

Heart Wars: um exergame de batalha controlado por dispositivos vestíveis

Ulysses Rocha², Davi Oliveira¹, Larissa Carvalho¹,
Leonardo Moreira¹, Windson Viana¹

¹Instituto Universidade Virtual (UFC Virtual)
Universidade Federal do Ceará (UFC)
Fortaleza – CE – Brasil

²Departamento de Telemática
Instituto Federal do Ceará (IFCE)
Fortaleza – CE – Brasil

ulysses.ifce@gmail.com, {davicabral94, laarissalima.11}@gmail.com
{leoomoreira, windson}@virtual.ufc.br

Abstract. *Smartphones and wearable computing elements are now widespread, and represent an ideal platform for creating Exergames. This paper presents Heart Wars, a mobile serious game in which users control the application with biometric heart rate data. The proposed Exergame inserts game elements in the physical activity trying to minimize loss of concentration and user's focus in the exercise. Heart Wars was developed supervised by physical education professionals and aims to increase the performance and the engagement of the exercise by the users. The mobile application was submitted to an usability evaluation with 10 users. In the investigated group, there was a good acceptance of the proposal concerning its aspects of design, motivation and engagement.*

Resumo. *Smartphones e elementos computacionais vestíveis estão disseminados no uso cotidiano e apresentam uma plataforma ideal para a criação de Exergames. Este artigo apresenta o Heart Wars, um jogo sério móvel no qual o usuário controla a aplicação com os dados biométricos da sua frequência cardíaca em tempo real. O Exergame proposto insere elementos de jogos na atividade física ao mesmo tempo em que minimiza as perdas de concentração e foco do usuário no exercício. Heart Wars foi desenvolvido sob orientação de profissionais de educação física e busca aumentar o desempenho e o engajamento do exercício por parte dos usuários. O jogo foi submetido a avaliações de usabilidade com 10 usuários. No grupo investigado, houve boa aceitação da proposta quanto a seus aspectos de design, motivação e engajamento.*

1. Introdução

Smartphones estão se tornando os dispositivos computacionais mais presentes nas atividades pessoais e profissionais do ser humano. Eles são verdadeiros centros de informação e entretenimento, equipados com diversos sensores e acesso quase contínuo a redes de comunicação. A tendência para seu futuro é a forte integração com outros dispositivos do ambiente e a uma série de sensores vestíveis capazes de monitorar a situação do usuário,

inclusive dados relacionados a sua condição física [Islam and Want 2014]. A Computação Vestível, do inglês *Wearable Computing*, pesquisa exatamente a incorporação dos dispositivos computacionais à vestimenta do usuário com intuito de prover acesso à informação de forma ubíqua sem interferir fortemente na atividade desempenhada pelo usuário no mundo real [Amft and Lukowicz 2009]. Uma das vertentes mais importantes da Computação Vestível é o monitoramento de sinais corpóreos com seu uso nos sistemas médicos e no acompanhamento do treinamento físico. Um exemplo são os dispositivos do Adidas miCoach [Porta et al. 2012] que monitoram velocidade e batimentos cardíacos e se conectam com um aplicativo móvel que promove orientação e os resultados.

A pesquisa se insere no contexto de Computação Vestível integrada a *smartphones* com intuito de potencializar o treinamento físico por meio de jogos. *Exergames* (EXG) constituem essa categoria de jogos concebidos com intuito de divertir e ao mesmo tempo proporcionar atividade física aos seus usuários [Pereira JC 2012]. Os *exergames* podem ser aplicados para aumentar a motivação na prática do exercício, aumentar o gasto calórico e também na reabilitação de movimentos. As plataformas alvo dos *exergames* variam desde de jogos para consoles tradicionais que exploram os recursos de acelerômetros dos controles [Clua 2014], jogos que empregam câmeras e sensores do Kinect para o monitoramento dos movimentos do jogador [Maneck Malfatti and Yepes 2014][Ubisoft 2015] e jogos voltados para *smartphones*, que incorporam dados dos sensores do dispositivo (GPS, acelerômetro) nas mecânicas do jogo [SixToStart 2015]. O aplicativo *Zombie Run!* [SixToStart 2015], por exemplo, é um jogo móvel imerso no universo de zumbis que envolve exercício físico, em particular corrida de rua. Neste jogo, o jogador tenta sobreviver recolhendo itens espalhados pela cidade e deve evitar ser atacado pelos zumbis. As missões são projetadas a partir de programas de treinamento físicos de corrida.

