudo bem alargado da representação gráfica de funções) e a instrumentação de uma ferramenta digital (neste caso padrão – EXCEL®) para a representação da análise matemática que se pretende. Desse modo, e com um único objeto teremos um “painel” de conhecimento diversificado, interdisciplinar, que poderá permitir

diferentes tipos de abordagens quer sob o ponto de vista da motivação quer do desempenho e construção do saber.

UMA ABORDAGEM DE CARIZ GENERALISTA PARA SELECIONAR A FUNÇÃO EDUCATIVA DE UM RED

Uma última questão. Existirá alguma maneira simples de, analisando um RED, se ter a percepção da sua capacidade intrínseca para efeitos de interdisciplinaridade? Provavelmente a resposta é não, porque na grande maioria dos casos se teria ou de fazer a análise da produção ou então encontrar um histórico de utilização para o saber. Cada docente e cada utilizador (leia-se aqui tanto o professor, como o aluno, como qualquer outro agente no processo educativo) terá a capacidade de operacionalizar cada objeto de forma a tirar dele o melhor partido que puder em função dos objetivos que pretende, das características dos agentes envolvidos e das próprias características dos objetos que, como vimos, podem ser muito diversificadas. Mas será possível ter uma ideia da qualidade de um RED sendo que isso poderá indiciar a rentabilidade da sua utilização? A resposta agora é claramente positiva e podemos afirmar que se trata mesmo de um tema muito estudado e particularmente já consistente segundo a literatura da especialidade. Ao ter uma “medida” da qualidade de um dado objeto, teremos associado a ela a maior ou menor capacidade de o utilizarmos? Bom, alguma informação terá associada e, tendo em linha de conta os parâmetros já validados por inúmeros estudos internacionais, estamos em crer que de alguma forma poderá ajudar a quem faz a escolha a decidir entre várias opções em estudo. Podemos sugerir o padrão que muitas vezes se usa na Casa das Ciências, com a designação LORI, acrónimo de Learning Object Review Instrument (Li, Nesbit, Richards & Fraser, 2006; Nesbit & Leacock, 2009; Souza, Marcelino & Fortunato, 2018) que, partindo de um conjunto de itens de observação, a saber:

1. Adequação aos Objetivos
2. Qualidade do Conteúdo
3. Feedback e Adaptação
4. Motivação
5. Design e Apresentação
6. Interatividade
7. Acessibilidade
8. Reutilização
9. Conformidade Standard

E usando uma escala de 1 a 5, (que vai de não ou nunca até completamente ou muito grande) permite ter um conjunto de valores em que se podem comparar as “performances” de diferentes objetos.

Aqui fica a sugestão.

Referências

- Atenas, J., & Havemann, L. (2013). Quality Assurance in the Open: An Evaluation of OER Repositories. *The International Journal for Innovation and Quality in Learning*, 1(2), 22-34. <http://eprints.soas.ac.uk/17347/1/30-288-1-PB.pdf>
- Butcher, N. (2011). *A Basic Guide to Open Educational Resources (OER)*. <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002158/215804e.pdf>
- English, L. D. (2015). STEM: Challenges and opportunities for mathematics education. In Beswick, Kim, Muir, Tracey, & Wells, Jill (Eds.), *Proceedings of the 39th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, PME, Hobart, Tas* (pp. 4-18). Brisbane: Queensland University of Technology. <https://eprints.qut.edu.au/87506/3/87506.pdf>
- European Commission (2013). *Analysis and mapping of innovative teaching and learning for all through new technologies and Open Educational Resources in Europe*. Brussels: European Commission. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:52013SC0341>
- Fowler, M. (s. d.); *Fowler's Physics Applets*. <http://galileo.phys.virginia.edu/~mfli/home.html>
- Hydrogenic Atom Viewer (s.d.). <https://www.falstad.com/qmatom/>
- Li, J. Z., Nesbit, J. C., Richards, G., & Fraser, S. (2006). Evaluating Learning Objects Across Boundaries: The Semantics of Localization. *International Journal of Distance Education Technologies*, 4(1). <https://www.igi-global.com/article/evaluating-learning-objects-across-boundaries/1667>
- Lohninger, H. (2012). *Learning by Simulations*. http://www.vias.org/simulations/simu_maths.html
- McDonald, C. V. (2016). STEM Education: A review of the contribution of the disciplines of science, technology, engineering and mathematics. *Science Education International*, 27(4) 530-569. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1131146.pdf>
- Nesbit, J. C. & Leacock, T. L. (2009). *Collaborative Argumentation in Learning Resource Evaluation* - Simon Fraser University (pré-Print). <https://pdfs.semanticscholar.org/9e4f/4fa2f44038b35c6599163d32caal681f6e51.pdf>
- Pinto, M., Gómez-Camarero, C., Fernández-Ramos, A., & Doucet, A. (2017). Evaluareed: desarrollo de una herramienta para la evaluación de la calidad de los recursos educativos electrónicos. *Investigación Bibliotecológica*, 31(72), 227-248
- Souza, M. T. de, Marcelino, R., & Fortunato, I. (2018). O LORI como método de avaliação de objetos de aprendizagem: estudo de revisão. *REAE - Revista de Estudos Aplicados em Educação*, 3(5), 42-57. http://seer.uscs.edu.br/index.php/revista_estudos_aplicados/article/view/5002
- Varlamis, I., & Apostolakis, I. (2006). The present and future of standards for e-learning technologies. *Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects*, 2, 59-76. <http://ijklo.org/Volume2/v2p059-076Varlamis.pdf>
- Xá Pinto, X., & Campos, R. (2012). *As borboletas da floresta amarela*. Vairão: CIBIO, Centro de Investigação em Biodiversidade e Recursos Genéticos. <https://www.casadasciencias.org/recurso/7787>

MANUEL LUIZ DA SILVA PINTO
COLABORADOR DA CASA DAS CIÊNCIAS