

# Fluxo, um jogo pedagógico sobre o Sistema Circulatório

Inês Silva  
ISCTE-IUL  
Av. Forças Armadas Lisboa  
[ivsas@iscte-iul.pt](mailto:ivsas@iscte-iul.pt)

Filipe Baptista  
ISCTE-IUL  
Av. Forças Armadas Lisboa  
[fmsba@iscte-iul.pt](mailto:fmsba@iscte-iul.pt)

Jorge Calado  
ISCTE-IUL  
Av. Forças Armadas Lisboa  
[jmpsc@iscte-iul.pt](mailto:jmpsc@iscte-iul.pt)

Pedro Faria Lopes  
ISCTE-IUL, ADETTI-IUL, ISTAR-IUL  
Av. Forças Armadas Lisboa  
[Pedro.Lopes@iscte.pt](mailto:Pedro.Lopes@iscte.pt)

Isabel Alexandre  
ISCTE-IUL, IT-IUL  
Av. Forças Armadas Lisboa  
[isabel.alexandre@iscte.pt](mailto:isabel.alexandre@iscte.pt)

---

## Resumo

*Este artigo trata o desenvolvimento de um jogo educativo sobre o sistema circulatório. São abordados os temas-chave para a preparação do jogo, nomeadamente o que são jogos pedagógicos, o que são jogos side-scroller e os motivos que nos levaram a tomar determinadas decisões, tais como: a escolha do tema, a escolha das personagens, o design dos níveis, as mecânicas de jogo, etc. Será abordado também o uso de um agente inteligente que guia o jogador ao longo dos níveis e explica as mecânicas, as regras e a teoria relacionada com o tema. Pretende-se que os jogadores ganhem conhecimentos relativos ao percurso do sangue ao longo do corpo humano e que se aprenda quais são as funções dos vários componentes do sangue.*

## Palavras-chave

*Jogos Pedagógicos, Sistema Circulatório, Biologia, Game Design, Side-scroller, Jogos 2D*

---

## 1. INTRODUÇÃO

O Fluxo é um jogo pedagógico sobre o sistema circulatório do corpo humano. Ao longo do jogo, o jogador poderá ficar a conhecer alguns dos órgãos que fazem parte deste sistema, bem como outros componentes (e.g.: Hemácias). O objetivo é auxiliar no processo de aprendizagem do sistema circulatório e tem como público-alvo crianças com idades compreendidas entre os 8 e os 12 anos. Foi criado então, um jogo side-scroller 2D em que o jogador controla os elementos figurativos do sangue: glóbulos vermelhos (hemácias), glóbulos brancos (leucócitos) e plaquetas. O objetivo é fazer o percurso do sistema circulatório e, através das mecânicas de cada personagem jogável, perceber a função de cada elemento do sangue, bem como perceber a sua função nos diversos locais do corpo humano.

Nas secções seguintes analisaremos os pontos fulcrais por detrás da conceção do nosso jogo, bem como algumas decisões criativas relativamente ao aspeto visual das personagens, de todos os componentes do jogo e a definição das mecânicas de jogo.

## 2. TRABALHO RELACIONADO

Uma das principais fontes de inspiração para o desenvolvimento do jogo foi a série animada francesa “Era uma vez... O Corpo Humano” [Barillé87], criada por Albert Barillé. Nesta série, a ação de cada episódio aborda a funcionalidade de uma parte específica do corpo humano e os seus intervenientes. Os cenários e as personagens têm um estilo caricatural ao invés de serem foto-realistas, estando assim a série mais adaptada ao público infantil. Para além da série animada, existem outros materiais educativos que pretendem auxiliar a consolidação de conhecimentos, não só em relação ao corpo humano, como na área da Biologia em geral. Estes

materiais encontram-se em diversos tipos de média mas o mais interessante de analisar são os videojogos, os ditos jogos sérios (serious games).