Estudos apontam a eficácia no aumento da atividade física com o uso dos *exergames* [Pereira JC 2012]. A proposta desta pesquisa é conceber um *exergame* para promover o treinamento físico através do aumento da motivação e do engajamento dos usuários. O jogo, chamado de *Heart Wars*, é um *exergame* móvel com baixa interação, controlado a maior parte do tempo apenas pelos batimentos cardíacos dos usuários. O jogo foi concebido junto a profissionais de Educação Física e segue programas de treinamento tradicionais para atividades de aquecimento em academia. Os *exergames* tem um espectro amplo de aplicação dentro das áreas de Fisioterapia [Maia et al. 2013] e Educação Física [Pereira et al. 2013]. Nossa pesquisa se concentrou na busca de trabalhos relacionados a prática do exercício, do aumento da motivação e do gasto calórico. O jogo *Your Shape Fitness Evolved 2012* [Ubisoft 2015], por exemplo, tem como objetivo a queima de calorias, por meio de exercícios, ao mesmo tempo que o jogador se diverte. Este jogo do console Xbox 360 possui recursos para que o jogador adapte o exercício ao seu ritmo. Durante cada exercício, o jogador recebe instruções de cada movimento e o jogo avalia, por meio do uso do Kinect, a eficácia do exercício realizado. A cada avanço, o jogo propõe exercícios mais exigentes.

Já o aplicativo *Zombie, Run!* [SixToStart 2015] é um jogo móvel de imersão no universo de zumbis focado na prática da corrida de rua. Neste jogo, o jogador tenta sobreviver recolhendo itens espalhados pela cidade, tais como suplementos de vida, armas e ração humana. Como aspectos de monitoramento do desempenho, o jogo mostra a distância percorrida, o tempo gasto, a velocidade média e as calorias perdidas durante

a prática do exercício por meio do jogo. O trabalho proposto por [Morelli et al. 2010] apresenta um jogo, denominado VI Bowling, é um exergame que se serve de um controlador de sensores de movimento de baixo custo. Do ponto de vista de interação com o jogo, o usuário utiliza as tecnologias tátil e de áudio, explorando a radiestesia tátil que é um técnica para a realização de desafios orientado pelas metodologias de aprendizagem motora. O VI Bowling é considerado um exergame voltado para pessoas que possuem deficiência visual que trata aspectos motores e exercícios físicos. O restante deste artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 expõe os princípios fundamentais que nortearam a concepção do jogo. A Seção 3 descreve a narrativa, as mecânicas, o *gameplay* e arquitetura do Heart Wars. Os resultados de uma avaliação inicial de jogabilidade e usabilidade do aplicativo feita com dez usuários são expostos na Seção 4. E por fim, na Seção 5, são descritas as considerações finais deste artigo.

2. Princípios de Design do Heart Wars

2.1. Smartphone como Plataforma Alvo

Alguns *exergames* exigem a montagem de um aparato no ambiente de execução do exercício que dificultam sua disseminação [Pereira JC 2012]. Na concepção do Heart Wars, optou-se por um cenário de utilização que requer apenas um *smartphone* acoplado a um relógio dotado de sensores ou um monitor cardíaco externo conectado ao dispositivo via *bluetooth*. *Smartphones* são extremamente comuns no Brasil e muitos praticantes de atividades físicas já aderiram ao uso de monitores de frequência cardíaca. Desta forma, espera-se atingir um público bem maior com essa escolha de *design*.

