

# Quebra-Cabeça do Ciclo Cardíaco – Desenvolvimento de uma Versão Digital Online para o Ensino de Fisiologia Cardíaca

Lais Tono Cardozo

*Dept. de Biociências, Fac. de Odont. de Piracicaba  
Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP  
Piracicaba, SP, Brasil  
lais\_tono@hotmail.com*

Fernanda Klein Marcondes

*Dept. de Biociências, Fac. de Odont. de Piracicaba  
Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP  
Piracicaba, SP, Brasil  
ferklein@unicamp.br*

Luís Henrique Montrezor

*Dept. Ciências Biológicas e da Saúde - Biotecnologia  
e Medicina, Universidade de Araraquara - UNIARA  
Araraquara, SP, Brasil  
lhmontrezor@uniara.edu.br*

Lucila Ludmila Paula Gutierrez

*Dept. de Ciências Básicas da Saúde, Universidade  
Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre - UFCSPA  
Porto Alegre, RS, Brasil  
lucilag@ufcspa.edu.br*

Érica Maria Granjeiro

*Dept. de Ciências Biológicas  
Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS  
Feira de Santana, BA, Brasil  
ericag@uefs.br*

Victor Travassos Sarinho

*Lab. de Entretenimento Digital Aplicado - LEnDA  
Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS  
Feira de Santana, BA, Brasil  
vsarinho@uefs.br*

**Resumo**—Fisiologia cardíaca é um tema básico nos currículos dos cursos da área da saúde, o qual permite ao seus estudantes compreender mecanismos funcionais dos órgãos e sistemas para que possam compreender as fisiopatologias de doenças cardiovasculares. Para auxiliar os alunos na compreensão e integração de seus conhecimentos sobre a morfologia do coração com os mecanismos fisiológicos que controlam o bombeamento rítmico e contínuo de sangue pelo coração, foi desenvolvido o quebra-cabeça do ciclo cardíaco. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma versão digital online do quebra-cabeça do ciclo cardíaco, destacando o jogo educacional final produzido e os resultados obtidos com a avaliação de sua jogabilidade.

**Index Terms**—Fisiologia cardíaca, metodologia ativa de ensino, jogo educativo, quebra-cabeça, ciclo cardíaco

## I. INTRODUÇÃO

Fisiologia cardíaca é um tema básico nos currículos dos cursos da área da saúde, pois o futuro profissional deve compreender as características morfofuncionais do sistema cardiovascular, de modo a entender as alterações fisiopatológicas do coração e vasos, assim como integrar conhecimentos básicos na aplicação clínica. Como resultado, o profissional consegue orientar, diagnosticar e tratar as doenças cardiovasculares corretamente [1]–[3].

Integrar conhecimentos não é uma tarefa fácil para os alunos, e torna-se mais desafiador quando o processo de ensino-aprendizagem é segmentado em disciplinas, e baseado na transmissão e memorização de conteúdos em um modelo centrado no professor [4]. Como resultado, para que ocorra

um aprendizado significativo, se faz necessário que o processo seja centrado no aluno, utilizando-se de estratégias ativas de ensino, dentre as quais citam-se os jogos educacionais [5], [6].

A compreensão e a aprendizagem de conhecimentos “são facilitadas quando tomam a forma aparente de atividade lúdica” [7], visto que os estudantes mostram entusiasmo quando sua aprendizagem é de uma forma mais intuitiva, interativa e divertida, podendo resultar em um aprendizado mais significativo. Neste sentido, jogos digitais vem ganhando espaço como uma ferramenta primordial da aprendizagem, motivando o aluno e desenvolvendo níveis diferentes de experiência pessoal, de modo a auxiliar a construção de novas descobertas, o desenvolvimento da personalidade, entre outros aspectos positivos [8].

Neste contexto, para auxiliar os alunos na compreensão e integração de seus conhecimentos sobre a morfologia do coração, com os mecanismos fisiológicos que controlam o bombeamento rítmico e contínuo de sangue pelo coração, foi desenvolvido o quebra-cabeça do ciclo cardíaco [9]. Trata-se de um jogo simples e barato capaz de ser aplicado como uma metodologia de aprendizagem ativa, que foi desenvolvido para promover o aprendizado sobre a fisiologia do ciclo cardíaco [9], substituindo parte da explicação teórica do professor em uma atividade desenvolvida em grupo. Os objetivos deste trabalho foram: desenvolver uma versão digital online do quebra-cabeça do ciclo cardíaco, e avaliar sua jogabilidade.

## II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### A. Metodologias Ativas de Ensino

Segundo Kirriemuir e McFarlane [10], “jovens e crianças que nasceram e cresceram na era da tecnologia preferem realizar ações rápidas, ativas e de caráter exploratório”, ou seja, algo bem diferente do ensino tradicional atualmente aplicado em sala de aula. Como resultado, crianças pertencentes à Geração Z tendem a “apresentar déficit de atenção e aprendizado retardado no uso de métodos antigos de ensino” [11].

Entretanto, no contexto atual de sociedade da informação, a escola perdeu o seu papel exclusivo de fonte de sabedoria para a transmissão e distribuição do conhecimento em si. Como resultado, tem-se uma escola que precisa ser redesenhada para incluir a linguagem audiovisual e digital em seu espaço de ensino, através da busca por “ferramentas capazes de despertar no aluno um interesse espontâneo, criando nele vínculos afetivos com as situações de aprendizagem vivenciadas” na mesma [12].

