

Arquitetura de Software Interativo Multimodal dirigida a Jogos Sérios para Reabilitação

Jhonatan T. C. Néry¹, Marcelo da S. Hounsell²

¹Eixo de Informação e Comunicação - Instituto Federal do Paraná (IFPR)
80230-150 - Curitiba - PR - Brasil.

²Dept. Ciência da Computação - Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)
89219-710 - Joinville - SC -Brasil.

jhonatanthallisson@gmail.com, marcelo.hounsell@udesc.br

Abstract. *Serious Games (SG) have been little concerned with flexibility/equivalence, complementarity and monitoring. These functionalities are necessary for health SG. No existing SG's architecture include these three functionalities altogether. This research has developed a software architecture for the creation of SG with all three functionalities. A SG was adapted and therapy-related devices were built. Health and Technology professionals have found that the upgraded SG has been able to acquire the functionalities of flexibility/equivalence, complementarity and monitoring and that these are really important and necessary functionalities for SG.*

Keywords: *software architecture, multimodal systems, serious games, rehabilitation.*

Resumo. *Jogos Sérios (JS) têm se preocupado pouco com flexibilidade/equivalência, complementariedade e monitoramento. Estas funcionalidades são necessárias para JS para saúde. Nenhuma arquitetura de JS existente inclui essas três funcionalidades juntas. Esta pesquisa desenvolveu uma arquitetura de software para a criação de JS com as três funcionalidades. Um JS foi adaptado e dispositivos relacionados à terapia foram construídos. Profissionais de Saúde e Tecnologia constataram que o JS atualizado conseguiu adquirir as funcionalidades de flexibilidade/equivalência, complementariedade e monitoramento e que estas são funcionalidades realmente importantes e necessárias para JS.*

Palavras-chave: *arquitetura de software, sistemas multimodais, jogos sérios, reabilitação.*

1. Introdução

Nas últimas décadas, surgiram estudos que promovem a reabilitação através do uso de Jogos Sérios (JS). JS para reabilitação motora, ajudam a aliviar sintomas gerados por AVC, doença de Parkinson, e reabilitação de idosos frágeis, por exemplo. Há também JS que auxiliam em questões relacionadas ao Diabetes; Obesidade; e também JS para Reabilitação Respiratória, que aliviam os sintomas da Fibrose Cística, Doença Pulmonar

Obstrutiva Crônica, Asma, ou apoiar o tratamento de vários distúrbios respiratórios (que inclui efeitos colaterais de longo prazo relacionados a COVID-19).

O uso de JS tem se mostrado uma alternativa à reabilitação tradicional, pois as aplica através de estratégias lúdicas, motivadoras e mais imersivas. No entanto, funcionalidades importantes em jogos de reabilitação não foram vistas nos JS atuais [Néry, Hounsell and Henrique 2019], tais como:

- Flexibilidade/Equivalência: Sem a qual a execução de um JS para reabilitação limita-se ao uso de apenas um único dispositivo controlador. Para corrigir esse cenário, uma possibilidade é a disponibilidade de múltiplas modalidades de interação (formas de controle para o JS) permitindo que o terapeuta escolha a melhor maneira e melhor controlador para usar com o JS de acordo com a patologia e/ou paciente [Rego, Moreira and Reis 2014];
- Complementariedade (informações mais completas): Através da combinação de diferentes fontes de informação sobre um fenômeno, pode-se chegar ao melhor entendimento sobre ele [Coutaz et al. 1995]. Explorar modalidades complementares permite detalhar melhor a condição do paciente. A complementariedade proporciona maior clareza das informações sobre o desempenho do paciente durante a terapia, o que pode fazer com que padrões incorretos de exercícios terapêuticos sejam detectados e corrigidos [Rego, Moreira and Reis 2014];
- Monitoramento: Ao usar um JS para promoção da saúde, onde é necessário algum tipo de atividade física, é possível que o esforço excessivo possa ocorrer, ou outro fator que cause desconforto ao paciente, ou mesmo algo mais prejudicial que dificulte sua terapia. Para evitar consequências indesejadas, é importante monitorar possíveis efeitos colaterais durante o uso do JS e criar mecanismos para reverter algumas situações, seja por: a) atenção sobre esses casos; b) desaceleração do jogo ou; c) até mesmo suspender o jogo. O monitoramento de parâmetros fisiológicos, como saturação de oxigênio e frequência cardíaca, pode ajudar a fornecer segurança ao paciente durante o uso de um JS para reabilitação [Parent et al. 2018].

Para resolver esses problemas, foram analisados os sistemas de interação multimodal, que são sistemas que utilizam pelo menos duas modalidades diferentes de entrada e/ou saída e têm o potencial de fornecer as funcionalidades mencionadas acima.

Apesar da evidente importância dessas funcionalidades, em especial no contexto de JS para a área da saúde, foi realizado um mapeamento sistemático da literatura [Néry, Hounsell and Henrique 2019], onde foi possível constatar que nenhum trabalho encontrado empregou nos JS as três funcionalidades levantadas aqui (flexibilidade/equivalência, complementariedade e monitoramento), o que indica a pertinência deste trabalho. Portanto, este trabalho teve como objetivo geral desenvolver uma arquitetura para JS aderente às necessidades de terapeutas e pacientes da área da reabilitação física quanto a flexibilidade/equivalência, complementariedade e monitoramento no sensoriamento de pacientes em processo de reabilitação.

