

Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Engenharia Elétrica e Informática
Coordenação de Pós-Graduação em Ciência da Computação

Uso de Jogos para Acompanhamento de Dados Motores

Leonardo Melo de Medeiros

Tese submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal de Campina Grande - Campus I como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Doutor em Ciência da Computação.

Área de Concentração: Ciência da Computação
Linha de Pesquisa: Engenharia de Software

Leandro Dias da Silva (Orientador)
Hyggo Oliveira de Almeida (Orientador)

Campina Grande, Paraíba, Brasil
©Leonardo Melo de Medeiros, Agosto de 2013

Resumo

resumo

Abstract

Health monitoring

Agradecimientos

agradeco

Lista de Acrônimos

BAN Body Area Network

DP Doença de Parkinson

ECG Eletrocardiograma

EEG Eletroencefalograma

EMF Eletromagnetic Fields

HCD Human Centered Design

HCI Human Computer Interaction

JSS Jogos Sérios Aplicados a Saúde

MSN Mobile Sensor Network

MARKS Middleware Adaptability for Resource Discovery, Knowledge Usability and Self-healing

PAN Patient Area Network

NFC Near Field Communication

RFID Radio Frequency IDentification

WAN Wide Area Network

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Problemática	6
1.2	Objetivo	7
1.2.1	Específicos	7
1.3	MATERIAL E MÉTODO	8
1.3.1	TIPO DE ESTUDO	8
1.3.2	LOCAL	8
1.3.3	AMOSTRA	8
1.3.4	PROCEDIMENTOS	8
1.3.5	MATERIAL	9

Lista de Figuras

1.1	O Jogo <i>Pinball World</i>	10
1.2	O jogo <i>Catch the Spheres</i>	12

Lista de Tabelas

1.1 Tipos de tremor, diferenciados pela frequência, amplitude e início em relação
a movimentos voluntários 11

Lista de Códigos Fonte

Capítulo 1

Introdução

A Doença de Parkinson (DP) é uma afecção do sistema nervoso central, a qual é expressa de forma crônica e progressiva. É causada pela morte dos neurônios produtores de dopamina da substância negra e caracterizada pelos sintomas de: tremor em repouso (que diminui durante movimentos voluntários); bradicinesia ou hipocinesia (lentidão e escassez de movimentos, além de dificuldade na marcha), rigidez muscular (aumento da resistência ao movimento passivo dos membros), e a perda de reflexos posturais que leva a alteração da marcha e queda [28; 19].

A incidência da doença é estimada de 100 a 200 casos por 100.000 habitantes, com o avanço da idade a probabilidade do desenvolvimento da doença tende a aumentar. Por ser uma doença progressiva, que usualmente acarreta incapacidade grave após 10 a 15 anos, acarretando em impacto social e financeiro, principalmente na população mais idosa. Estima-se que o custo anual mundial com medicamentos antiparkinsonianos esteja em torno de 11 bilhões de dólares, sendo o tratamento cerca de 3 a 4 vezes mais caro para pacientes na fase avançada da doença [20].

A evolução da doença, a gravidade e a progressão dos sintomas variam enormemente de um paciente para outro. Não se dispõe, até o momento, de teste diagnóstico para a doença. Embora neurologistas geralmente concordem que o diagnóstico da Doença de Parkinson (DP) requer a identificação de alguma combinação dos sinais motores cardinais (tremor de repouso, bradicinesia, rigidez com roda denteada, anormalidades posturais), uma classificação clínica padrão ainda não foi obtida [20]. Entretanto, diagnóstico auxiliar mais importante talvez seja a resposta aos antiparkinsonianos como a levodopa [20]. Os pacientes

com DP quase sempre apresentam uma resposta satisfatória a essa droga, se um paciente não responder nunca à levodopa, o diagnóstico de alguma outra forma de Parkinson é provável. Porém, uma resposta à levodopa, não confirma o diagnóstico de DP porque muitos casos de parkinsonismo sintomático e muitas formas de síndrome de Parkinson em seus estágios iniciais também respondem à levodopa [23]. A DP é uma das doença comum em idosos, porém existem casos precoces de início da doença em indivíduos antes dos 40 anos ou até mesmo abaixo dos 21 [18].

