

# Reconhecimento de movimento para validação de exercícios físicos executados por crianças em um exergame

Lucas de M. Carvalho, Carminda M. G. F. Lamboglia, José Eurico de V. Filho, Leandro L. Dias  
Laboratório de Inovação – NATI (Innolab), Universidade de Fortaleza, Fortaleza-CE, Brazil

## Resumo

A obesidade infantil é um problema de saúde pandêmico que atinge de forma crescente crianças de diferentes classes sociais. O presente trabalho propõe a utilização de um jogo sério para celulares na plataforma Android como ferramenta de apoio no combate à obesidade infantil. O jogo proposto implementa um enredo lúdico e imersivo que, por meio do personagem principal, convida a criança para praticar atividades físicas em uma metodologia que se estende à sua residência. Tendo em vista a possibilidade da execução incorreta dos movimentos pela criança quando fora da atuação direta do profissional da saúde, a ferramenta se utiliza da captura e reconhecimento de padrões de movimento dos exercícios propostos para registrar e avisar quando estes forem realizados incorretamente.

**Palavras chave:** Reconhecimento de movimentos, jogos sérios, aprendizado de máquina, inteligência artificial, obesidade infantil.

## Contato dos autores:

lucasdemoura@edu.unifor.br  
euricovasconcelos@unifor.br  
{carmindalamboglia,  
leandrosimoreg}@gmail.com

## 1. Introdução

A obesidade infantil é um dos males mundiais com fortes reflexos no Brasil. Segundo o censo do IBGE de 2010, uma em cada três crianças com idade entre 5 e 9 anos é diagnosticada com sobrepeso.

As novas tecnologias são apontadas por Silva et al. [2008] como um dos fatores para o agravamento da situação da obesidade. Baughcum et al. [2000] revelam que o tempo consumido na frente de aparelhos eletrônicos contribui para o aumento do sobrepeso e da obesidade, especialmente em crianças, o que nos revela uma associação positiva entre avanços tecnológicos e adoção de hábitos sedentários.

O presente trabalho tem como objetivo direcionar da forma correta a utilização das novas tecnologias aliadas à pesquisa para um papel diferente do de vilão, no que tange à obesidade infantil, transformando-as em aliadas no enfrentamento desse mal. Esta transformação pode ser viabilizada por meio de um exergame [Michael e Chen, 2006], que é uma ferramenta que combina exercício físico e jogo virtual. Para auxiliar na luta contra a doença, foi proposto um jogo sério e exergame como ferramenta de apoio, utilizando a imersão

proporcionada pelo universo lúdico dos jogos. O objetivo por trás do jogo é internalizar conceitos de hábito ativo e alimentação saudável, como também o aumento do tempo de execução de atividades físicas.

## 2. Trabalhos Relacionados

Existem vários jogos que possibilitam a prática de atividades físicas por meio de dispositivos móveis, mas em nenhum há uma validação da correção do movimento executado, razão pela qual os usuários conseguem facilmente burlar o jogo para atingir seu objetivo neste. Foi realizado um estudo bibliográfico e não foi encontrado nenhum artigo que abordasse o reconhecimento de movimentos em jogos para dispositivos móveis, porém o tema de reconhecimento de movimentos baseado em acelerômetro não é novo.

Reconhecimento de atividades baseada em sensores de ambiente tem recebido foco nos últimos anos. Sensores de movimento, sensores de contato de porta, objetos com *tags* RFID e câmeras de vídeo são alguns dos sensores de ambiente mais comumente usados para a coleta de informação relacionada à atividade [Anderson et al. 2007].

Os acelerômetros provaram ser eficazes sensores para reconhecimento de atividade humana. Alguns dos primeiros trabalhos de reconhecimento de atividades com sensores vestíveis utilizaram múltiplos acelerômetros colocados em diferentes partes do corpo.

Bao & Intille [2004] desenvolveram um sistema de reconhecimento para identificar vinte atividades por meio de acelerômetros bi-axiais colocados em cinco locais no corpo do utilizador. Estudos semelhantes têm foco em como se pode usar uma variedade de dispositivos baseados em acelerômetros para identificar uma série de atividades do usuário [Brezmes et al. 2009; Cho et al. 2008; Choudhury et al. 2008; Gyorbiro et al. 2008; Krishnan and Panchanathan, 2008].

