

# Strategy for Support People with Physical Limitation using Games and Wearable Device Myo

*Flávia Gonçalves Fernandes, Alexandre Cardoso and Renato de Aquino Lopes*

**Abstract**—The characteristic of immersion, involvement and motivation have made serious games an important tool to be used in the medical field. However, there are people that, for some physical disability, are not able to, or don't feel motivated to play. In this perspective, this work presents a strategy to support human-computer interactions for children with a disability in their upper limbs through a wearable device, with the objective of improving access to digital games for the target audience. For the development of this work, the wearable device Myo was used to control a puzzle game as a means of providing the interaction between the individual and the game. In this context, the game is controlled with the movement of the user's upper limb that presents the disability, through the Myo device. For the validation of this research, the game developed was made available for individuals presenting a disability in the upper limbs, from an age range between five and fifteen years old, of the Association of Assistance to the Disabled Child (AADC). Soon, it was noticed that the participants of the research soon could play while utilizing the deficient limb with Myo's support and felt more motivated to play. On the long run, it's expected to contribute to the motivation of patients through technological innovation, so that the process of body consciousness is made more interactive, attractive and playful.

**Index Terms**—Biomedical informatics; Microsensors; Wearable computers.

## I. INTRODUÇÃO

DE acordo com dados do censo do Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE) de 2015, há 12,7 milhões de pessoas portadoras de algum tipo de deficiência no Brasil, o que corresponde a cerca de 6,2% da população. Grande parte dessas pessoas definem o tipo da deficiência como limitação física. Desse modo, é de grande relevância desenvolver melhorias para essa classe de pessoas, contribuindo, assim, para a inclusão social das mesmas [1].

Muitas vezes, pessoas com deficiência física ou mental são vítimas de preconceito e discriminação. Também, há o costume de não receber o mesmo tipo de tratamento e ter a liberdade de ir e vir prejudicada pelas más condições de vias

Flávia Gonçalves Fernandes é Professora do Departamento de Ciências da Computação da Universidade Federal de Goiás - Regional Catalão (DCC/UFG/RC) - Unidade Acadêmica Especial de Biotecnologia (flavia.fernandes92@gmail.com).

Alexandre Cardoso é Professor Associado da Universidade Federal de Uberlândia, Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica (alexandre@ufu.br).

Renato de Aquino Lopes é Professor Titular da Universidade Federal de Uberlândia. Tem experiência na área de Ciência da Computação (profrenatolopes@gmail.com).

de acesso público e privado. Porém, a Declaração Universal dos Direitos Humanos deixa claro que todas as pessoas devem ser tratadas fraternalmente, independente de deficiências. No caso específico do Brasil, a Constituição Federal define como meta a busca do bem-estar de todos, sem quaisquer tipos de discriminação. Da mesma maneira, o Código Penal brasileiro determina como passível de punição os atos criminosos e de desrespeito causados por fatores discriminatórios [2].

Pessoas com deficiência física nos membros superiores possuem limitações para realizar as atividades diárias [3]. Dessa forma, também podem ter dificuldades para utilizar dispositivos tecnológicos, como computadores, tablets, celulares, em atividades que necessitam de duas mãos, como jogos digitais, por exemplo. Além disso, o longo tempo necessário para a promoção da consciência corporal, aceitação da deficiência e a pouca motivação gerada pelos métodos tradicionais são apontados como motivo de abandono do tratamento, caracterizando-se como uma das principais causas de falha terapêutica [4]. Outro problema encontrado por pessoas com deficiência física é a falta de recursos que possibilitem dar continuidade no tratamento domiciliar, com pouco ou nenhum monitoramento presencial de um terapeuta [5]. Ainda é importante lembrar que, geralmente, as pessoas que nascem com malformação congênita de algum membro do corpo humano, também possuem outros problemas de saúde, que podem ser físicos (em outros membros), mentais, cardiovasculares, respiratórios, entre outros.

Por outro lado, existem trabalhos, tais como *PhysioPlay* [6] e *MoVER - Movement in Virtual Environment for Rehabilitation* [7], que comprovam a eficiência do uso de jogos na motivação de pacientes em continuar o tratamento de fisioterapia dos membros superiores. Ambos são jogos sérios que simulam movimentos fisioterapêuticos por meio de desafios para a realização de tarefas virtuais com o uso do corpo humano, demonstrando a possibilidade de tratamento remoto para a promoção da consciência corporal e o seu baixo custo.