Como possível solução para este problema, diversas metodologias ativas de ensino [5], que buscam formar sujeitos criativos, críticos e colaborativos, vem sendo propostas nos últimos anos, tais como: a Aprendizagem Baseada em Problemas, Projetos e Equipes; o Design/Visual Thinking; a Educação Maker; a Sala Invertida; o Ensino Híbrido; o E-Learning; o Ensino Personalizado; a Educação Baseada em Competências; e a Gamificação/Aprendizado Baseado em Jogos. Tratam-se de abordagens que buscam despertar no estudante um estado de aceitação da informação recebida (*voluntariado*), engajando-os com relação ao conhecimento apresentado (*motivação*) de forma a criar uma atração incondicional pela metodologia aplicada (*sedução*), bem como um estímulo contínuo para a manutenção das atividades propostas pela mesma (*recompensa*).

### B. Jogos Digitais na Educação Z

Jogos digitais conseguem estimular o desafio, a curiosidade, o controle, a fantasia, a competição, a cooperação e o reconhecimento de seus jogadores [13]. Eles também se apresentam como ferramentas enriquecedoras da prática pedagógica, as quais vem recebendo atenção entre pesquisadores educacionais e professores que defendem o seu uso na aprendizagem.

De fato, jogos digitais demonstram o potencial de fornecer um ambiente altamente envolvente, com alto nível de interação e feedback [14], além de permitir a livre experimentação de modo a despertar o aprendizado prazeroso, cativante, divertido e engajado [15]. Eles também conseguem trabalhar os aspectos de voluntariado, motivação, sedução e recompensa em seus jogadores, permitindo assim explorar os desafios e as oportunidades presentes no âmbito das necessidades da Geração Z [16], de modo a tornar as aulas mais atrativas (*sedução*), despertar a curiosidade e atenção dos alunos (*motivação*), melhorar a produtividade escolar, auxiliar os educadores a dinamizar as aulas (*recompensa*), e contribuir para o aproveitamento escolar extraclasse (*voluntariado*).

### C. Jogos Educativos para Saúde

Atualmente, existe um histórico sobre o uso de jogos como estratégia educacional com potencial para melhorar o desempenho dos profissionais de saúde por meio da melhoria de seus conhecimentos, habilidades e atitudes [17]. Um bom exemplo particularmente interessantes para educadores e profissionais de saúde são os chamados “jogos sérios” [18], jogos completos e jogáveis que são considerados “sérios” porque são desenvolvidos não para entretenimento, mas sim com objetivos educacionais específicos [19].

Jogos sérios representam uma tecnologia emergente que cresce em importância para treinamento especializado, aproveitando jogos 3D e motores de jogo para melhorar a experiência realista dos usuários [20]. Mais ainda, jogos sérios voltados para a educação em saúde conseguem trabalhar aspectos relacionados: a transmissão de conhecimentos de primeiros socorros e informações médicas (nível pessoal); ao treinamento de habilidades em saúde (prática profissional); ao recrutamento (pesquisa e academia); e ao gerenciamento de simulações (saúde pública) [21]. Como resultado, através do avanço da tecnologia e do desejo de se alcançar uma boa saúde de uma forma interessante e divertida, bem como um melhor nível de treinamento por parte dos respectivos profissionais de saúde, diversos jogos sérios para a saúde têm sido propostos nos últimos anos [20].

### D. Quebra-Cabeça do Ciclo Cardíaco

Em sua versão impressa, o quebra-cabeça é composto de uma prancha com figuras das fases do ciclo cardíaco. Os alunos trabalham em pequenos grupos de 5 ou 6 integrantes e devem identificar e organizar as figuras das fases do ciclo na sequência fisiológica correta. Em seguida, os alunos recebem uma tabela, que deve ser preenchida com fichas que indicam o estado dos átrios e ventrículos (relaxados ou contraídos), das válvulas cardíacas (abertas ou fechadas), o nome das fases e os sons produzidos pelo fechamento das valvas (bulhas cardíacas) [9], [22]. Nesse momento, os alunos também devem organizar as fichas de acordo com os eventos fisiológicos corretos. A proposta da atividade com o jogo é substituir a explicação oral do professor sobre os eventos que caracterizam as cinco fases do ciclo cardíaco, “levando o aluno a perceber” como a morfologia e características fisiológicas das células e estruturas cardíacas possibilitam o bombeamento contínuo e eficiente do sangue. Assim, os alunos aprendem o conteúdo, discutindo e integrando informações, e não mais somente ouvindo passivamente uma explicação.

Este quebra-cabeça constitui um jogo educacional porque apresenta as características básicas de generalidade, simplicidade, fator eureka e entretenimento [23]. A generalidade está presente porque os alunos desenvolvem estratégias que utilizarão na solução de outros problemas. A simplicidade refere-se à facilidade do usuário em se lembrar da solução e do tema envolvido no jogo. O fator eureka está presente porque cada peça tem um local correto para ser colocado e, para colocar a peça no local correto, os alunos usarão sua intuição e conhecimento. O feedback é fornecido após o preenchimento

completo de cada fase, porque justamente o objetivo é que os alunos integrem conhecimentos para identificar os eventos que ocorrem nos átrios, ventrículos e envolvem abertura ou fechamento das valvas. Se a sequência das figuras das fases do ciclo cardíaco (parte 1), ou o preenchimento da tabela (parte 2) não estiverem corretas, a sensação de frustração leva o aluno, ou grupo de alunos, a reavaliar sua estratégia para vencer o desafio proposto [23], reavaliando a sequência dos eventos do ciclo cardíaco.

O quebra-cabeça do ciclo cardíaco tem sido utilizado, em disciplinas de Fisiologia, de diferentes cursos da área da saúde, como Odontologia, Medicina, Biologia, Fisioterapia, Enfermagem e Farmácia, e foi considerado útil para o aprendizado dos alunos, por facilitar o entendimento sobre o assunto, solucionar dúvidas e integrar os conhecimentos aprendidos [9]. Em comparação com a aula teórica, este jogo educacional aumentou o aprendizado dos alunos [24] e, quando associado a avaliações formativas, reduziu a ansiedade, antes de provas [25].