Outros estudos têm sido realizados utilizando reconhecimento de movimento para outros fins, como por exemplo, para identificar o nível de atividade de um usuário e prever o seu consumo de energia [Inooka et al. 2006] e monitoramento, a fim de promover saúde e fitness [Anderson et al. 2007]. Kwapisz et al. [2010] utilizaram smartphones com a plataforma Android para reconhecer atividades muito simples como: caminhar, correr, subir e descer escadas, sentar e levantar. Yang [2009] desenvolveu um sistema de reconhecimento de atividade usando o telefone celular Nokia N95 para a distinção entre diferentes maneiras de se locomover. Brezmes et al. [2009] propõe um sistema de reconhecimento de atividade, usando novamente o

*smartphone* Nokia N95. Hache et al. [2010] utilizam um acelerômetro integrado com um *smartphone* Bold 9000 da plataforma BlackBerry, para a detecção de alterações no estado do sujeito causadas pelas alterações posturais em atividades humanas.

A proposta aqui apresentada difere de outras observadas na literatura da área de reconhecimento de atividades físicas por propor a utilização do acelerômetro através de dispositivos *smartphones*. As outras propostas preconizam o uso de equipamentos caros, complexos ou ainda em fase de protótipo, inviabilizando o uso em larga escala. Os *smartphones* oferecem uma série de vantagens, incluindo o fato de serem dispositivos pouco intrusivos, de relativo baixo custo e amplamente utilizados, não necessitando de qualquer equipamento adicional para a coleta de dados. Essas características fazem dos Smartphones artefatos apropriados para o reconhecimento de atividades humanas.

### 3. O jogo

Missão Kid é um jogo sério para o contexto saúde, que visa estimular a prática de exercícios físicos e a adoção de hábitos alimentares saudáveis dentro de um ambiente lúdico, desafiador e imersivo.

A interação jogo-criança se dá através das métricas de saúde, evolução do personagem, notificação de mensagens e exercício e bonificações no ambiente virtual e real.

O jogo foi desenvolvido como parte de uma metodologia de intervenção para enfrentamento da obesidade infantil. A metodologia propõe a atuação do profissional de Educação Física de forma direta e presencial junto às crianças, e mediada pelo jogo de forma remota (sem a presença do profissional), [Lamboglia et al. 2013].



Figura 1: Interfaces de chamada para execução de exercícios.

No enredo do jogo a criança assume o papel de treinador (*coach*) do personagem e seu objetivo é levá-lo

a recuperar a saúde e a boa forma física para competir e participar das olimpíadas intergalácticas; para tanto, a criança também deverá se exercitar, já que o treinamento do personagem ocorre por espelhamento, ou seja, as atividades executadas pela criança/treinador

são refletidas no Spock através do dispositivo móvel. Logo, é necessário que o treinador se exercite e pratique hábitos saudáveis no intuito de prover tais benefícios para o Spock. A validação dos exercícios é relevante para a prevenção de lesões por esforço repetitivo ou por carga excessiva: o jogo alertará tanto a criança em tempo de execução quanto ao educador físico remotamente, por meio de relatório, em caso de execução incorreta do movimento.

A Figura 2 apresenta quatro interfaces do aplicativo. Da esquerda para a direita, temos a tela principal do jogo, onde a criança acompanha o estado do personagem e pode prover sua alimentação e hidratação. A segunda exibe a lista de mensagens de bons hábitos alimentares enviados à criança enquanto treinadora; a terceira mostra o personagem convidando seu treinador (a criança) para a prática de uma série de exercícios. A quarta e última apresenta o quadro de medalhas e troféus do treinador.



Figura 2: Interfaces do jogo Missão Kid.

Missão Kid integra uma combinação entre exercício físico e jogo, sendo desse modo classificado como *exergame*, *exertainment* ou *exergaming*. Essa integração tem como objetivo tornar mais atraente a prática de atividades físicas através de elementos lúdicos e motivadores inerentes aos jogos [Michael e Chen, 2006].

Missão Kid representa uma ferramenta inovadora de incentivo ao estilo de vida saudável para o público infantil, agregando elementos do jogo associado ao contexto saúde de maneira divertida e motivadora.

### 4. Reconhecimento e validação de exercícios físicos

O método aqui proposto tem como objetivo validar a execução de exercícios físicos (Polichinelo, saltitos, deslocamento lateral, agacha e corrida estacionária). Para isso deverá ser gerado um padrão para cada exercício a ser executado. A metodologia para validação dos exercícios segue as etapas preconizadas pelos seguintes autores: Kwapisz et al. [2010], Rasekh et al. [2011] e Dernbach et al. [2012], sendo elas:

- Coleta de dados
- Extração de características dos exercícios
- Geração e classificação de padrões de exercícios

#### 4.1 Coleta de dados

Para gerar os padrões dos exercícios, foi desenvolvido um algoritmo na plataforma Android que captura aceleração e ângulos nos eixos X, Y e Z dos exercícios propostos no jogo, através do acelerômetro do *smartphone*. A coleta dos dados foi feita através da execução dos movimentos tanto de forma correta quanto incorreta, utilizando o aplicativo de captura de dados instalado em um *smartphone* preso por uma braçadeira *armband* ao braço esquerdo da criança.