O surgimento do tratamento da DP, tornou possível manter uma boa mobilidade funcional durante anos e aumentou a expectativa de vida dos pacientes tratados [19]. Os fármacos do grupo dos antiparkinsonianos como a Levodopa permitiu restaurar a atividade dopaminérgica que se encontra reduzida, desta forma as drogas utilizadas são bem sucedidas no alívio de sintomas característicos da doença. Entretanto, devido aos efeitos colaterais frequentes induzidos pelos fármacos antiparkinsonianos tradicionais, é preciso iniciar o tratamento com esses medicamentos somente quando os sintomas estiverem prejudicando o desempenho profissional ou das atividades diárias do paciente [19].

A natureza progressiva da DP e suas manifestações clínicas (motoras e não motoras), associadas a efeitos colaterais precoces e tardios da intervenção terapêutica, tornam o tratamento da doença bastante complexo [20]. Estima-se que a taxa de morte dos neurônios dopaminérgicos da substância negra situa-se ao redor de 10% ao ano [21]. Consequentemente, com o tempo, a sintomatologia parkinsoniana piora necessitando aumentar as doses da medicação. Com a progressão da doença a eficácia do tratamento diminui e os pacientes passam a não responder ao tratamento medicamentoso [20]. Um efeito colateral no uso do medicamento é o surgimento da discinesia (movimentos involuntários de contorção) em 80% dos pacientes que recebem a Levodopa como tratamento prolongado. Esse sintoma pode ser aliviado com a diminuição da dose, por outro lado os sintomas da tendem a retornar. Com o surgimento de discinesia intensa é necessário otimizar o gerenciamento do tratamento medicamentoso, levando a adicionar novos medicamentos para reduzir os sintomas [19]. Efeito *ON/OFF*: com uso continuado de Levodopa ocorrem flutuações do estado clínico, quando a rigidez e hipocinesia agravam-se subitamente podendo durar poucos minutos ou até mesmo horas. Na busca de reduzir os efeitos colaterais do uso da levodopa, estudos [24] objetivam tratar os pacientes mais jovens (menos de 60 anos) com outras medicações

como selegilina, amantadina e anticolinérgicos. Pougando o uso do levodopa e minimizando os sintomas incapacitantes a longo prazo.

Atualmente a evolução da DP é avaliada através de escalas, que permitem avaliar a eficácia do tratamentos e sua aplicabilidade nas práticas fisioterápicas. Segundo um trabalho de Goulart [12] as escalas de estágios de incapacidade representadas por Hoehn/Yahr [14] e a UPDRS [11] são consideradas as de maior confiabilidade, podendo ser usadas por fisioterapeutas para melhor avaliação do estado clínico-funcional do paciente.

Alguns sintomas parkinsonianos são consequências do longo período do uso da medicação seja ela levodopa ou dopaminérgicos [20]. No início do tratamento, o levodopa irá melhorar consideravelmente a qualidade de vida do paciente e poderá permanecer nesse estado por anos. Mas com o passar dos anos a efetividade do levodopa diminuirá e o paciente irá alternar entre os estados *on* (“normal”) and *off* (“com os sintomas parkinsonianos”). As mudanças dos estados *on* para *off* dependerá do agendamento da ingestão do medicamento que tornará previsível a mudança para o estado *on*. Contudo, alguns pacientes, podem ter mudanças abruptas para o estado *off*, sem qualquer correlação com o tempo em que a medicação foi ingerida, isso é chamado do fenômeno *on-off* e mudanças do estado *on* ou *off* podem ocorrer [22]. Essa irregularidade de não conseguir determinar o momento em que o paciente entrará no estado *on* ou *off* impacta diretamente nas avaliações objetivas do profissional que irá avaliar os estágios da doença fazendo uma avaliação errada [16].

Na UPDRS [11] a escala de Hoehn e Yahr [14], apresentando a evolução da doença de Parkinson nas seguintes fases:

- **ESTÁGIO 0:** Nenhum sinal da doença;
- **ESTÁGIO 1:** Doença unilateral;
- **ESTÁGIO 1,5:** Envolvimento unilateral e axial;
- **ESTÁGIO 2:** Doença bilateral sem déficit de equilíbrio;
- **ESTÁGIO 2,5:** Doença bilateral leve, com recuperação no “teste do empurrão”;
- **ESTÁGIO 3:** Doença bilateral leve a moderada; alguma instabilidade postural; capacidade para viver independente;

- **ESTÁGIO 4:** Incapacidade grave, ainda capaz de caminhar ou permanecer de pé sem ajuda;
- **ESTÁGIO 5:** Confinado à cama ou cadeira de rodas a não ser que receba ajuda.