### III. METODOLOGIA

A construção do Quebra-Cabeça Digital do Ciclo Cardíaco foi realizada em duas etapas principais. A primeira consiste na definição de um modelo JSON para representar uma matriz de puzzle e possíveis respostas corretas conforme a disposição das peças de encaixe. Já a segunda realiza a produção de uma aplicação Javascript a partir de um motor de jogos web capaz de interpretar cada JSON modelado, criando assim uma solução genérica e reusável para diferentes puzzles educativos desejados.

#### A. Modelo JSON

Cinco elementos principais foram definidos em um modelo JSON para representar jogos *drag'n'drop* em um matriz estilo puzzle, os quais foram devidamente configurados para o jogo educativo do ciclo cardíaco: *tokens*, *columns*, *rows*, *fixed*, *answers*, *extraTokens*, *extraCells* e *extraAnswers*.

*Tokens* indicam as peças que precisam ser encaixadas nas células da matriz que representam o puzzle. Cada token possui um identificador único (*propriedade id*), a imagem a ser exibida no jogo (*propriedade image*), um valor referência a ser atribuído a peça (*propriedade valueRef*), e as informações referentes ao tamanho da peça (*propriedades height* e *width*) (Fig. 1).

A matriz em si é composta pelos elementos *columns* e *rows*, os quais indicam: um identificador para a respectiva linha e coluna (*propriedade id*), a descrição do nome da respectiva linha ou coluna (*propriedade header*) e a definição de comprimento de coluna (*propriedade width*) e altura de linha (*propriedade height*) desejados para a matriz (Fig. 1).

*Fixed* informa quais peças serão colocadas de forma fixa no puzzle na inicialização do mesmo. Para tal, é necessário informar a peça que será colocada de forma fixa (*propriedade id* com o valor *id* do token), bem como a linha (*propriedade rowId*) e a coluna (*propriedade columnId*) onde a mesma será fixada no puzzle (Fig. 1).

Com relação as respostas válidas para o puzzle proposto, tem-se a possibilidade de informar diferentes combinações de peças capazes de serem consideradas como respostas válidas para o jogo. Neste sentido, *answers* é representado como uma matriz de combinações de peças em determinadas posições que representam uma resposta válida a ser aceita pelo jogo. Para tal, cada célula desta matriz será representada pelo *valorRef* de uma peça a ser colocado em uma respectiva linha (*rowId*) e coluna (*columnId*) do puzzle, seguido de um possível valor de pontuação (*propriedade score*) a ser associado a esta posição no puzzle (Fig. 1).

Com relação aos elementos *extraTokens*, *extraCells* e *extraAnswers*, eles representam a possibilidade de definição de uma camada extra a ser colocada no puzzle, permitindo assim um nível extra de jogabilidade com os elementos previamente definidos no puzzle.

#### B. Aplicação Javascript

Para realizar a interpretação dos arquivos JSON modelados, uma aplicação Javascript com base no motor de jogo web *Phaser 3* foi desenvolvida. Ela efetua o carregamento inicial das imagens e sons configurados no JSON para o jogo modelado, bem como a renderização da grid representativa da matriz com seus respectivos headers. A inclusão do Head-Up Display (HUD) conforme dinâmica de jogo modelada, a renderização do deck de peças do puzzle a serem distribuídas na matriz, o controle do *drag'n'drop* das peças com as células da matriz, e a verificação de respostas corretas do jogador conforme as tentativas de acerto realizadas pelo mesmo, são também executadas pela aplicação desenvolvida.

O carregamento das mídias do jogo é definido a partir das informações configuradas no JSON. Para tal, algumas propriedades referentes a sons tais como *backgroundSound*, *pressButtonSound*, *winnerSound* e *loserSound*, em conjunto com as propriedades referentes as imagens dos tokens, são utilizadas para indicar os caminhos de destino das respectivas mídias. Um *deck* de peças também foi disponibilizado para o jogo, o qual é preenchido na inicialização de cada partida com as imagens e dimensões indicadas para cada token no JSON.

A renderização do grid é feita a partir da inclusão de componentes *zone* do *Phaser3*, de acordo com as dimensões informadas pelos elementos *columns* e *rows*. Cada zone efetua o controle do *drag'n'drop* (arrastar e soltar) das peças do jogo, centralizando peças parcialmente colocadas nas respectivas células da matriz do puzzle configurado. Eventos de entrada e saída do mouse e das peças nas zones também são gerenciados para fins de alterações de cores e consequente indicação de status do *drag'n'drop* para os respectivos jogadores.

Com relação aos HUDs do jogo, estes podem exibir: o tempo que o jogador ainda tem disponível para acertar o puzzle, o número de vidas que o jogador ainda possui na partida, a quantidade de acertos que o jogador conseguiu com a tentativa realizada, e o número de tentativas realizadas pelo jogador. Desta forma, tem-se possibilidades diversas de configuração de dinâmicas capazes de gamificar um simples

```

export var gameConfig = { id:"ciclo-cardiaco", title:"Ciclo Cardíaco",
  subTitle:"Posicione as fichas em sequência, de acordo com as fases ...",
  timeLimit:120, livesLimit:3,
  timeText:"Tempo:", livesText:"Vidas:", scoreText:"Acertos:",
  attemptsText:"Tentativas:", backgroundImage:"", backgroundSound:"looping.mp3",
  pressButtonSound:"press.wav", winnerSound:"ta-da.mp3", loserSound:"fail.mp3",
  verifyButtonText:"Corrigir Resposta", showAnswerButtonText:"Mostrar Resposta",
  nextSceneButtonText:"Próximo", wrongAnswerText:"Resposta errada! Tente ...",
  ...,
  tokens:[
    {id:"token1", image:"cardio1.png", valueRef:"1", height:96, width:96},
    {id:"token2", image:"cardio2.png", valueRef:"2", height:96, width:96},
    ...,
  ],
  columns:[{id:"c1", header:"1", width:96},
    {id:"c2", header:"2", width:96}, {id:"c3", header:"3", width:96},
    {id:"c4", header:"4", width:96}, {id:"c5", header:"5", width:96}
  ],
  rows:[{id:"r1", header:"", height:96}],
  fixed:[{id:"token4", columnId:"c1", rowId:"r1"}],
  answers:[
    [ {valueRef:"4", columnId:"c1", rowId:"r1", score:"1"},
      {valueRef:"1", columnId:"c2", rowId:"r1", score:"1"},
      ...,
    ],
    [ {valueRef:"2", columnId:"c1", rowId:"r1", score:"1"},
      {valueRef:"4", columnId:"c2", rowId:"r1", score:"1"},
      ...
    ],
  ],
}