2. Revisão da Literatura

Para conseguir as três funcionalidades, foi observado que vários dispositivos precisam ser acoplados ao paciente, então foi feito um mapeamento sistemático da literatura (MSL) [Néry, Hounsell and Henrique 2019] que mostrou que estes JSMM¹ (Jogos Sérios Multimodais) possuem maior foco na reabilitação de membros superiores de pacientes hemiplégicos; que os sensores mais usados são o Kinect®, o sensor eletroencefalográfico e o oxímetro; que os dados mais comumente coletados dos pacientes para controlar os jogos são movimentos de corpo inteiro, apenas de membros superiores e simulação de caminhada.

A partir do MSL, foram encontradas arquiteturas para construção destes JSMM e de Sistemas de Interação Multimodal, porém, nenhuma delas objetivou construir JS com as três funcionalidades levantadas. Foi então que uma nova arquitetura foi criada, a qual permite a criação/adaptação de JS com foco em reabilitação física para que se tornem JSMM e consigam atingir todas as funcionalidades.

3. A arquitetura 123-SGR, Experimentação, Testes e Avaliação

A arquitetura 123-SGR é uma (– 1 –) arquitetura de software interativo multimodal, que contempla dupla (– 2 –) direcionalidade do fluxo de interação (entrada: Fluxo Consciente e Fluxo Inconsciente e saída: Fluxo de Retroalimentação) para alcançar as três (– 3 –) funcionalidades (flexibilidade/equivalência, complementariedade e monitoramento) importantes para um JS para reabilitação (SGR - *Serious Games for Rehabilitation*). A Figura 1 mostra a arquitetura 123-SGR completa.

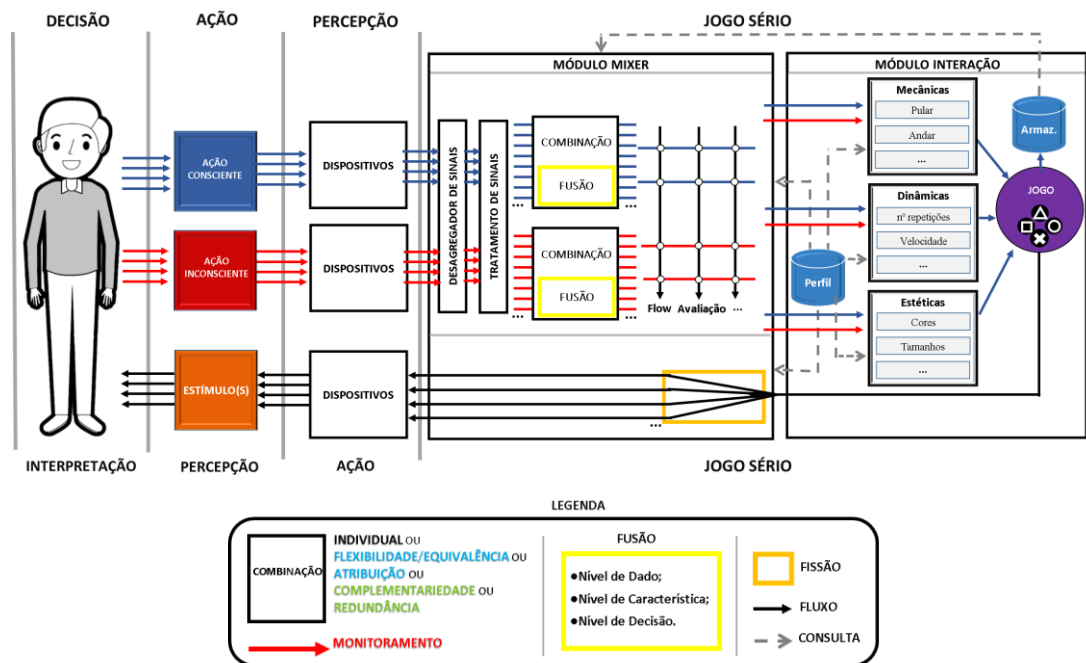


Figura 1. Arquitetura 123-SGR.

¹ JS com interação através de vários dispositivos, caracterizando interação multimodal.

A aplicabilidade da arquitetura 123-SGR foi validada por uma prova de conceito que usou o JS para Reabilitação Respiratória já existente *I Blue It* 1.0 [Grimes 2018]. Nele foram acrescentados e adaptados elementos de software e foram também desenvolvidos novos Dispositivos Incentivadores (DI) (MANO-BD, Cinta de Pressão e Oxímetro) para o sensoriamento do processo respiratório, que proporcionaram interação multimodal. Ao final da adaptação o JS, chamado agora de *I Blue It* 4.0 Multimodal, se tornou um JSMM. Com o JSMM implementado, foram então realizados testes funcionais de sistema.