Tomámos especial atenção à inteligência do agente no sistema. O artigo “Increasing believability in pedagogical agents” dos autores James C. Lester e Brian a. Stone sublinha que um agente credível condiciona a aprendizagem dos utilizadores [Lester97]. Quando as ações do agente são evidentemente automáticas e com condições simples, o jogador poderá rapidamente prever a ação seguinte, isto leva a que a credibilidade do agente inteligente diminua substancialmente. O artigo mostra uma solução para este problema através de um algoritmo de sequência de comportamentos. Decidimos, então, desenvolver um sistema semelhante ao dos autores para dinamizar as falas do agente inteligente ao longo do jogo. Tivemos em consideração o trabalho de Andy Nealen, Adam Saltsman, e Eddy Boxerman que explicam a importância do minimalismo em jogos no seu artigo [Nealen11]. Os autores mostram que podemos e devemos minimizar o conteúdo visual e mecânico de maneira a que o jogador se foque apenas no conteúdo essencial.

## 3. JOGOS PEDAGÓGICOS

Os jogos pedagógicos são jogos sérios e educativos que são explicitamente concebidos com um propósito de educar e passar conhecimentos a uma determinada área. Estes jogos podem ser jogos de tabuleiro, jogos de cartas ou videojogos, e é nestes últimos que nos focamos. Pretende-se que, ao jogar o “Fluxo”, o utilizador ganhe alguns conhecimentos sobre o funcionamento do corpo humano com a ajuda de um agente inteligente. Este irá guiá-lo ao longo dos níveis e ajudá-lo assim que for necessário. São focadas, ao longo do jogo, as várias funções de cada componente do sangue e mostra-se

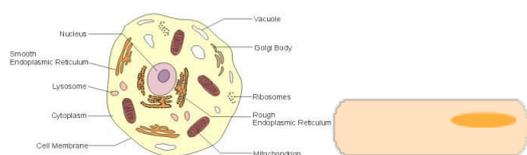
também o percurso cíclico do sangue ao passar sistematicamente por locais importantes como o coração e os pulmões. Para a melhor compreensão de alguns eventos, introduzimos vídeos explicativos em são demonstradas as trocas gasosas dos órgãos, explicadas as funções dos componentes e atualizadas as posições no corpo humano.

#### 4. DESIGN DO JOGO FLUXO

O Jogo Fluxo é um jogo de plataformas. Plataformas são superfícies em que as personagens podem andar ou correr. Nos jogos de plataformas 2D o jogador anda da esquerda para a direita e vice-versa, de forma a progredir no jogo. A personagem navega ao longo do sistema circulatório, pelas veias, artérias, capilares, etc., e sendo que o que delimita estes canais são células, estas são as plataformas do jogo. Escolhemos fazer um jogo deste género, pois as regras dos jogos side-scroller são facilmente compreensíveis, o ideal para crianças com idades compreendidas entre 8 e 12 anos. Para construir os níveis do jogo focámo-nos nos seguintes componentes: *background*, plataformas, obstáculos e colecionáveis.

Inspirados pelos livros e filmes da coleção “Era uma vez... O Corpo Humano”[Barillé87], focámo-nos em representar o tema de uma forma caricatural, onde os elementos do corpo humano têm personalidade e outras características humanoides, como por exemplo pernas e olhos. É importante um bom design de jogo para que se possa manter as crianças cativadas. Tentámos também, aumentar ao máximo o elemento surpresa, com várias personagens jogáveis ao longo do jogo, que introduzem novas mecânicas devido às novas funções destas personagens. Por outro lado foram construídos vários níveis com diferentes ambientes e cores para manter a diversidade e entusiasmo no jogo. Para que o jogo seja instrutivo decidimos eliminar tudo o que fosse acessório e mantivemos apenas o que é essencial para a informação que queremos passar. Para isso optámos por um design minimalista, onde apenas alguns elementos essenciais são representados. Por exemplo na Figura 1 podemos observar a comparação entre uma ilustração de uma célula de um livro escolar e uma célula do jogo Fluxo.