```

Fig. 1. Exemplo parcial de uma configuração do modelo JSON representando um dos quebra-cabeças do ciclo cardíaco modelado.

drag'n'drop de peças de um puzzle conforme o interesse do desenvolvedor.

Dois botões também são colocados a disposição do jogador no HUD, os quais permitem: verificar se a resposta do jogador está correta, e mostrar uma das possíveis respostas corretas configuradas no JSON (caso a partida já tenha terminado). Ao pressionar o botão “Corrigir Resposta”, o aplicativo irá verificar se existe alguma combinação de peças distribuídas no puzzle cujos valores da propriedade *valueRef* se encontram em posições equivalentes conforme pelo menos uma dos vetores de posições indicado na matrix *answers* do JSON. Vale salientar que esta verificação de resposta só ocorrerá quando todas as peças do deck estiverem distribuídas na matriz do puzzle. A exibição de resposta do puzzle, ação efetuada quando se pressiona o botão “Mostrar Resposta”, também só ocorrerá quando todas as tentativas do jogador forem esgotadas. Caso um limite de tempo ou de tentativas não tenha sido configurado para o jogo, este botão não será exibido durante a partida.

Uma barra de mensagens também é disponibilizada no jogo, a qual permite exibir possíveis respostas do jogo com base nas interações realizadas pelo jogador. Dentre as respostas

possíveis, tem-se: informar que a resposta está certa ou errada, indicar que acabou o tempo ou as vidas disponíveis, avisar que todas as peças precisam estar distribuídas na matriz para que uma resposta possa ser avaliada, e explicar que algumas ações só podem ser feitas antes ou depois de terminar a partida.

E para finalizar, com relação aos elementos *extraTokens*, *extraCells* e *extraAnswers*, a aplicação gera uma camada extra de zonas nas células indicadas do grid do puzzle. Estas zonas são alocadas no centro ou nas extremidades *top* e *bottom* de cada célula, a depender da configuração indicada em *extraCells*. A propriedade *extraTokens* irá indicar peças extras que serão adicionadas ao deck de peças do jogo, e a propriedade *extraAnswers* irá indicar mais verificações por respostas válidas que serão efetuadas quando o jogador pressionar o botão “Corrigir Resposta” do jogo.

### C. Instrumento de Validação

A validação da versão digital do quebra-cabeça do ciclo cardíaco faz parte de um estudo aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Piracicaba (FOP - UNICAMP) sob o número CAAE: 10859119.0.0000.5418.

Foram convidados professores de Fisiologia de cursos da área da saúde de diferentes instituições de ensino superior públicas e privadas. Foi encaminhado, via e-mail, o convite para participação nesta pesquisa e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Os professores, que concordaram em participar do estudo, receberam, também via e-mail, instruções e links de acesso ao jogo e ao questionário para avaliação do mesmo elaborado no Google Forms.

Para efetuar a validação da versão digital do quebra-cabeça do ciclo cardíaco, foi utilizada uma adaptação do questionário de Savi et al. [26]. O objetivo deste questionário é verificar quão satisfatória foi a experiência do usuário em utilizar o jogo digital desenvolvido, indicando, numa escala de 1 a 7, se discordava totalmente (1) ou se concordava totalmente (7) com as afirmações apresentadas sobre o quebra-cabeça do ciclo cardíaco digital, após ter jogado o mesmo.

#### IV. RESULTADOS OBTIDOS

##### A. Protótipo Online

Para a produção da versão online do quebra-cabeça do ciclo cardíaco, foram utilizadas as figuras e respostas originais disponibilizadas no modelo físico. Neste sentido, 3 fases foram inicialmente produzidas, sendo que apenas as duas primeiras foram inicialmente disponibilizadas no protótipo online para fins de validação, o qual se encontra disponível em <https://ciclo-cardiaco.herokuapp.com/>. As fases disponibilizadas não apresentam limites de tempo ou tentativas, permitindo que o jogador possa errar quantas vezes forem necessárias para aprenderem as combinações corretas sugeridas como respostas para o ciclo cardíaco.

Na primeira fase, são apresentadas 5 imagens que mostram o caminho do sangue arterial e venoso no coração, bem como a contração e o relaxamento dos átrios e ventrículos. Cabe ao jogador acertar uma possível combinação válida entre duas configuradas identificadas como possíveis respostas válidas, através do posicionamento das peças nas células indicadas pela matriz do puzzle (Fig.2).

Na segunda fase, é apresentado um puzzle com cinco colunas e seis linhas. As colunas indicam as fases do ciclo cardíaco, estado atrial, estado ventricular, estado das válvulas atrioventriculares e estado das válvulas pulmonar e aórtica. As peças a serem colocadas indicam os nomes das fases do ciclo cardíaco, relaxamento ou contração atrial e ventricular, abertura e fechamento de válvulas e sons cardíacos. Cabe novamente ao jogador acertar uma possível combinação válida conforme as duas configuradas como possíveis respostas válidas, através do posicionamento das peças nas células indicadas pela matriz do puzzle (Fig.3).