Com o *I Blue It* 4.0 Multimodal pronto e testado, foi realizada a avaliação do mesmo, feita por meio de um questionário, de forma remota (*online*) a partir da análise de 9 vídeos demonstrativos do JSMM². O questionário obteve 27 respostas, que levantaram questões de *design* de jogo, de usabilidade dos DI, mas também constataram que o *I Blue It* 4.0 Multimodal tem potenciais benefícios para a Reabilitação Respiratória, que ele conseguiu adquirir as funcionalidades de flexibilidade/equivalência, complementariedade e monitoramento e, que estas são realmente funcionalidades importantes e necessárias.

4. Conclusões

Aliados aos programas de reabilitação física estão os Jogos Sérios (JS), que ajudam a manter o interesse dos pacientes no tratamento. No entanto, constatou-se que os JS atuais não têm dado a atenção devida a três funcionalidades vistas como importantes para terapeutas e pacientes em reabilitação.

A principal contribuição desta pesquisa foi uma arquitetura para JSMM adequada às necessidades da área da reabilitação física, incluindo um fluxo de informações inconscientes para atender ao monitoramento (para segurança, por exemplo). A arquitetura 123-SGR, além de um modelo para codificação, ressalta aspectos de *design* flexíveis de Sistemas de Interação Multimodal, como as várias formas de se combinar as informações de entrada (com recursos de seleção e algebrismo de sinais) tanto para sinais conscientes, quanto inconscientes vindos do jogador. A 123-SGR enfatiza a relação das informações de entrada com as mecânicas, dinâmicas e estéticas de um jogo digital para reabilitação. Estas contribuições da arquitetura 123-SGR permitiram que um produto adaptado a ela tivesse uma avaliação das funcionalidades multimodais avaliadas acima da média. Assim, a arquitetura 123-SGR facilitará o desenvolvimento de novos JSMM para a reabilitação física, fazendo com que estes sejam flexíveis, ricos de informações e seguros para uso.

Diversas outras contribuições foram obtidas a partir desta pesquisa, são elas:

- Desenvolvimento do DI MANO-BD, que realiza a leitura da pressão respiratória absoluta bidirecional exercida pelo paciente, e criação do manual público de construção do MANO-BD;

- Desenvolvimento do DI HÍBRIDO (PITACO e MANO-BD no mesmo dispositivo);
- Desenvolvimento do DI Cinta de Pressão, que captura a pressão exercida pelo tórax ou abdome do paciente sobre a Cinta, e criação do manual público de construção da Cinta de Pressão;
- Desenvolvimento do DI Oxímetro, para captar a saturação periférica de oxigênio (SpO2) e a frequência cardíaca (FC);
- Artigo completo de um mapeamento sistemático sobre JSMM para reabilitação, publicado no SBGames 2019 [Néry, Hounsell and Henrique 2019];
- Artigo curto sobre a construção do DI HÍBRIDO, publicado no SBGames 2019 [Henrique, Néry and Hounsell 2019];
- Artigo completo sobre a complexidade de sensoriamento em JS tipo *exergame* para a área da saúde, publicado no SBGames 2020 [Henrique, Néry and Hounsell 2020];
- Artigo completo sobre a arquitetura 123-SGR, publicado no SBGames 2020 [Néry, Hounsell and Henrique 2020];
- Desenvolvimento da versão 4.0 multimodal do JS *I Blue It*;
- Criação de um instrumento de avaliação das funcionalidades de JSMM.

Referências

- Grimes, R. H. (2018) “Um Sistema Biomédico com Jogo Sério e Dispositivo Especial para Reabilitação Respiratória”, Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade do Estado de Santa Catarina, Brasil.
- Rego, P. A., Moreira, P. M. and Reis, L. P. (2014) “Architecture for Serious Games in Health Rehabilitation”. In *New Perspectives in Information Systems and Technologies*, Volume 2. Springer Publishing Company. p. 307-317.
- Coutaz, J., Nigay, L., Salber, D., Blandford, A., May J. and Young, R. M. (1995) “Four easy pieces for assessing the usability of multimodal interaction: the CARE properties”. In *Human-Computer Interaction*. p. 115-120.
- Néry, J. T. C., Henrique, Y. A. M., Hounsell, M. da S. (2019) “Jogos sérios multimodais para a saúde: Um mapeamento sistemático da literatura”. In XVIII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital - SBGames, p. 198–206.
- Néry, J. T. C., Henrique, Y. A. M., Hounsell, M. da S. (2020) “123-SGR: Uma arquitetura para jogos sérios multimodais para reabilitação”. In XIX Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital - SBGames, p. 900–909.
- Henrique, Y. A. M., Néry, J. T. C., Hounsell, M. da S. (2019) “Desenvolvimento de dispositivo híbrido para jogo sério aplicado a saúde”. In XVIII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital - SBGames, p. 102–110.
- Henrique, Y. A. M., Néry, J. T. C., Hounsell, M. da S. (2020) “Complexidade de sensoriamento para jogos sérios do tipo *exergame* para a área da saúde”. In XIX Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital - SBGames, p. 1064–1067.