A identificação dos sintomas da DP durante a rotina diária permite um diagnóstico mais precoce da doença e consequentemente obter seus benefícios de um tratamento mais duradouro. Além disso, o monitoramento dos efeitos da medicação usada pelo paciente permite um gerenciamento da medicação e consequentemente reduz os sintomas indesejáveis da doença prolongando a qualidade de vida do paciente.

Os recentes avanços na tecnologia de sensores sem fio permitem incorporá-los na roupa ou no corpo (*wearable*) isso proporciona uma monitorização contínua dos sinais vitais. Contudo a concepção de um sistema de monitoramento *wearable* e que não seja invasivo ainda é um grande desafio [3]. Além disso, a necessidade de integrar diferentes sensores em uma única solução dificulta essa atividade, devido aos dispositivos serem considerados pesados, visíveis e estereotipados pelos próprios usuários [1]. Por esse motivo esses dispositivos são refutados pelos usuários, inviabilizando o monitoramento contínuo da saúde nesses casos. Por outro lado, desde 2005 os jogos eletrônicos fazem uso de dispositivos como acelerômetros, giroscópio, dispositivos de captura de movimento possibilitando ao usuário estivesse uma maior imersão no universo do jogo através da análise de seus movimentos. Como visto na literatura científica, esses sensores usados em jogos eletrônicos permitem capturar sinais de tremores [27; 17] e posturais que são sintomas presentes na DP. E como o uso desses dispositivos já estão embutidos no contexto do jogo, possivelmente o usuário não iria sentir em desconforto caso esses dispositivos fossem usados para monitorar os sintomas da DP enquanto este se encontra em um momento de descontração ao usar um jogo eletrônico.

Os jogos eletrônicos não são usados somente por crianças e adolescente. Em uma pesquisa da Entertainment Software Association, associação formada pelas principais fabricantes americanas de jogos eletrônicos "Essential Facts About the Computer and Video Game Industry" [4] informa que em 2011, os jogadores de videogame dos Estados Unidos têm, em média, 37 anos e 29% dos jogadores de videogame possuem mais de 50 anos. Logo, temos uma parcela bastante significativa de usuários que podem ser beneficiados com a presente pesquisa e consequentemente melhorar sua qualidade de vida.

Nos últimos anos, tanto a indústria quanto a academia tiveram a preocupação com o atual estilo de vida das pessoas com acesso a dispositivos eletrônicos, internet e demais componentes tecnológicos tornaram-se mais sedentárias e passaram a não privilegiar uma vida mais saudável. Por esse motivo, diversos trabalhos, relacionam o uso de jogos para melhora da saúde com o objetivo de alinhar o uso da tecnologia buscando motivar a execução de exercícios físicos. Pesquisadores da área de jogos para saúde buscam apoiar a prática dessas atividades através de jogos para exercício físico como também tentam mudar a consciência dos usuários para uma vida mais saudável. O uso de jogos aplicados a saúde trouxe benefícios na motivação de prática de exercícios físicos [25], maior aderência ao tratamento da doença e mudança de comportamento de usuário em relação ao seu estado de saúde e aderência ao seu tratamento [7; 15]. Através dos dispositivos de sensores de movimento o uso de jogos tornou-se uma forma promissora de promoção da saúde e bem-estar. Os jogos para a prática de exercício físico doravante *Exergames* se tornaram extremamente populares e estudos já comprovam seus benefícios em relação ao aumento da atividade física [7]. Alinhados com o estudo o exercício físico nesses ambientes alguns jogos a combinar a prática da educação física num ambiente controlado e seguro para a prática dos exercícios físicos com o foco de permitir que as pessoas se movam enquanto estão jogando, corrigindo posturas e motivando a prática do exercício físico bem como fornecer uma avaliação da atividade física exercida [13; 10; 25].