Para a fase 3, tem-se a repetição do puzzle e das peças do design da fase 2, porém alocados como elementos fixos na matriz. Como um grid extra, são acrescentadas *bottom zones* vermelhas em cada célula da matriz, onde o jogador deve indicar de forma correta onde as duas peças de bulhas devem ser encaixadas. Na Fig. 4, é possível observar as zones extras e as peças referentes as bulhas, bem como um HUD com

limite de tempo e tentativas, impondo um desafio extra para o jogador nesta fase.

##### B. Resultados da Validação

Participaram do estudo dezessete professores de Fisiologia de cursos de graduação, sendo em sua maioria com mais de 2 anos de experiência de ensino do tema ao qual se refere o jogo em análise. Destes, 5 professores usam a versão impressa do quebra-cabeça do ciclo cardíaco em suas aulas.

Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela I em média e desvio padrão das respostas, os quais mostram uma avaliação positiva quanto à jogabilidade da versão digital do quebra-cabeça do ciclo cardíaco.

Tabela I  
MÉDIA E DESVIO PADRÃO DAS RESPOSTAS DOS PARTICIPANTES SOBRE O JOGO DIGITAL QUEBRA-CABEÇA DO CICLO CARDÍACO.

Itens avaliados	Média ± DP
Considerando as instruções e ações que o jogador deve fazer, é simples de usar.	6.00 ± 1.41
Aprendi a usá-lo rapidamente.	6.18 ± 1.19
Posso usar isso sem instruções adicionais.	5.41 ± 1.33
Eu lembro facilmente de como usá-lo.	6.53 ± 0.72
É divertido de usar.	6.59 ± 0.71
É agradável visualmente para usuário.	5.41 ± 1.62
Eu posso usá-lo com sucesso todas as vezes.	6.12 ± 1.17
Posso me recuperar dos erros de forma rápida e fácil.	5.41 ± 2.06
Os usuários ocasionais e regulares gostariam disso.	5.94 ± 1.60
Funciona do jeito esperado, conforme proposto.	5.82 ± 1.91
É útil.	6.88 ± 0.49
Estou satisfeito com o jogo, como estratégia de ensino.	6.59 ± 0.87
Considerando os conhecimentos prévios necessários, sobre o tema, é fácil de usar.	6.00 ± 1.62
Apresenta o mínimo de etapas possíveis para ensinar o tema proposto.	6.35 ± 0.93
Torna o que quero ensinar mais fácil de aprender.	6.47 ± 0.87
Pode me ajudar a utilizar melhor o tempo para ensino deste tema.	6.59 ± 0.62
Faz tudo o que eu esperaria que fizesse.	5.71 ± 1.57
Atende as minhas necessidades.	6.18 ± 1.13
A partir desta experiência, usaria com meus alunos.	6.18 ± 1.42
Eu recomendaria a outro professor.	6.88 ± 0.33
Não percebo inconsistências à medida que o uso.	5.65 ± 1.77

Como pontos positivos, os professores indicaram a facilidade de uso do jogo digital, e sua ludicidade, por permitir o aprendizado por meio do erro e acerto, de forma divertida e agradável. Destacaram também que o jogo exige raciocínio e não simples memorização. Dentre as frases usadas pelos professores, pode-se destacar: “muito fácil de usar”, “fácil de jogar”, “atrativo”, “divertido”, “intuitivo”, “didático”, “útil”, “lúdico”, “permite que o aluno entenda o ciclo cardíaco de forma completa e integrada”, “facilidade no manuseio das figuras”, “plataforma simples e objetiva nas orientações e na visualização dos seus constituintes”, “permite aprender e fixar conhecimento de modo interativo”, “boa relação das imagens com o que se quer que seja preenchido”, “facilidade de corrigir os possíveis erros”, “criativo e convidativo”, “interacionista que utiliza de raciocínio e interpretação”, “contempla praticamente todos os eventos do ciclo cardíaco”, “desafia o

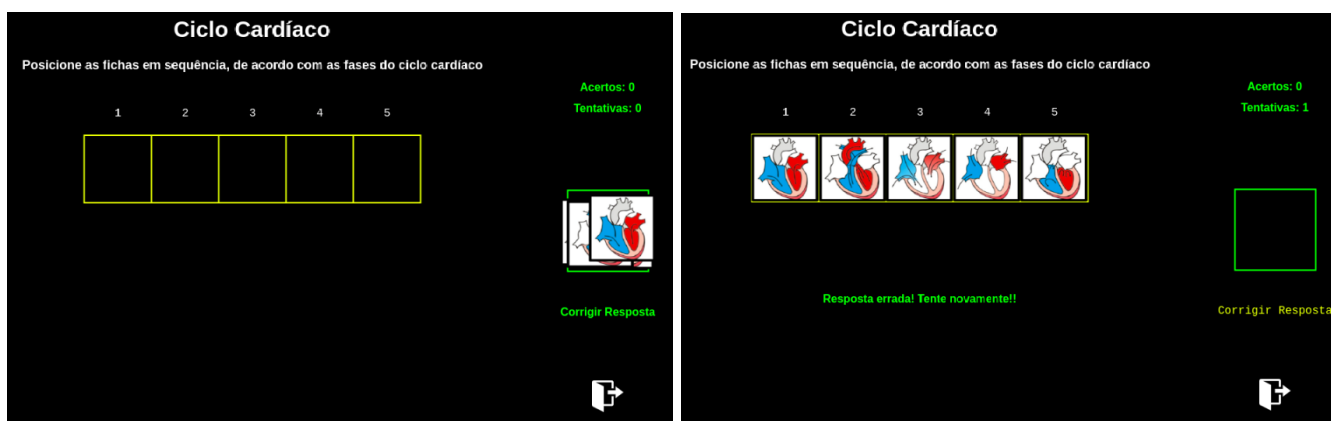


Fig. 2. Primeira fase da versão digital do quebra-cabeça do ciclo cardíaco.