Assim, a utilização do jogo digital pode tornar-se uma alternativa em proporcionar maior motivação nas brincadeiras por meio de desafios com técnicas virtuais, trabalhando conceitos que podem auxiliar na cognição, nos aspectos emocionais e físicos dos pacientes, no favorecimento dos movimentos do membro afetado, lazer, socialização e convivência com outras crianças.

Além disso, a promoção da consciência corporal de forma virtual por meio de jogos visa simular situações reais; também

percebe-se que o uso dela melhora a funcionalidade dos membros acometidos e o leva a retomar as atividades nas áreas de desempenho ocupacional [8].

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi desenvolver e avaliar o uso de um jogo de quebra-cabeça, utilizando o dispositivo vestível *Myo* como forma de interação, para prover uma melhor acessibilidade às pessoas que possuam algum tipo de deficiência nos membros superiores.

## II. TRABALHOS RELACIONADOS

Dentre os trabalhos disponíveis na literatura, alguns deles apresentam desenvolvimento, conceitos e referências teóricas relacionados ao tema em questão. Assim, alguns trabalhos correlatos foram selecionados.

O trabalho [9] apresenta os resultados de um estudo preliminar com uma criança com paralisia cerebral utilizando o *ReHaptic Handle*, um novo dispositivo robótico para a reabilitação pediátrica da função do membro superior.

O trabalho [10] trata-se de um sistema de reabilitação da mão para pacientes vítimas de Acidente Vascular Cerebral (AVC), que não possuem deficiência física, mas dificuldade de manuseio de objetos. Nesse sistema, o usuário faz diversos exercícios repetitivos para recuperar os movimentos da mão e, além do *Myo*, utilizam uma luva com sensores.

O trabalho [11] propõe o uso do reconhecimento de posturas e gestos das gravações eletromiografia (EMG) adquiridos por um sensor recentemente introduzido: braçadeira *Myo Thalmic Labs*. Este protótipo foi criado para pessoas que utilizam cadeira de rodas. Assim, o usuário movimentava a cadeira de rodas por meio de seus próprios gestos do braço em que está colocado o *Myo*. Neste caso, a deficiência das pessoas dá-se nos membros inferiores. A precisão de reconhecimento obtida para um conjunto de seis gestos e posturas é promissor, com uma precisão superior a 97%.

Nestes projetos correlatos, o meio de interação poderia ser trocado para *Kinect* e *joystick*, respectivamente, o que provavelmente atingiria o mesmo resultado. Porém, no presente trabalho, estas outras ferramentas tecnológicas não poderiam ser utilizadas, uma vez que as pessoas possuem deficiência física nos membros superiores e têm dificuldade em utilizar as ferramentas citadas.

O trabalho [12] apresenta um jogo sério utilizando o *Myo* como forma de interação para motivação de crianças que nasceram com ausência parcial dos membros superiores a utilizar prótese, visto que a deficiência é congênita e a aceitação é mais difícil, nesses casos.

O trabalho [13] apresenta o desenvolvimento de um jogo sério para reabilitação de crianças com deficiência nos membros superiores, com a finalidade de movimentar e exercitar os membros, também utilizando o dispositivo *Myo* como meio de interação entre usuário e jogo.

O trabalho [14] apresenta a adaptação de jogos sérios para auxiliar na inclusão escolar de crianças com deficiência física nos membros superiores, por meio do uso do dispositivo vestível *Myo*.

Os trabalhos [12], [13] e [14] foram apenas propostas desenvolvidas. Porém, não foram realizados testes. Logo, não há resultados concretos sobre os mesmos.

O trabalho [15] apresenta de forma detalhada o desenvolvimento do presente trabalho, englobando todas as etapas necessárias e os progressos alcançados para atender às reais necessidades do público-alvo da pesquisa.

## III. MATERIAIS E MÉTODOS

Primeiramente, na fase de Concepção, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre jogos aplicados à área da saúde e em pessoas com deficiência, classificação de jogos e sua respectiva teoria do Flow, tipos de deficiência física nos membros superiores, interfaces naturais, dispositivos vestíveis, dentre outros conceitos importantes. A finalidade desta pesquisa é solucionar o seguinte problema: a dificuldade que pessoas com deficiência física nos membros superiores, principalmente crianças e adolescentes, tem ao utilizar dispositivos tecnológicos tradicionais, necessitando, muitas vezes, da ajuda de terceiros.

Após o levantamento bibliográfico e a seleção dos trabalhos relacionados, entrou-se em contato com a Associação de Assistência à Criança Deficiente (AACD)/Unidade Uberlândia, para entender melhor o domínio do problema. Além disso, foi escrito e submetido o projeto para avaliação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Uberlândia por meio do sistema online chamado Plataforma Brasil, juntamente com a equipe da instituição: formada pela coordenadora, médicos, fisioterapeutas, terapeutas ocupacionais.