Neste trabalho, buscamos preencher a lacuna de permitir que os usuários sejam monitorados em diferentes momentos do dia dentro de um ambiente de jogo eletrônico o qual deve estar integrado em sua rotina diária. A presente pesquisa, parte do pressuposto que sintomas motores possam ser capturados através dos dados capturados por sensores de movimento [9; 22; 5] e que estes podem ser usados dentro de um cenário de jogo eletrônico. Atualmente, os jogos eletrônicos já fazem uso de acelerômetros, giroscópio e detecção de movimento através de vídeo. Contudo, como visto anteriormente esses dispositivos já são usados para entretenimento e até a melhora do estado de saúde de seus usuários através de jogos que motivem a prática de exercícios físicos [25; 10; 8]. Porém, a presente proposta pretende agregar a capacidade de monitorar sintomas motores do usuário dentro de um ambiente de jogo eletrônico. Todavia, alinhar a jogabilidade e a possibilidade de monitoramento contínuo

dos dados de saúde não é uma tarefa trivial. Por esse motivo, propomos uma metodologia de desenvolvimento de jogos que permite realizar o monitoramento de dados motores de um modo não invasivo e integrado a rotina diária dos usuários. A presente pesquisa, parte do pressuposto que utilizar esses mesmos sensores num cenário de jogo eletrônico pode permitir que esses dispositivos sejam utilizados rotineiramente e o monitoramento seja realizado em um momento que o usuário utiliza para o entretenimento e em diferentes horários do dia, isso irá permitir perceber se o usuário está medicado na dosagem correta ao verificar a ocorrência dos sintomas da DP em diferentes momentos do dia.

Como possível cenário de uso para a pesquisa, podemos supor que um usuário o qual é paciente crônico de DP e faz uso de algum medicamento antiparkinsoniano e possui um jogo de monitoramento de tremores embarcado em um dispositivo móvel como um celular o qual possui acelerômetro. Por ser um jogo móvel e disponível em um dispositivo que o usuário carrega consigo na sua rotina diária. Ele poderá utilizá-lo quando e onde desejar, logo os sintomas de tremor poderão ser detectados em diferentes momentos do dia e numa avaliação futura da dosagem medicamentosa auxiliará o médico no gerenciamento da dosagem. Estudos indicam que uma dosagem medicamentosa correta, irá melhorar a qualidade de vida do usuário ao prolongar a efetividade do medicamento utilizado [19].

Este trabalho, pretende através do monitoramento dos dados do usuário encontrar sinais de sintomas da DP visando num diagnóstico precoce ou melhorar o gerenciamento da dosagem medicamentosa e contribuir para um prolongamento da qualidade de vida dos pacientes de parkinson.

1.1 Problemática

Alinhar a jogabilidade e a possibilidade de monitoramento contínuo dos dados de saúde não é uma tarefa trivial. Pois deve ser levado em consideração o uso dos dispositivos e pensar na execução de movimentos ou ações que permitam esse monitoramento. Os movimentos não podem ser repetitivos pois, levaria o usuário jogar por um curto período e como consequência abandonaria o tratamento [25]. Para propor um jogo que consiga obter um monitoramento contínuo dos dados de saúde, deve ser realizado um estudo sobre quais os movimentos e ações que o usuário deve executar. Posteriormente, na posse dessas ações, deverá ser testado

a execução dessas atividades e sua captura e classificação conforme os trabalhos já existentes que realizam tais atividades [6; 2; 5; 9; 22]. De posse dos movimentos e da captura dos dados será feito um levantamento de um *game design* que permita executar os movimentos em um ambiente lúdico e divertido como um jogo para entretenimento [26].

1.2 Objetivo

Essa pesquisa tem como objetivo identificar sintomas motores da doença de parkinson (tremores, bradicinesia e discinesia) através de um jogo eletrônico. Dentro de um grupo de casos com doença de parkinson em diferentes estágios da doença segundo a UPDRS [11].