2.2. Gamificação sem Comprometimento Físico

O objetivo central do Heart Wars é introduzir elementos de jogos (diversão, competição, pontuação, recompensa) nas atividades maçantes de aquecimento dos treinos em academia (em geral, esteira e bicicleta ergonômica). Entretanto, o jogo deve respeitar as diferenças de condicionamento físico dos usuários e evitar fadigas causadas por excessos. Para isso, entrevistas com educadores físicos foram realizadas e se adotaram programas de treinamentos tradicionais como guias de desempenho do jogo. Elementos de punição também foram inseridos para evitar *overtraining* e o estresse muscular decorrente.

2.3. Minimização da Interação com o Usuário

Um dos requisitos fundamentais do Heart Wars era evitar ao máximo interações com o dispositivo (gestos na tela) e não exigir foco do usuário nas imagens do jogo. O intuito era não atrapalhar o treinamento e nem causar acidentes. Dessa forma, optou-se por um *feedback multimodal* do jogo com sons e elementos visuais que informam o progresso do usuário. Além disso, o controle dos personagens do jogo é feito por um sensor cardíaco externo que não exige interação manual durante as execuções do jogo.

3. Arquitetura e Game Design do Heart Wars

A história do jogo se passa em um cenário fictício, onde um exército de corações guerreiros controlados por *Heart*, o *Bárbaro* irá passar por desafios para conseguir levar o tesouro de volta a sua terra natal. Entretanto, durante esse caminho eles enfrentarão inimigos que almejam o tão precioso tesouro.

A Figura 1 ilustra esses personagens, do lado esquerdo da imagem podemos ver o exército de *Heart, o Bárbaro*. Neste momento, eles se encontram na cidade e estão em guerra contra o exército inimigo, visto do lado direito da imagem. No lado superior esquerdo, encontra-se o cronômetro que indica o tempo remanescente de exercício a ser realizado. No lado superior direito, são exibidas as pontuações, na caixa de texto mais acima, o jogador estará se deparando com sua melhor pontuação, e na caixa abaixo, ele terá em tempo real o valor de sua pontuação corrente que é composta pelo número de inimigos eliminados, as calorias perdidas, o tempo de permanência em jogo e o número de aliados vivos no seu exército.

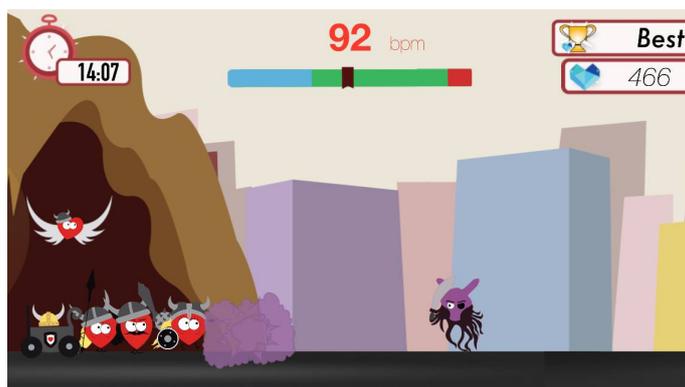


Figura 1. Gameplay no ritmo adequado, dentro do intervalo verde da barra

Heart Wars é um jogo de sobrevivência em um período de tempo escolhido pelo jogador, entretanto não possui distinção de fases. O *game* é estruturado em seis “batalhas” distintas, que serão jogadas durante o exercício físico. A Figura 2 mostra a tela de seleção de treino e tempo de exercício. Os treinos foram feitos com base nos treinos padrões de equipamentos aeróbicos, o jogo altera o ritmo cardíaco exigido com base no ritmo do treino, por exemplo, o treino 2 da Figura 2, terá crescimento gradual onde na metade do exercício haverá esforço máximo, sendo este reduzido até o fim do exercício. Vale enfatizar que os limites são calculados utilizando a idade, peso e altura do jogador e uma autoavaliação de preparo físico, assim o jogo busca nunca exigir uma frequência cardíaca que possa ser perigosa ao usuário.