Um elemento muito importante no jogo é a cor. Todas as cores ao longo do jogo são alusivas ao órgão ou local do corpo que representam mas, por outro lado, estas tonalidades têm que combinar entre si, para evitar a incompatibilidade de estilo e design. No final obtivemos um resultado coeso, com cores relativamente claras, onde as personagens e alguns elementos do jogo têm algum destaque relativamente ao *background*.



**Figura 1. Comparação entre uma célula real e a sua representação no jogo**

Para que o jogador se foque nas capacidades de cada componente do sangue decidimos dividir o jogo em três

ciclos com sequências de níveis diferentes, sendo que em cada ciclo é introduzida uma nova personagem e as suas funções no organismo. Os ciclos têm a seguinte sequência de níveis.

- Ciclo 1- Coração, Pulmões, Rins, Coração
- Ciclo 2-Coração, Pulmões, Capilares, Coração
- Ciclo 3-Coração, Pulmões, Intestino, Fígado, Coração

Em cada um destes ciclos é introduzido uma personagem jogável diferente.

#### 5. PERSONAGENS

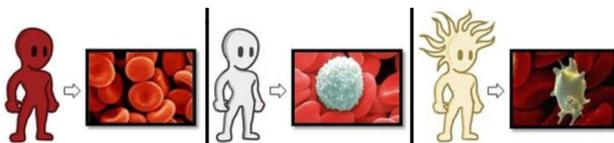
Foram criados dois tipos de personagens:

- Jogáveis: Glóbulo Vermelho (Hemácia), Glóbulo Branco (Leucócito) e Plaquetas (Figura 2)

- Não-Jogável: Agente Inteligente

Foram criadas estas personagens para que o jogador compreenda melhor a função de cada componente do sangue e estas podem ser trocadas usando a tecla “T”(troca). Deste modo, podem ser ultrapassados os desafios propostos ao longo dos níveis.

A principal função dos glóbulos vermelhos no sangue é transportar o oxigénio ou dióxido de carbono dos pulmões para as células e vice-versa o que nos obrigou a fazer uma representação destas hematoses, tanto no nível dos pulmões como nos capilares, através de vídeos explicativos. O glóbulo branco tem a principal função de proteger o organismo contra corpos estranhos, nomeadamente vírus e bactérias que entrem na corrente sanguínea. Para proteger o organismo, os glóbulos brancos utilizam um processo chamado “fagocitose” em que a bactéria é envolvida num vacúolo digestivo e eliminada. As plaquetas têm a função de coagular o sangue que é activada a partir da tecla “espaço”.



**Figura 2. Comparação entre a representação visual dos elementos figurativos do sangue no jogo e na realidade (G. Vermelhos, G. Brancos, Plaquetas)**

#### 6. AGENTE INTELIGENTE

Devido ao facto da personagem principal ser um glóbulo vermelho, optámos pela representação do agente inteligente através da caracterização de um glóbulo vermelho mais envelhecido para que seja passado o conceito de sabedoria. Este agente foi o nosso maior foco quanto ao desenvolvimento da componente “inteligente” do jogo. Para que este agente inteligente fosse credível e demonstrasse alguma inteligência e personalidade focámo-nos na alteração do seu estado emocional, que é notório na forma como este se dirige à personagem controlada pelo jogador, face às suas ações. Para a implementação da personalidade do agente foi escolhida a abordagem de um algoritmo de fuzzy logic, uma das técnicas mais conhecidas na área da Inteligência Artificial. A lógica difusa é uma extensão da lógica booleana mas que rejeita o conceito de binário. Neste tipo de lógica lidamos com valores que não são unicamente falsos (e.g., 0) ou verdadeiros (e.g., 1),