1.2.1 Específicos

- Capturar a ocorrência, frequência e amplitude dos sintomas de tremor em casos de parkinson através do uso de um aparelho celular com acelerômetro;
- Capturar a frequência e amplitude dos sinais de tremor em pessoas do grupo de controle para confrontar com os dados dos casos escolhidos;
- Capturar a manifestação clínica de bradicinesia em casos de parkinson ao mover-se de um lado para o outro, levantar o braço e a perna através do uso de um dispositivo de captura de vídeo e reconhecimento de movimentos;
- Capturar os movimentos do grupo de controle ao mover-se de um lado para o outro, levantar o braço e a perna através do uso de um dispositivo de captura de vídeo e reconhecimento de movimentos;
- Verificar a relação entre a manifestação do sintoma de tremor em efeito com o medicamento antiparkinsoniano através do uso de um aparelho celular com acelerômetro;
- Verificar a relação entre a manifestação do sintoma de bradicinesia em efeito com o medicamento antiparkinsoniano através do uso de um dispositivo de captura de vídeo e reconhecimento de movimentos;

1.3 MATERIAL E MÉTODO

1.3.1 TIPO DE ESTUDO

Estudo quantitativo, de caso-controle.

1.3.2 LOCAL

Grupo de pacientes da Clínica de Fisioterapia Dr. Rodrigo Ramalho pertencente ao Centro Universitário Cesmac .

1.3.3 AMOSTRA

A técnica de amostragem utilizada para seleção da amostra, será por conveniência onde será composta por todos indivíduos que estejam diagnosticado com DP e indivíduos da mesma faixa etária como grupo de controle.

Critério de inclusão

Casos com a DP diagnosticada até o estágio 3 segundo a UPDRS [11], sem distinção de sexo ou raça, que esteja com participação ativa na Clínica de Fisioterapia Dr. Rodrigo Ramalho.

Critério de exclusão

Pessoas sintomas motores que não sejam de DP, que tenham problemas em equilíbrio e aqueles que se neguem a participarem do estudo.

1.3.4 PROCEDIMENTOS

Este protocolo de pesquisa será submetido à avaliação do Comitê de Ética em Pesquisa do Centro Universitário Cesmac, e somente depois da aprovação deste é que os dados serão coletados.

Os resultados que se desejam alcançar será a identificação de mecanismos para a identificação e classificação dos sintomas de tremores. O tremor é o principal sintoma parkinsoniano e a diferença dos ciclos pode auxiliar no diagnóstico da doença; sua maior frequência é quando

o membro está em repouso sendo chamado de tremor de repouso. Essa pesquisa também fará uma análise de jogos que fazem uso de sensores de movimento e avaliar as possibilidades de aquisição de dados de saúde baseada na Cinemática Linear do Movimento Humano. Através dos resultados obtidos pretendemos avaliar e classificar a normalidade e dificuldade na execução de movimentos como levantar um braço, esticar uma perna ou balançar o corpo.

Para identificar a possibilidade de integrar o monitoramento da saúde do jogador através de jogos eletrônicos à sua rotina diária, foi utilizada a abordagem *Goal, Question, Metric* (GQM). GQM é uma abordagem hierárquica que inicia com objetivo principal e o divide em atividades que podem ser mensuradas durante a execução do projeto. É uma abordagem para integrar objetivos a modelos de processos de software, produtos e perspectivas de qualidade de interesse, baseado nas necessidades do projeto e da organização [29]. Os participantes da pesquisa serão convidados a responder o questionário GQM para avaliar se o jogo permite monitorar dados motores de forma não invasiva estando integrado a rotina diária das pessoas.

A coleta de dados será realizada no próprio espaço sendo realizada em local reservado e de forma individual e consentindo sua participação através do Termo de Consentimento.

Os voluntários da pesquisa deverão executar os seguintes procedimentos:

1. O voluntário irá jogar o jogo *Catch the Spheres* por, aproximadamente, 1 minuto e 30 segundos;
2. O voluntário irá jogar o jogo *Pinball World* por, aproximadamente, 1 minuto e 30 segundos;
3. Responder o questionário GQM.

1.3.5 MATERIAL

Para a presente pesquisa serão testados dois jogos desenvolvidos por alunos do Instituto Federal de Alagoas (IFAL) e da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Jogo: *Pinball World*