Figura 2. Tela de seleção de treinos

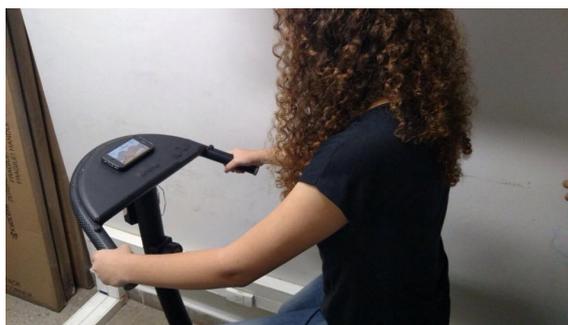


Figura 3. Um exemplo de cenário de utilização do jogo

A Figura 3 apresenta um exemplo de cenário de utilização do jogo, o qual pode ser jogado em qualquer aparelho para o exercício cardiovascular, tais como: esteira e bicicleta ergométrica. O usuário inicia a aplicação e configura o treinamento antes de começar a atividade física e durante o exercício não precisará interagir com o jogo usando as mãos a menos que queira pará-lo ou reiniciá-lo.

3.1. Mecânica do Jogo

O jogo possui apenas uma forma de controle, o ritmo do batimento cardíaco que é recebido através de um monitor de batimentos e transmitido via *bluetooth*. O número de batimentos influencia na mecânica e altera a música e o cenário, dando ao usuário maior imersão e um *feedback* auditivo. De acordo com a “batalha” escolhida, o jogo irá incentivar o jogador a manter seu ritmo ideal (i.e, manter a frequência cardíaca na faixa verde), levando também em consideração a idade, peso e altura do usuário para estipular os valores seguros e eficientes. Uma vez em jogo, deve manter a frequência cardíaca ideal para cada parte do treino. Caso o jogador mantenha-se nesse ritmo os ataques do exército serão bem sucedidos, mas se estiver abaixo ou acima, ele sofrerá danos, perdendo assim soldados do seu exército. O jogo termina quando o tempo de partida acaba ou quando o usuário perde todos os guerreiros do seu exército. Por exemplo, na Figura 1, o usuário está progredindo na intensidade correta, pode-se perceber isto por meio da posição do marcador de batimentos que se encontra na faixa verde. Já na Figura 4, o jogador está abaixo da intensidade desejada, portanto, está sendo penalizado no jogo tendo os seus guerreiros destruídos pelos inimigos. A penalização é similar caso a frequência cardíaca esteja acima da intensidade desejada no exercício como exposto¹ na Figura 5.

3.2. Arquitetura do Aplicativo

A arquitetura proposta prevê a conexão de sensores cardíacos externos ao dispositivo móvel para controlar as interações com o *game*. O sistema operacional *mobile* iOS foi o escolhido para o seu desenvolvimento, em especial, por dispor de bibliotecas de fácil programação voltadas para aplicações de *Health Care* e jogos 2D. A Figura 6 mostra a divisão da arquitetura em quatro módulos principais, sendo três desses módulos internos ao dispositivo *mobile* e um externo. O módulo externo é um sensor cardíaco *bluetooth* que pertence a um *wearable device*. Este sensor envia para o *smartphone* a frequência cardíaca do usuário em tempo real. Os dados fornecidos são distribuídos para o *Health Kit* [Apple 2013] e o *Sprite Kit* através do módulo *bluetooth* do *smartphone*.

¹O link do video da aplicação <https://youtu.be/FrjB5sWXJuw>



Figura 4. *Gameplay* no ritmo abaixo do esperado, intervalo azul da barra.

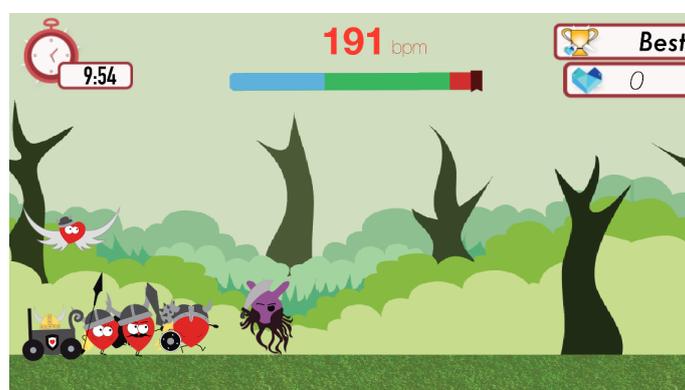


Figura 5. *Gameplay* no ritmo acima do esperado, intervalo vermelho da barra.