havendo espaço para a incerteza (e.g., 0.5). Isto quer dizer que qualquer valor usado neste tipo de lógica difusa é um valor qualquer entre 0 e 1. A personalidade do agente é então definida a partir da leitura de um número entre 0.0 e 1.0 mas que é afetado constantemente ao longo do jogo pelas ações do utilizador que têm um determinado peso dependente da importância dessa ação e por um fator de uma soma ou subtração aleatória que torna o agente menos previsível. Quando o jogo se inicia, o agente tem uma personalidade neutra com o valor de 0.5. Os valores de personalidade assumidos estes subdividem-se em 5 estados emotivos possíveis que são distribuídos da seguinte maneira: As ações que podem afetar (positivamente ou negativamente) a personalidade do agente são:

- Cair várias vezes nas gorduras presentes nas artérias (Negativamente);
- Dirigir-se para o sentido contrário à corrente sanguínea (Negativamente);
- Ser várias vezes apanhado por vírus presentes na corrente sanguínea (Negativamente);
- Dirigir-se para a próxima área do corpo para onde o sangue deve ir (Positivamente);
- Oxigenar-se nos Pulmões (depende do número de bolhas de oxigénio colecionadas) (Positivamente).

Isto introduz alguma credibilidade e realismo, uma mesma ação poder afetar mais ou menos outra pessoa ao longo do tempo, bem como outros fatores que induzem alguma imprevisibilidade. A mudança de estado “emocional” do agente é notória cada vez que o jogador interagir com ele e despoletar um evento de diálogo, pois o seu discurso será mais ou menos elogioso, mais ou menos crítico, mais ou menos incisivo, conforme o seu estado emocional naquele instante. Os eventos de interação com o agente inteligente são transmitidos ao agente através da implementação de uma lógica de Triggers. Desta forma, apresentemos uma personagem não-jogável (NPC) que guia o jogador ao longo do jogo, explicando as diversas funções de cada parte do organismo, bem como os objetivos do jogador enquanto constituinte do sangue, mas com uma conotação mais ou menos positiva e de uma forma mais ou menos incisiva, conforme o desempenho do jogador.

## 7. TESTES E RESULTADOS

Para testar a eficácia do nosso sistema, perspetivámos testar o Fluxo com pessoas dentro e fora do nosso público-alvo. Devido ao processo de desenvolvimento ter terminado numa fase em que as escolas e outros locais onde poderíamos ter acesso a crianças com idades compreendidas entre os 8 e os 12 anos se encontrarem encerradas, foi-nos muito difícil encontrar um público para testes que correspondesse às características do público-alvo do nosso sistema. Deste modo, testámos o sistema com 15 pessoas (9 do sexo masculinos e 6 do sexo feminino) com idades entre 6 e 54 anos, com maior incidência entre 17 e 28 anos. Pedimos a cada pessoa que jogasse um dos ciclos do jogo Fluxo. Assim que terminaram, foi-lhes pedido que respondessem anonimamente a cinco perguntas sobre a sua experiência,

duas qualitativas e três quantitativas. As perguntas propostas foram as seguintes:

- Avaliação Qualitativa
  - 1) O que é que gostou mais no jogo?
  - 2) O que acha que podia ser melhorado?
- Avaliação Quantitativa
  - 3) Qualidade dos gráficos (1-10)
  - 4) Capacidade de transmissão de conceitos (1-10)
  - 5) Qualidade de controlo das personagens (1 - 10)

Relativamente às perguntas qualitativas, concluímos que os tópicos mais abordados relativamente aos elementos que mais agradaram são o aspeto gráfico, as animações e o sistema de troca de personagens. Podemos ver no Gráfico 1 a percentagem de pessoas que referiu cada um destes tópicos, e outros, como os seus aspetos preferidos da aplicação.