O *Pinball World* é um mini-jogo casual em terceira pessoa onde o jogador deverá controlar uma bola de pinball em busca de completar os objetivos do jogo. Os caminhos a serem percorridos durante o jogo apresentam obstáculos, como buracos, paredes e rampas, dos quais o

jogador deve desviar a bola, coletando o máximo de estrelas de ouro que encontrar pelo caminho. O jogo se ambienta num cenário de ruínas, ao redor de plantas e uma queda d'água, transmitindo uma sensação de tranquilidade ao jogador. Na Figura 5.1, ilustram-se capturas de tela do *Pinball World*. O jogador deverá mover a bola de pinball inclinando o dispositivo para esquerda, direita, frente e trás, controlando-a através dos caminhos e obstáculos, ou deixando-a descer livremente por rampas. A finalidade de controlar a bola apenas inclinando o dispositivo, através de seu acelerômetro, é capturar os níveis de tremor de movimento e repouso do jogador. O tremor de movimento é capturado durante os momentos em que o jogador precisa movimentar o dispositivo para controlar a bola e desviar de obstáculos. Em outro momento, quando o jogador mantém o dispositivo parado e precisa apenas visualizar o trajeto da bola, é possível capturar o tremor de repouso. As coordenadas do acelerômetro são capturadas a uma taxa de amostragem de 16Hz durante o curso do jogo, que requer conexão com a Internet para que as coordenadas sejam enviadas para o *webservice*. De acordo com a Tabela 1.1 [2], uma taxa de amostragem de 16Hz é suficiente para capturar os tipos de tremores que ocorrem nas mãos e membros.

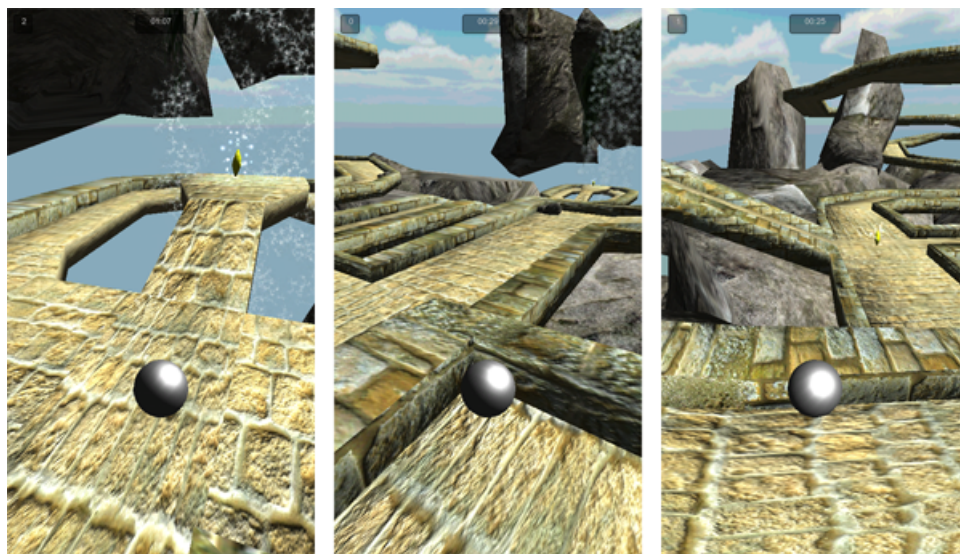


Figura 1.1: O Jogo *Pinball World*

Jogo: *Catch the Spheres*

O jogo *Catch the Spheres* é em terceira pessoa no qual o jogador, através de seu personagem, deverá capturar ou desviar de bolas que vêm em sua direção. Existem dois tipos de bolas:

Tabela 1.1: Tipos de tremor, diferenciados pela frequência, amplitude e início em relação a movimentos voluntários

Frequência	Tipo de tremor	Amplitude	Lado predominante	Relação com movimento voluntário
1-4 Hz	Cerebelar	Média-Alta	Membros	Postural, ação
3-5 Hz	Específico de tarefa	Baixa-Média	Mão	Escrita, segurar talheres, tocar instrumentos
4-5 Hz	Parkinsoniano	Média-Alta	Membros, mandíbula	Repouso
5-8 Hz	Essencial	Média-Alta	Membros, cabeça, voz	Postural
8-12 Hz	Fisiológico	Média	Membros	Postural
14-16 Hz	Ortostático	Baixa-Média	Pernas, tronco	Ficar de pé

azuis e vermelhas. Inicialmente, todas as bolas são vermelhas e algumas destas mudam para a cor azul ao se aproximarem do jogador. O tempo para a bola mudar de cor pode ser menor ou maior, a depender do nível de dificuldade selecionado. Um personagem no centro do cenário replica todos os movimentos executados pelo jogador e capturado através do dispositivo de captura de vídeo. Deve-se tocar as bolas azuis com os pés ou as mãos e desviar das bolas.