O *Health Kit* é um *framework* nativo do sistema iOS que funciona como repositório de informações sobre a saúde do usuário, tais como: peso, altura, frequência cardíaca, gasto calórico etc. Na aplicação os dados cardíacos e de gasto calórico são armazenados no *Health Kit*, além disso as informações de peso, altura e idade são obtidas do repositório.

4. Avaliação de Usabilidade e Jogabilidade

Uma avaliação inicial de usabilidade foi aplicada com objetivo de mensurar a viabilidade técnica do jogo e seu grau de aceitação por parte de praticantes de atividades físicas.

4.1. Usuários

Os usuários que participaram do experimento foram convidados de forma aleatória e por conveniência em uma academia de treinamento físico parceira da instituição na qual o jogo foi desenvolvido. Antes do início do jogo, o questionário abaixo foi aplicado.

- P1- Qual seu sexo? P2- Quantos anos você tem?
- P3- Quantas vezes na semana você faz exercício físico?
- P4- Você se considera sedentário, atleta ou praticante casual de exercícios?
- P5- É ou já foi jogador assíduo de jogos digitais?
- P6- Já fez uso de recursos tecnológicos para melhorar o treinamento físico?

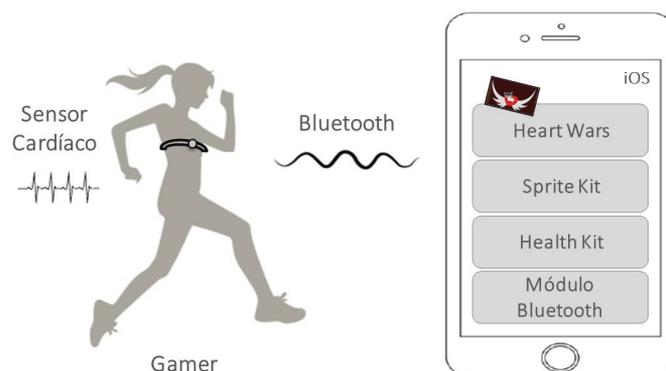


Figura 6. Visão Geral da Arquitetura

A Tabela 1 apresenta o perfil descoberto de cada um dos convidados. O grupo de dez usuários é composto por 8 homens e 2 mulheres. A maior parte dos testadores possuíam idade entre 23-26 anos. Quanto a autoavaliação de condição física, obtivemos que seis se consideravam sedentários e quatro se consideravam praticantes casuais de atividade física. Nenhum deles possuía conhecimento prévio sobre o jogo.

Tabela 1. Perfil do usuário pesquisado

Usuário	P1	P2	P3	P4	P5	P6
1	Feminino	23-26 anos	3 vezes	Casual	Sim	Não
2	Masculino	23-26 anos	Menos de 1 vez	Sedentário	Sim	Não
3	Masculino	23-26 anos	2 vezes	Sedentário	Sim	Não
4	Masculino	19-22 anos	Menos de 1 vez	Sedentário	Sim	Não
5	Masculino	23-26 anos	3 vezes	Casual	Não	Não
6	Masculino	19-22 anos	7 vezes	Casual	Sim	Não
7	Feminino	15-18 anos	1 vez	Sedentário	Não	Não
8	Masculino	23-26 anos	Menos de 1 vez	Sedentário	Sim	Não
9	Masculino	+ 30 anos	1 vez	Casual	Sim	Sim
10	Masculino	15-18 anos	Menos de 1 vez	Sedentário	Sim	Não

4.2. Materiais e Métodos

A avaliação foi realizada solicitando que cada usuário colocasse um monitor cardíaco *bluetooth* na altura do peito, colocasse fones de ouvido e jogasse por um período de 10 minutos em uma bicicleta ergométrica com o treino que preferisse. Ao final da partida, foi apresentado um questionário contendo 18 perguntas sobre avaliação da experiência de uso do jogo móvel. Esse questionário foi elaborado a partir das recomendações propostas por Savi *et al.* na montagem de instrumentos de avaliação de jogos sérios [Rafael Savi 2010]. Duas questões eram de texto aberto sobre sugestões de melhorias do aplicativo. Já as 16 afirmativas abaixo que aferem a motivação, imersão, divertimento e alguns aspectos de aceitação das interfaces tinham como opções de resposta a escala Likert:

q1 Durante o jogo me esforcei para conseguir bons resultados.

q2 Teve momentos em que me senti desmotivado e quis desistir do jogo.