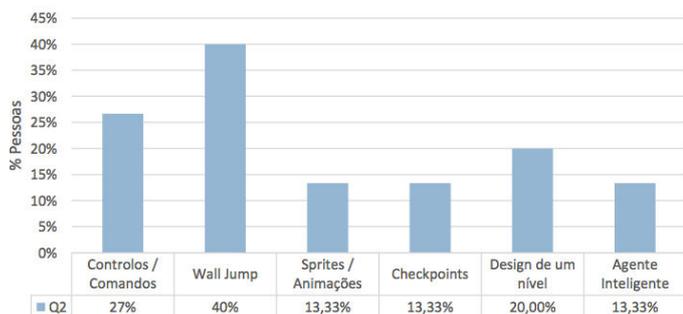
**Gráfico 1. Percentagens de pessoas que referenciaram determinados tópicos relativamente à 1ª pergunta do questionário de testes.**

Relativamente aos aspetos a melhorar (Gráfico 2), o tópico mais abordado foi a mecânica de salto na parede (wall jump) devido a algumas limitações existentes no seu controlo e à dificuldade do jogador realizar os saltos tal como desejaria. O segundo tópico mais abordado foi a inexistência de alguma ajuda quanto à explicação dos controlos da personagens. Pudemos concluir também que, para além destes tópicos abordados pela maioria, foram abordados outros aspetos como por exemplo a inexistência de checkpoints em níveis muito longos (e.g., as artérias) o que faz com que o jogador tenha de repetir todo o nível caso seja apanhado por um inimigo ou caia numa gordura ou numa ferida. Houve um igual número de pessoas a sugerirem extensões quanto ao papel do agente inteligente, nomeadamente a possibilidade de este intervir autonomamente sem que o jogador se dirija a ele ou mesmo a tecla de socorro referida anteriormente, para chamar o agente caso este não se encontre por perto.

Quanto às perguntas de avaliação quantitativas, podemos analisar através dos resultados apresentados no Gráfico 3 que o aspeto que teve melhor avaliação nos testes foi o aspeto visual do jogo, i.e., a qualidade dos gráficos 2D. Um dos aspetos que não ficou tão bem classificado foi o sistema de controlo das personagens e, através de uma análise das perguntas qualitativas, nomeadamente a segunda pergunta, deduzimos que este facto provavelmente se deve a problemas no controlo das

personagens que são notórios acima de tudo nos saltos da parede.

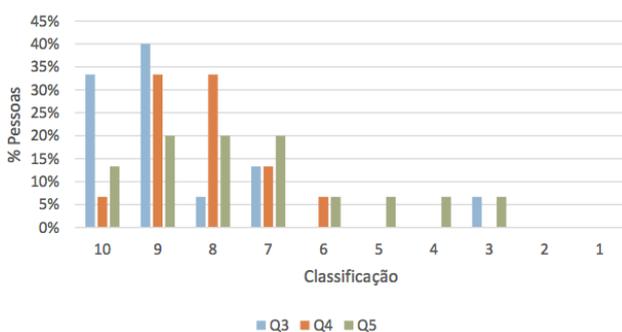
### Q2) O que acha que podia ser melhorado?



**Gráfico 2. Percentagens de pessoas que referenciaram determinados tópicos relativamente à 2ª pergunta do questionário de testes.**

Podemos concluir, através do Gráfico 3, que o aspeto mais bem classificado pelos utilizadores foi o aspeto visual do jogo, compreendendo tudo o que tem a ver com o desenho das personagens, cenários e elementos, respetivas animações e a sua disposição e organização no ecrã. A média de classificação para este aspeto foi de 9 em 10. As outras duas perguntas, referentes tiveram a mesma média, 8 em 10. Já a última pergunta, apesar de um resultado igualmente satisfatório, é a que apresenta maior desvio padrão, sendo a questão que mais classificações diversificadas obteve por parte dos jogadores. Isto pode querer dizer que este é ainda um aspeto frágil do nosso sistema, pois pode conter falhas ou limitações que podem comprometer de alguma forma a jogabilidade ou conter aspetos que cativam o jogador e que o fazem gostar ainda mais da experiência.