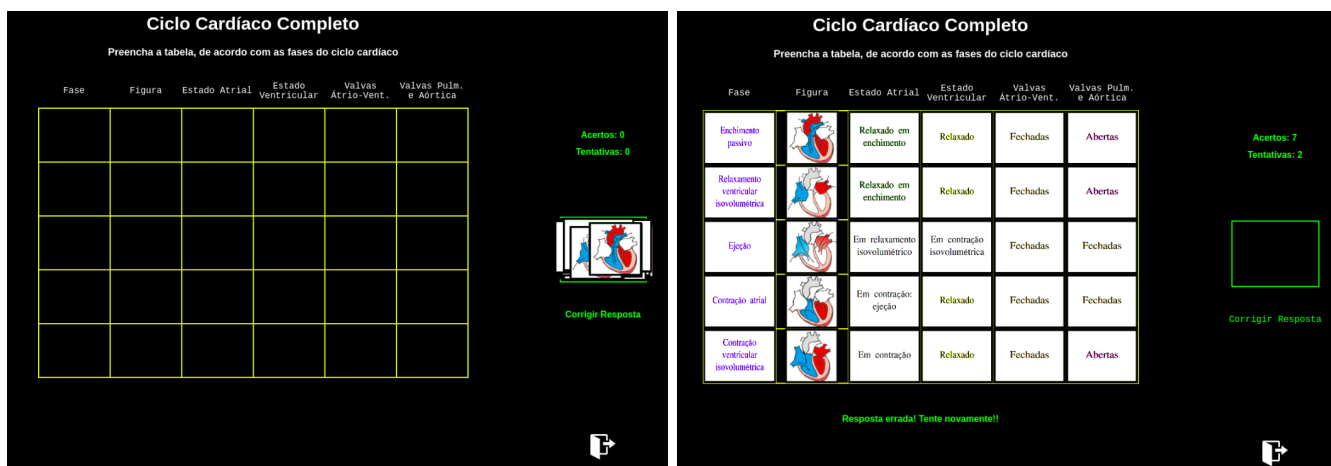


Fig. 3. Segunda fase da versão digital do quebra-cabeça do ciclo cardíaco.

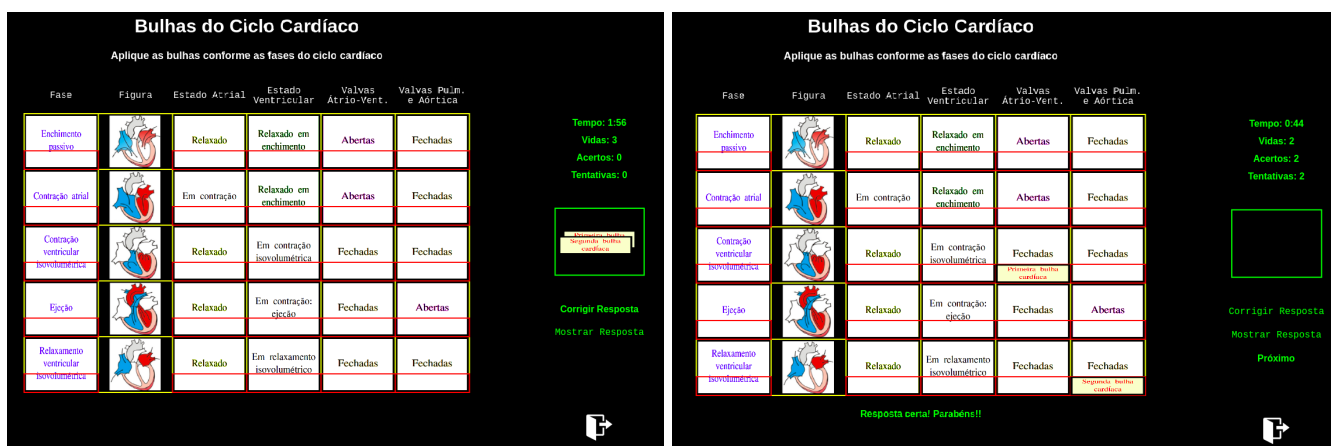


Fig. 4. Terceira fase da versão digital do quebra-cabeça do ciclo cardíaco.

conhecimento do jogador”, “fixação do conteúdo é permitida de maneira lúdica e agradável”, “motivação pelo acerto, o que acaba por fixar o aprendizado”, “aprendizado com associação de imagens e ordem cronológica dos eventos”, “cores estão bem nítidas”, “boa opção para atividades remotas de reforço de conteúdo”, “versão online é muito útil no momento atual de ensino remoto”, e “uso em diversos locais, desde que haja um computador com acesso à internet, sem necessidade de material impresso”.

Dentre os pontos negativos identificados, para alguns dos avaliadores, as figuras utilizadas na primeira fase se mostraram pequenas demais: “primeira fase apresenta figuras muito pequenas, que não discriminam, por exemplo, o sentido das flechas (do fluxo sanguíneo)”, “figuras com tamanho um pouco reduzido”, “figuras podiam ser mais claras na diferença entre elas”, “direção do fluxo poderia ser indicada por setas”, “figuras um e cinco do ciclo necessitam de melhor demarcação”, e “achei um pouco confuso a imagem do coração e deste modo, difícil de identificar mais claramente a sequência do ciclo”.