- q3 Algumas coisas do jogo me irritaram.
- q4 Eu incorporaria esse jogo aos meus treinamentos.
- q5 Eu jogaria esse jogo novamente.
- q6 Acredito que o jogo me permitirá interagir com outros jogadores e ampliar minha motivação em melhorar o condicionamento físico.
- q7 Eu não percebi o tempo passar enquanto jogava.
- q8 Senti que estava tendo progresso durante o desenrolar do jogo.
- q9 Consegui entender a relação do meu desempenho no treino com a execução do jogo.
- q10 O nível de dificuldade estava ideal para o treinamento.
- q11 As mudanças de ritmo aumentavam meu engajamento.
- q12 As técnicas de gamificação adotadas me motivaram a executar o treinamento.
- q13 O *feedback* visual durante a execução foi o ideal.
- q14 O *feedback* sonoro ajudou na compreensão do jogo.
- q15 Os efeitos sonoros do jogo são agradáveis.
- q16 O *design* da interface do jogo é atraente.

4.3. Resultados e Discussão

Todos os usuários conseguiram executar corretamente o jogo durante os testes. A Figura 7 mostra o gráfico gerado a partir dos resultados obtidos da pesquisa com os usuários do jogo Heart Wars. Para a análise, combinamos quatro das cinco respostas do tipo Likert (isto é, concordo totalmente, concordo, discordo parcialmente e discordo totalmente) em duas categorias: concordo e discordo. Ao analisar o fator motivação, resultados da q1, q2, q6 e q12, o jogo teve um bom desempenho considerando que obtivemos através da média de respostas positivas para o fator em análise de 85% de satisfeitos contra apenas 10% de discordância. Sobre a imersão proporcionada pelo jogo, q7 e q9, o *game* obteve um excelente resultado, 95% das pessoas concordaram com as afirmativas relativas à imersão e somente 5% discordaram. Vale ressaltar que 100% dos usuários concordaram que não perceberam o tempo passar enquanto faziam o exercício. Quanto ao nível de desafio do jogo (questões 8, 10 e 11) foi obtido 96,6% de concordância e nenhum usuário insatisfeito. Em relação a importância do jogo para o usuário, a questão 4 obteve 100% de respostas positivas. Sobre a experiência do usuário durante o jogo (questões 3, 13, 14, 15, 16), foram obtidas 78% de respostas positivas contra apenas 8% de respostas negativas.

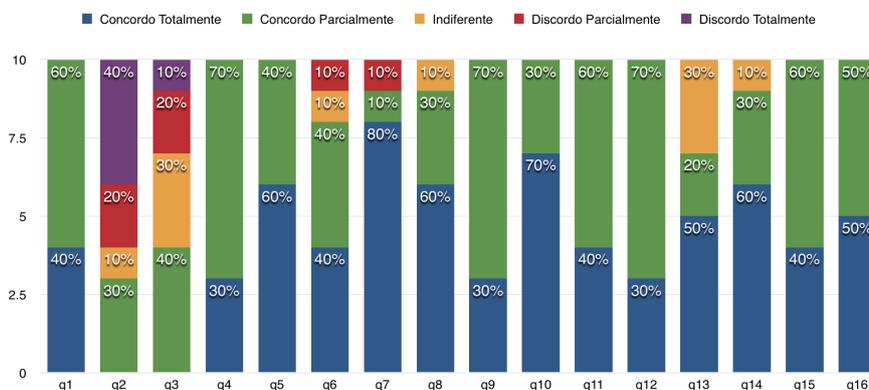


Figura 7. Gráfico dos resultados da pesquisa

As sugestões em aberto dos usuários se concentraram em melhorias no feedback sonoro, além de propostas para aumentar o engajamento. Por exemplo, um ranking social de pontuações que instigue a competitividade. É importante ressaltar que a avaliação foi feita em apenas uma execução. Os avaliadores estavam junto aos usuários, o que pode restringir o número de respostas negativas de aceitação. Apesar dessas ameaças à validade, os resultados são positivos e motivadores para a continuação da pesquisa.