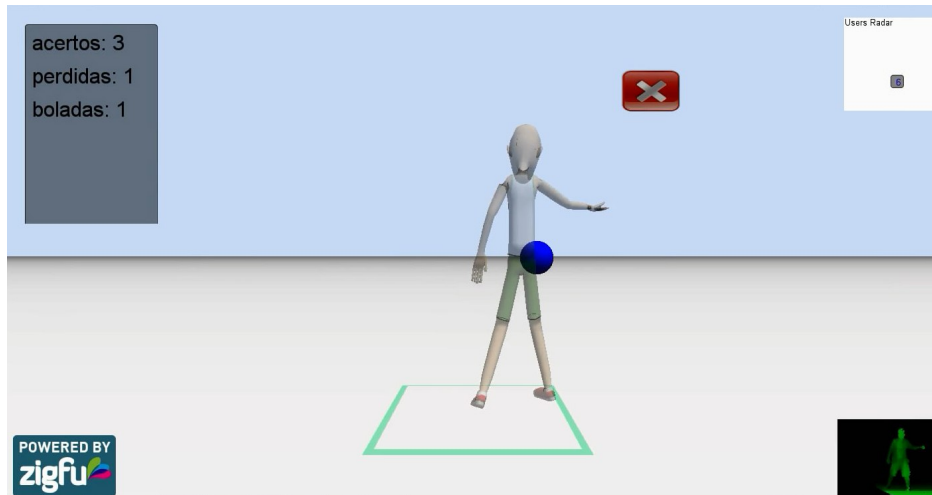


Figura 1.2: O jogo *Catch the Spheres*

A finalidade do jogo é capturar dados do movimento do jogador enquanto ele executa as ações específicas do jogo. O intervalo de tempo entre o momento em que a bola muda de cor e o momento em que a bola é capturada pelo jogador mede o reflexo do jogador, enquanto que a velocidade dos seus membros é calculada através da distância percorrida pelas mãos ou pés para capturar as bolas. Com a execução desse jogo, pretende-se colher dados para conseguir classificar os sintomas da DP como: Bradicinesia e Discinesia.

Bibliografia

- [1] Rikke Aarhus and Stinne Aaløkke Ballegaard. Negotiating boundaries: managing disease at home. In *Proceedings of the 28th international conference on Human factors in computing systems*, CHI '10, pages 1223–1232, New York, NY, USA, 2010. ACM.
- [2] Alberto Albanese and Joseph Jankovic. *Hyperkinetic Movement Disorder - Differential Diagnosis and Treatment*. Wiley-Blackwell, 2012.
- [3] Hande Alemdar and Cem Ersoy. Wireless sensor networks for healthcare: A survey. *Computer Networks*, 54(15):2688–2710, October 2010.
- [4] Entertainment Software Association. Essential facts about the u.s. computer and video game industry, 2011.
- [5] M. Bachlin, M. Plotnik, D. Roggen, N. Inbar, N. Giladi, J. Hausdorff, and G. Trost. Parkinsons disease patients perspective on context aware wearable technology for auditive assistance. In *3rd International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare, 2009. PervasiveHealth 2009*, pages 1–8. IEEE, April 2009.
- [6] Stinne Aaløkke Ballegaard, Thomas Riisgaard Hansen, and Morten Kyng. Healthcare in everyday life: designing healthcare services for daily life. In *Proceeding of the twenty-sixth annual SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, CHI '08, pages 1807–1816, New York, NY, USA, 2008. ACM.
- [7] Tom Baranowski, Richard Buday, Debbie I Thompson, and Janice Baranowski. Playing for real: video games and stories for health-related behavior change. *American Journal of Preventive Medicine*, 34(1):74–82, 2008.