Também foram identificados problemas relacionados ao tamanho da tabela da fase 2, tais como: “fase 2 particularmente ampla e talvez complexa para uma única fase”, “disposição das cartas na segunda fase não permite visualizar todas ao mesmo tempo”, “imagem da tabela da fase 2 não aparece completa na tela, sugiro que seja adaptada ao tamanho da tela”, “imagem completa da tabela, com as 5 fileiras, só apareceu ao acessar pelo celular, mas não pelo computador”, e “interface me incomodou um pouco e o fato de todas as figuras/textos estarem agrupadas no início das atividades atrapalhou minha experiência”.

A ausência de um tutorial, bem como de informações gerais de orientação no jogo também foram relatadas pelos professores: “ausência de instruções iniciais sobre o funcionamento do jogo”, “descrição do jogo precisam estar bem claras para que atinjam os resultados propostos sem trazer angústia ao estudante”, e “não informa ao aluno a partir de qual fase do ciclo deve iniciar o preenchimento da atividade”.

Comentários referentes a própria lógica do jogo em si também foram relatados: “algumas respostas são um pouco confusas”, “discernir entre relaxado e relaxado em enchimento às vezes não é tão óbvio”, “dificuldade em perceber os erros”, “pequena confusão que os nomes dos estados atriais/ventriculares podem gerar, conforme comentado acima”, e “falta de algum exercícios referentes a ECG, 1a e 2a bulhas, e períodos da sístole e da diástole”.

Alguns pontos referentes a possíveis problemas de usabilidade também foram identificados pelos jogadores, tais como: “palavra *corrigir* gerou a ideia de que nela precisaria clicar no caso de objetivar alterar as minhas respostas e não que o sistema corrigiria o que eu havia preenchido para emissão de um feedback”, “talvez a música possa incomodar a concentração dos alunos”, “não identifiquei uma possibilidade de seguir a frente, mesmo sem concluir a etapa”, “penso que seria interessante esta possibilidade em que o aluno pudesse *pular* alguma opção”, e “como só existe um feedback do número de acertos achei complicado identificar qual o local

do erro”.

Por fim, alguns problemas relacionados ao desempenho do jogo, os quais podem ser justificados pela demora no upload de arquivos pelo Heroku, foram apontados, tais como: “jogo trava muito”, e “parece que o jogo não está funcionando bem”.

Como relação as sugestões levantadas pelos avaliadores do jogo, foram identificadas a necessidade de: melhorar a explanação das informações do jogo, melhorar a organização das etapas do jogo em si, acrescentar níveis de dificuldade no jogo, apresentar explicações e dicas sobre os erros, apresentar os erros e acertos na tabela, permitir a configuração de com ou sem áudio no jogo, apresentar mensagens de erro direcionadas ao que está errando no jogo, incluir recursos de gamificação como bônus e moedas para compra de dicas, adicionar opções extras de navegação entre as fases do jogo, aumentar as imagens das figuras da primeira fase, ajustar cores das respostas da segunda fase conforme cada coluna da tabela, permitir a visualização de todas as peças da fase 2, e explorar novas opções de atividades para o jogo tais como condução elétrica no coração e neurofisiologia.

## V. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Este artigo apresentou o desenvolvimento e a validação de uma versão digital do jogo de quebra-cabeça do ciclo cardíaco. Para tal, foram descritas: as adaptações digitais realizadas com relação ao jogo físico; os detalhes de implementação realizados para a interpretação de um modelo JSON representativo do jogo; o protótipo online desenvolvido e disponibilizado; e o processo de validação da versão digital por parte dos professores de Fisiologia de cursos de graduação.

Com relação a abordagem de implementação utilizada, aplicou-se uma estratégia de análise de domínio, a qual permitiu a representação dos requisitos do jogo focando na explícita representação e manipulação da variabilidade do sistema e no seu reuso sistemático por parte dos artefatos implementados [27]. Como resultado, tem-se no arcabouço implementado para a versão digital do quebra-cabeça do ciclo cardíaco uma solução de linha de produto de software capaz de ser estendida para diferentes domínios educacionais interessados na representação de quizzes gráficos no formato puzzle com interação drag’n’drop.

Com relação aos resultados de validação obtidos, estes indicam que a versão digital do quebra-cabeça do ciclo cardíaco, além de ser agradável de se usar, também apresenta facilidade de uso e de compreensão daquilo que o jogador deve realizar nas fases propostas. Com base nesta avaliação, estes dados sugerem que a utilização da versão digital pode ser um recurso didático tão eficiente quanto a versão original impressa. E, para isto, está previsto um estudo futuro para avaliar a percepção discente e seu efeito sobre o aprendizado.

O jogo digital pode ainda representar um recurso adicional para estudo individual, após a realização de atividades em grupo, como um recurso para fixação da aprendizagem, que poderá ser acessado em diferentes momentos e locais pelos alunos. Neste sentido, tem-se na versão digital do quebra-cabeça do ciclo cardíaco um recurso de aprendizagem ativa

capaz de ser utilizado por estudantes de graduação interessados no aprendizado de fisiologia cardíaca.

Por fim, vale destacar que, embora o jogo tenha sido desenvolvido para substituição de aula teórica sobre o ciclo cardíaco, ele pode ser adaptado aos objetivos de aprendizagem do professor, cronograma da disciplina, infraestrutura física e de pessoal da instituição de ensino em que será utilizado. Neste contexto, a versão digital amplia as possibilidades de adaptação de uso deste recurso didático.