As crianças eram instruídas e monitoradas por um profissional de educação física a executar corretamente, por um tempo mínimo para captura, cada exercício preconizado pela metodologia de intervenção. Em seguida, foram orientadas a executar de forma relaxada e descuidada os mesmos exercícios, sem a intervenção do profissional de educação física. Nestas condições, obteve-se uma base de dados composta de exercícios corretos e incorretos a partir de uma amostra de 30 crianças.



Figura 3: Execução de exercícios físicos com crianças para extração de padrões para exercícios físicos.

O estudo foi desenvolvido dentro dos padrões éticos e científicos estabelecidos pela Resolução nº 466/2012, Conselho Nacional de Saúde/Ministério da Saúde, em pesquisa envolvendo seres humanos, tendo sido aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade de Fortaleza, sob Parecer nº. 283.655.

#### 4.2 Extração de características dos exercícios

Depois da coleta de dados, foi feita a extração das características relevantes para a geração dos padrões para cada tipo de exercício. As características extraídas dos exercícios foram as seguintes:

- **Aceleração média para cada eixo** [Kwapisz et al. 2010; Dernbach et al. 2012]
- **Desvio padrão para cada eixo** [Kwapisz et al. 2010; Dernbach et al. 2012]
- **Aceleração média resultante:** Média da raiz quadrada da soma dos valores de cada eixo ao

quadrado sobre a duração do exemplo [Kwapisz et al. 2010]

- **Diferença média absoluta:** Diferença absoluta média entre o valor de cada um dos dados e o valor médio ao longo desses valores (para cada eixo) [Kwapisz et al. 2010]
- **Tempo entre picos:** Tempo em milissegundos entre picos das ondas senoidais associados com a maioria das atividades (para cada eixo) [Kwapisz et al. 2010]
- **Distribuição binária:** Determina-se o intervalo de valores para cada eixo (máximo - mínimo), divide-se este intervalo em 10 caixas de tamanhos iguais, e depois é registrado qual fração dos 200 valores cai dentro de cada uma das caixas [Kwapisz et al. 2010]

A escolha das características se deu de acordo com o comportamento dos exercícios; algumas, no entanto, foram selecionadas por conseguirem extrair informações relevantes de movimentos cíclicos e periódicos.

#### 4.3 Geração e classificação de padrões de exercícios

A extração dos padrões dos exercícios a partir das características coletadas será intermediada pelo framework WEKA [Hall, 2009], comumente utilizado em mineração de dados; através dele será possível identificar um padrão para cada tipo de exercício, como também suas possíveis execuções incorretas.

O framework WEKA utiliza a implementação de alguns algoritmos de classificação para identificação de padrões; no método proposto utilizaremos os seguintes algoritmos: Multilayer Perceptron, Naive Bayes, OPF, dentre outros. Estes algoritmos serão utilizados baseado nos resultados obtidos em pesquisas com reconhecimento de movimento [Dernbach et al. 2012; Kwapisz et al. 2011; Walonoski et al. 2006].

O projeto encontra-se em fase de análise de eficiência dos algoritmos para determinar qual deles é o mais eficiente na validação dos exercícios. Finalizada essa etapa, o algoritmo identificado deverá ser incorporado ao jogo para permitir a validação dos movimentos em tempo de execução.

### 5. Conclusão

O presente projeto apresenta uma metodologia para validação de exercícios físicos baseada na análise de metodologias estudadas em trabalhos correlatos. As características extraídas e os algoritmos de classificação estão em fase de análise e ajustes, visando a maximização da eficiência da validação desses exercícios.

As principais contribuições deste trabalho foram a elaboração de uma metodologia para coleta dos dados e a obtenção de uma base de dados de exercícios com uma série de informações que poderão ser utilizadas para outras pesquisas de reconhecimento de exercícios com crianças. Outra importante contribuição é a validação dos movimentos em tempo de execução: o jogo alerta quando o exercício é praticado incorretamente, o que pode auxiliar na prevenção de lesões por esforço repetitivo ou por carga excessiva.

## Agradecimentos

Agradecemos ao Núcleo de Aplicação em Tecnologia da Informação – NATI da Universidade de Fortaleza por todo o suporte a execução do projeto. A iniciativa desse projeto é parte do Programa de Integração Acadêmica do Laboratório de Inovação do NATI.