- [8] N.A. Bartolome, A.M. Zorrilla, and B.G. Zapirain. Can game-based therapies be trusted? is game-based education effective? a systematic review of the serious games for health and education. In *Computer Games (CGAMES), 2011 16th International Conference on*, pages 275 –282, july 2011.
- [9] Chien-Wen Cho, Wen-Hung Chao, Sheng-Huang Lin, and You-Yin Chen. A vision-based analysis system for gait recognition in patients with parkinson’s disease. *Expert Syst. Appl.*, 36:7033–7039, April 2009.
- [10] Silvia Silva da Costa Botelho César Augusto Otero Vaghetti, Pollyana Notargiacomo Mustaro. Exergames no ciberespaço: uma possibilidade para educação física. *SBC - Proceedings of SBGames*, 2011.
- [11] S. Fahn and R. Elton. Unified parkinson’s disease rating scale. In S. et al Fahn, editor, *Recent developments in Parkinson’s disease*, pages 153–63. Macmillan Health Care Information, New Jersey, 1987.
- [12] Fátima Goulart and Luciana Xavier Pereira. Uso de escalas para avaliação da doença de parkinson em fisioterapia. *Fisioterapia e Pesquisa*, Volume II, 2005.
- [13] S. Hardy, A. El Saddik, S. Gobel, and R. Steinmetz. Context aware serious games framework for sport and health. In *Medical Measurements and Applications Proceedings (MeMeA), 2011 IEEE International Workshop on*, pages 248 –252, may 2011.
- [14] M M Hoehn and M D Yahr. Parkinsonism: onset, progression, and mortality. 1967. *Neurology*, 57(2):318 and 16 pages following, 2001.
- [15] K. Kahol. Integrative gaming: a framework for sustainable game-based diabetes management. *J Diabetes Sci Technol*, 5(2):293–300, 2011.
- [16] Bozena Kostek, Katarzyna Kaszuba, Pawel Zwan, Piotr Robowski, and Jaroslaw Slawek. Automatic assessment of the motor state of the parkinson’s disease patient - a case study. *Diagn Pathol*, 7:18, 2012.
- [17] R. LeMoyne, T. Mastroianni, M. Cozza, C. Coroian, and W. Grundfest. Implementation of an iphone for characterizing parkinson’s disease tremor through a wireless

- accelerometer application. In *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2010 Annual International Conference of the IEEE*, pages 4954–4958, 31 2010-sept. 4 2010.
- [18] Murilo S. Menezes. *Doença De Parkinson*. 2003.
- [19] Luciane Costa Campos Milena Rodrigues. EstratÉgia para o tratamento com levodopa na doenÇa de parkinson. *Revista Analytica*, 26, 2006.
- [20] Portaria SAS/MS nº 228 de 10 de maio de 2010 (Republicada em 27.08.10). *Protocolo Clínico E Diretrizes Terapêutica - Doença de Parkinson*. Ministério da Saúde, 2010.
- [21] D L Bailey G V Sawle D J Brooks P K Morrish, J S Rakshi. Measuring the rate of progression and estimating the preclinical period of parkinson’s disease with [f]dopa pet. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 64:314–319, 1998.
- [22] S. Patel, K. Lorincz, R. Hughes, N. Huggins, J. Growdon, D. Standaert, M. Akay, J. Dy, M. Welsh, and P. Bonato. Monitoring motor fluctuations in patients with parkinson’s disease using wearable sensors. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 13(6):864–873, November 2009.
- [23] L.P. ROWLAND. *TRATADO DE NEUROLOGIA*. GUANABARA.
- [24] Ruggieri S. Silver DE. Initiating therapy for parkinson’s disease. *Neurology*., 44, 1998.
- [25] Katja Suhonen, Heli Väättäjä, Tytti Virtanen, and Roope Raisamo. Seriously fun: exploring how to combine promoting health awareness and engaging gameplay. In *Proceedings of the 12th international conference on Entertainment and media in the ubiquitous era*, MindTrek ’08, pages 18–22, New York, NY, USA, 2008. ACM.
- [26] Penelope Sweetser and Peta Wyeth. Gameflow: a model for evaluating player enjoyment in games. *Comput. Entertain.*, 3(3):3–3, July 2005.
- [27] J. Synnott, Liming Chen, C.D. Nugent, and G. Moore. Wiipd objective home assessment of parkinson’s disease using the nintendo wii remote. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 16(6):1304–1312, 2012.

-
- [28] Eduardo Tolosa, Gregor Wenning, and Werner Poewe. The diagnosis of parkinson's disease. *The Lancet Neurology*, 5(1):75–86, January 2006.
- [29] R. Van Solingen and E. Berghout. *The Goal/Question/Metric Method: A Practical Guide for Quality Improvement of Software Development*. McGraw-Hill, 1999.