5. Conclusões e Trabalhos Futuros

Neste trabalho, foram apresentados a concepção, o desenvolvimento e a avaliação de um *exergame* chamado *Heart Wars*. O jogo foi desenvolvido para a plataforma iOS e é apoiado em princípios como a minimização da interação do usuário e a gameficação sem comprometimento físico. As mecânicas do jogo são influenciadas pela frequência cardíaca do usuário e visam aumentar a imersão e a motivação nos treinos de aquecimentos em academia ou treinos em aparelhos de exercício doméstico. Uma avaliação de usabilidade foi aplicada com 10 usuários. Ela permitiu aferir a aceitação do produto e a validação do *design* proposto para um *exergame* motivacional para exercícios aeróbicos.

Como trabalhos futuros, pretende-se investigar alternativas para a melhoria do *feedback* sonoro, assim como, adaptar o jogo para uso em *smartwatches* que já possuem sensores de medição de frequência cardíaca. Uma avaliação de longo prazo com o uso contínuo do *game* deverá ser realizada a fim de verificar a sua eficácia na melhoria do desempenho nos exercícios físicos.

Referências

- Amft, O. and Lukowicz, P. (2009). From backpacks to smartphones: Past, present, and future of wearable computers. *Pervasive Computing, IEEE*, 8(3):8–13.
- Apple (2013). *HealthKit*. <https://developer.apple.com/healthkit/>.
- Clua, E. W. G. (2014). Jogos sérios aplicados a saúde. *Journal of Health Informatics*, 6.
- Islam, N. and Want, R. (2014). Smartphones: Past, present, and future. *Pervasive Computing, IEEE*, 13(4):89–92.
- Maia, D. C., Barros, S. L., Albiero, F. M., Nunes, M. A. S., DeSantana, J. M., and Macedo, H. T. (2013). Projetando serious games para tratamento do controle de tronco em pacientes com AVC. In *XIII Workshop de Informática Médica (WIN '13)*, CSBC '13, Maceió, AL, Brasil.
- Maneck Malfatti, S. and Yepes, I. (2014). Virtualbike: An exergame designed to cyclists. In *Virtual and Augmented Reality (SVR), 2014 XVI Symposium on*, pages 311–314.
- Morelli, T., Foley, J., and Folmer, E. (2010). Vi-bowling: A tactile spatial exergame for individuals with visual impairments. In *Proceedings of the 12th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility, ASSETS '10*, pages 179–186, New York, NY, USA. ACM.
- Pereira, J. C., Rodrigues, M. E., Campos, H. O., and Amorim, P. R. d. S. (2013). Exergames como alternativa para o aumento do dispêndio energético: uma revisão sistemática. *Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde*, 17(5):332–340.

- Pereira JC, Rodrigues ME, C. H. A. P. (2012). Exergames como alternativa para o aumento do dispêndio energético: uma revisão sistemática. *Rev Bras Ativ Fís Saúde*, 17(5):332–340.
- Porta, J. P., Acosta, D. J., Lehker, A. N., Miller, S. T., Tomaka, J., and King, G. A. (2012). Validating the adidas micoach for estimating pace, distance, and energy expenditure during outdoor over-ground exercise accelerometer. In *International Journal of Exercise Science: Conference Proceedings*, volume 2, page 23.
- Rafael Savi, Christiane Gresse von Wangenheim, V. U. T. V. (2010). *Proposta de um Modelo de Avaliação de Jogos Educacionais*. <http://www.seer.ufrgs.br/renote/article/download/18043/10630>.
- SixToStart (2015). *Zombies, Run!* <https://www.zombiesrungame.com/>.
- Ubisoft (2015). *Your Shape Fitness Evolved 2012*. <http://yourshapegame.ubi.com/fitness-evolved-2012/en-us/>.