### Respostas das Perguntas Quantitativas



**Gráfico 3. Percentagens de pessoas que atribuíram uma determinada classificação (de 1 a 10) a cada pergunta quantitativa do questionário de testes.**

## 8. TRABALHO FUTURO

Como trabalho futuro propomos a melhoria de alguns aspetos de jogabilidade, bem como a introdução de novos elementos. Devemos referir a importância de testar o jogo com o público-alvo, a fim de provar a componente lúdica e pedagógica do jogo. Deve-se também questionar vários professores de biologia a fim de se poder fazer melhorias no sistema de acordo com o programa da disciplina.

Uma melhoria quanto à jogabilidade seria a introdução da opção de multiplayer. Assim, se o jogo fosse jogado

nas escolas, os computadores necessários seriam reduzidos a 1/3 visto que o jogo poderia ser jogado com 3 pessoas de cada vez. Esta opção poderia levar à cooperação entre os estudantes.

## 9. UNITY

Para a implementação do jogo foi utilizado o motor Unity [Unity12]. O Unity oferece uma IDE e uma framework que permitem desenvolver jogos para múltiplas plataformas (consolas, PC, dispositivos móveis, etc...) Todo o código do jogo foi desenvolvido na linguagem de programação C#.

## 10. CONCLUSÃO

Este projeto foi desenvolvido com o objetivo de auxiliar o processo de aprendizagem do funcionamento do sistema circulatório e dos órgãos com que interage. Devido à natureza educacional do jogo houve a necessidade de fazer um balanceamento entre a componente de diversão e a componente pedagógica, pelo que foi necessário encontrar um balanço entre os elementos de diversão que o jogo apresenta (e.g.: controlo dos glóbulos, níveis de eventos) e os elementos que passam informação sobre o sistema circulatório (e.g.: diálogos, vídeos). Este balanço foi alcançado através da passagem de informação de uma forma pontual e sempre em pequenas quantidades. Nas últimas iterações o material começou a ser validado por especialistas da área, nomeadamente por uma professora e por uma bióloga. Por fim, obtivemos um resultado satisfatório que conseguiu ter um impacto positivo nos seus utilizadores e que conseguiu entusiasamá-los e surpreendê-los.

## REFERÊNCIAS

- [AdobeFlash14] Adobe Flash, <http://get.adobe.com/br/flashplayer/> (accessed: 2/05/2014).
- [AdobeIllustrator14] Adobe Illustrator, <http://www.adobe.com/br/products/illustrator.html> (accessed: 2/05/2014).
- [Barillé87], Barillé, A., Il était une fois. 1987
- [Bayliss07] Jessica D. Bayliss. The effects of games in cs1-3. *Journal of Game Development*, 2(2), 2007.
- [Lester97] Lester, J. C. and Stone, B. (1997). Increasing Believability in Animated Pedagogical Agents. *International Conference on Autonomous Agents*. Marina del Rey, p. 16-21.
- [Logas05] Logas, Heather; Muller, Daniel. Mise-en-scène Applied to Level Design: Adapting a Holistic Approach to Level Design, *DiGRA 2005 Conference: Changing Views – Worlds in Play*.
- [Nealen11] Andrew Nealen, Adam Saltsman and Eddy Boxerman. Towards Minimalist Game Design. In *proceedings of Foundations of Digital Games (FDG) 2011*.
- [Sicart08] Sicart, M. (2008). Defining Game Mechanics. *Game Studies: The international Journal of Computer Games Research*, 8(2).
- [Smith08] Smith, G., Cha, M. and Whitehead, J. A Framework for Analysis of 2D Platformer Levels. Los Angeles, CA : ACM, 2008. *Proceedings of ACM SIGGRAPH Sandbox Symposium 2008*.