## Referências

- ANDERSON, I., MAITLAND, J., SHERWOOD, S., BARKHUUS, L., CHALMERS, M., HALL, M., BROWN, B., AND MULLER, H., 2007. Shakra: Tracking and sharing daily activity levels with un-augmented mobile phones. In *Mobile Networks and Applications*. 12(2-3).
- BAO, L. AND INTILLE, S., 2004. Activity Recognition from User-Annotated Acceleration Data. *Lecture Notes Computer Science* 3001, 1-17.
- BAUGHUM, A. E.; CHAMBERLIN, L. A.; DEEKS, C. M.; POWERS, S. W. AND WHITAKER, R. C., 2000. Maternal perceptions of overweight preschool children. *Pediatrics*, v.106, n. 6,1380-1386.
- BREZMES, T., GORRICO, J.L., AND COTRINA, J., 2009. Activity Recognition from accelerometer data on mobile phones. In *IWANN '09: Proceedings of the 10th International Work-Conference on Artificial Neural Networks*, 796-799.
- CHO, Y., NAM, Y., CHOI, Y-J., AND CHO, W-D., 2008. Smart-Buckle: human activity recognition using a 3-axis accelerometer and a wearable camera. In *HealthNet*.
- CHOUDHURY, T., CONSOLVO, S., HARRISON, B., LAMARCA, A., LEGRAND, L., RAHIMI, A., REA, A., BORRIELLO, G., HEMINGWAY, B., KLASNJA, P., KOSCHER, K., LANDAY, J., LESTER, J., WYATT, D., AND HAEHNEL, D., 2008. The mobile sensing platform: An embedded activity recognition system. In *IEEE Pervasive Computing*, 7(2), 32-41.
- DERNBACH, S., DAS, B., KRISHNAN, N. C., THOMAS, B. L., AND COOK, D. J., 2012. Simple and complex activity recognition through smart phones. In *Intelligent environments (IE), 2012 8th International Conference on* (214-221). IEEE.
- G. HACHE, E. D. LEMAIRE. AND N. BADDOUR., 2010. "Mobility change-of-state detection using a smartphone-based approach," In *Proceedings of International Workshop on Medical Measurements and Applications*,43-46.
- GYORBIRO, N., FABIAN, A., AND HOMANYI, G., 2008. An activity recognition system for mobile phones. In *Mobile Networks and Applications*, 14(1), 82-91.
- HALL, MARK ET AL., 2009. The WEKA data mining software: an update. *ACM SIGKDD Explorations Newsletter*, v. 11, n. 1, 10-18.
- INOOKA, H., OHTAKI, Y. HAYASAKA, H. SUZUKI, A., AND NAGATOMI, R., 2006. Development of advanced portable device for daily physical assessment. In *SICE-ICASE, International Joint Conference*, 5878-5881.
- KRISHNAN, N., COLBRY, D., JUILLARD, C., AND PANCHANATHAN, S., 2008. Real time human activity recognition using tri-Axial accelerometers. In *Sensors, Signals and Information Processing Workshop*.
- J. R. KWAPISZ, G. M. WEISS, AND S. A. MOORE., 2010 "Activity recognition using cell phone accelerometers". In *Proceedings of the Fourth International Workshop on Knowledge Discovery from Sensor Data*, Washington DC, 10-18.
- J. YANG., 2009. "Toward physical activity diary: Motion recognition using simple acceleration features with mobile phones", In *First International Workshop on Interactive Multimedia for Consumer Electronics at ACM Multimedia*.
- LAMBOGLIA, C. M. G. F.; CARVALHO, L. M.; VASCONCELOS FILHO, J. E. AND SILVA, C. A. B., 2013. Desafio da obesidade infantil - Proposta de metodologia subsidiado por jogo digital interativo. *IX Congresso Brasileiro de Atividade Física e Saúde*.
- MICHAEL, D. R.; CHEN, S., 2006. *Serious games: games that educate, train, and inform*. Boston: Thomson.
- RASEKH, A., CHEN, C. A., E LU, Y., 2014. Human activity recognition using smartphone. *arXiv preprint arXiv:1401.8212*.
- SILVA, K. S., NAHAS, M. V., HOEFELMANN, L. P., LOPES, A. S. AND OLIVEIRA, E. S., 2008. Associações entre atividade física, índice de massa corporal e comportamentos sedentários em adolescentes. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, São Paulo, v. 11, n. 1, 159-168.
- WALONOSKI, J. A., AND NEIL T. H., 2006. Detection and analysis of off-task gaming behavior in intelligent tutoring systems. In *Intelligent Tutoring Systems*, 382-391. Springer Berlin Heidelberg.