#### REFERÊNCIAS

- [1] R. N. D. C. de Abreu, A. M. Sousa, L. M. Dias, G. H. Almeida, M. A. R. Diógenes, and T. M. M. Moreira, “Educação em saúde para prevenção das doenças cardiovasculares: experiência com usuários de substâncias psicoativas,” *Espaço para Saúde*, vol. 15, no. 3, pp. 13–21, 2014.
- [2] S. A. Azer, “Mechanisms in cardiovascular diseases: how useful are medical textbooks, emedicine, and youtube?” *Advances in physiology education*, vol. 38, no. 2, pp. 124–134, 2014.
- [3] D. C. Malta, L. d. Moura, R. R. d. Prado, J. C. Escalante, M. I. Schmidt, and B. B. Duncan, “Chronic non-communicable disease mortality in Brazil and its regions, 2000–2011,” *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, vol. 23, no. 4, pp. 599–608, 2014.
- [4] G. de Almeida Borges, C. O. de Cerqueira Lima, E. M. Granjeiro, V. T. Sarinho, and R. A. Bittencourt, “Body: Um jogo digital educacional de tabuleiro na área de fisiologia humana,” pp. 412–420, 2016.
- [5] N. A. N. Berbel, “As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes,” *Semina: Ciências Sociais e Humanas*, vol. 32, no. 1, pp. 25–40, 2011.
- [6] L. M. R. Tarouco, L. C. Roland, M.-C. J. M. Fabre, and M. L. P. Konrath, “Jogos educacionais,” *RENTE: revista novas tecnologias na educação [recurso eletrônico]*. Porto Alegre, RS, 2004.
- [7] L. M. L. Campos, T. M. Bortoloto, and A. K. C. Felício, “A produção de jogos didáticos para o ensino de ciências e biologia: uma proposta para favorecer a aprendizagem,” *Caderno dos núcleos de Ensino*, vol. 3548, 2003.
- [8] A. A. d. Oliveira Neto and S. A. B. Ribeiro, “Um modelo de role-playing game (rpg) para o ensino dos processos da digestão,” 2012.
- [9] F. K. Marcondes, M. J. Moura, A. Sanches, R. Costa, P. O. de Lima, F. C. Groppo, M. E. Amaral, P. Zeni, K. C. Gavião, and L. H. Montezor, “A puzzle used to teach the cardiac cycle,” *Advances in Physiology Education*, vol. 39, no. 1, pp. 27–31, 2015.
- [10] J. Kirriemuir and A. McFarlane, “Literature review in games and learning,” 2004.
- [11] J. Mattar, “Games em educação: como os nativos digitais aprendem,” 2010.
- [12] L. M. S. Barbosa, “Projeto de trabalho: uma forma de atuação psicopedagógica,” *Curitiba: Mont*, 1998.
- [13] R. Savi and V. Ulbricht, “Jogos digitais educacionais: benefícios e desafios. cinted-ufrgs. rente: revista novas tecnologias na educação. 2008,” 2018.
- [14] R. Machado, “Fator diversão na produção de um jogo eletrônico educativo,” *Anais do SBGames*, vol. 2014, 2014.
- [15] F. Bueno, “Jogo educacional para ensino de Estatística,” *Proceedings do SBGames 2010*, 2010.
- [16] K. B. Satrio, M. Solehuddin, and I. Saripah, “What generation z needs in education: A survey,” in *Proceedings of the 2020 The 6th International Conference on Frontiers of Educational Technologies*, 2020, pp. 30–33.
- [17] E. A. Akl, K. M. Sackett, R. Pretorius, P. S. S. Bhoopathi, R. Mustafa, H. Schünemann, and W. S. Erdley, “Educational games for health professionals,” *Cochrane Database of Systematic Reviews*, no. 1, 2008.
- [18] C. Nøhr and J. Aarts, “Use of “serious health games” in health care: a review,” *Information Technology in Health Care: Socio-technical Approaches 2010: from Safe Systems to Patient Safety*, vol. 157, p. 160, 2010.
- [19] V. Šisler and C. Brom, “Designing an educational game: Case study of ‘Europe 2045’,” in *Transactions on Entertainment I*. Springer, 2008, pp. 1–16.
- [20] V. Wattanasontorn, I. Boada, R. García, and M. Sbert, “Serious games for health,” *Entertainment Computing*, vol. 4, no. 4, pp. 231–247, 2013.
- [21] B. Sawyer, “From cells to cell processors: the integration of health and video games,” *IEEE computer graphics and applications*, vol. 28, no. 6, pp. 83–85, 2008.
- [22] F. Marcondes and M. Amaral, “Entendendo a fisiologia do coração por meio de um quebra-cabeças,” *Carlos Eduardo Signorini, Olavo Raymundo Jr., Roselaine Ripa. Práticas Pedagógicas no Ensino Superior. Ed. Fundação Hermínio Ometto-UNIRARAS*, 2014.
- [23] Z. Michalewicz, N. Falkner, and R. Sooriamurthi, “Puzzle-based learning: An introduction to critical thinking and problem solving,” *decision line*, vol. 42, no. 5, pp. 6–9, 2011.
- [24] L. T. Cardozo, A. S. Miranda, M. J. C. S. Moura, and F. K. Marcondes, “Effect of a puzzle on the process of students’ learning about cardiac physiology,” *Advances in physiology education*, vol. 40, no. 3, pp. 425–431, 2016.
- [25] L. T. Cardozo, F. K. Marcondes, and M. S. M. Carvalho, *Promovendo o aprendizado e reduzindo a ansiedade dos alunos com jogo educacional e avaliações formativas*. Editora IGM, Quirinópolis - GO, 2020.
- [26] R. Savi, C. G. Von Wangenheim, V. Ulbricht, and T. Vanzin, “Proposta de um modelo de avaliação de jogos educacionais,” *RENTE-Revista Novas Tecnologias na Educação*, vol. 8, no. 3, 2010.
- [27] S. Apel, D. Batory, C. Kästner, and G. Saake, *Feature-oriented software product lines*. Springer, 2016.