O CEP é um colegiado independente criado para defender os interesses dos participantes das pesquisas em sua integridade e dignidade, e para contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos, conforme resoluções do Conselho Nacional de Saúde (CNS).

O projeto foi submetido na Plataforma Brasil com título: Jogos Sérios para Apoio à Reabilitação de Pacientes com Deficiência Física utilizando Interfaces Naturais, e CAAE: 55704316.3.0000.5152.

A AACD foi escolhida como instituição coparticipante da pesquisa, visto que ela é a unidade mais próxima da Universidade Federal de Uberlândia, onde foi desenvolvida a pesquisa, que viabiliza o tratamento de promoção da consciência corporal do público-alvo dessa pesquisa: crianças e adolescentes com deficiência física nos membros superiores. Além disso, ela é a organização mais abrangente criada para receber o público-alvo desta pesquisa, atendendo pacientes de diversas cidades da região. A finalidade da AACD é proporcionar a melhoria da qualidade de vida e aquisição de maior autonomia e independência às pessoas com deficiência.

Na fase de Elaboração, utilizou-se o *software Enterprise Architect* para modelagem da arquitetura do sistema e a construção de diagramas UML (*Unified Modeling Language*), de casos de uso, de classes, de atividades, análise de requisitos funcionais e não-funcionais da aplicação.

Na fase de Construção, foram utilizados o *software Unity 3D* e a linguagem de programação *C#* para desenvolvimento

do jogo de quebra-cabeça com três níveis de dificuldade. Posteriormente, alterou-se o *Software Development Kit* (SDK ou Kit de Desenvolvimento de Software) do dispositivo vestível *Myo*, implementando-o no jogo.

Para o controle dos jogos, foi utilizado o dispositivo *Myo*, um bracelete capaz de controlar aplicações por meio de gestos e interagir com computadores e outros meios digitais similares, reconhecendo impulsos elétricos nos músculos do usuário. Ele é um modelo comercializado livremente, não só para pesquisadores, mas também para consumidores comuns que desejam utilizá-lo em jogos de computador ou para controle de outras aplicações.

Por ser um método não-invasivo de eletromiografia, o dispositivo *Myo* não provoca efeitos colaterais ao participante da pesquisa, visto que é um acessório similar a um relógio ou pulseira, o qual não causa alergia, dor, irritação na pele, calosidades, nem qualquer outro dano ou prejuízo físico. Ele capta os gestos do participante e, em seguida, transmite para o computador, o qual reconhece os movimentos e executa as atividades durante a execução dos jogos.

A construção do jogo e a escolha do gênero utilizado para esta pesquisa foram acompanhadas pela equipe da AACD, a qual tem maior experiência com os pacientes, público-alvo do trabalho.

Na fase de Testes, a equipe da AACD fez um levantamento de crianças e adolescentes com faixa etária de oito a quinze anos que possuem deficiência nos membros superiores e frequentam a instituição.

#### IV. DESENVOLVIMENTO

Primeiramente, foi realizado um estudo sobre o dispositivo vestível *Myo* com a finalidade de aprender sobre os seus comandos de execução, suas características, seus princípios de funcionamento.

Os símbolos apresentados na Figura 1 são os principais gestos realizados pelo usuário durante a execução de aplicações controladas pelo *Myo*, conforme padrão do dispositivo vestível.



Fig. 1. Gestos executados pelo usuário.

Um jogo de quebra-cabeça foi escolhido, porque este tipo de jogo pode auxiliar tanto na promoção da consciência corporal dos pacientes quanto nos aspectos cognitivos, uma vez que exercita o raciocínio lógico dos usuários, segundo informações obtidas com os profissionais da AACD.

Nessa perspectiva, foram realizados vários testes para entender o funcionamento do bracelete e dos *plugins* disponibilizados para *download*, com a finalidade de conhecer as várias possibilidades do que se pode fazer com o *Myo*.

No jogo de quebra-cabeça apresentado, o gesto *Double Tap* é utilizado para iniciar o jogo. Os gestos *Wave Left* e *Wave Right* são utilizados para selecionar as peças do quebra-cabeça para a esquerda e para a direita, respectivamente. Para mover

as peças até o grid, utiliza-se o gesto *Fist*, e para encaixar as peças do quebra-cabeça no grid, utiliza-se o gesto *Fingers Spread*.

Para o desenvolvimento do jogo, foi utilizada a *game engine Unity 3D*, por oferecer diversos recursos de computação gráfica necessários para implementação do projeto, além de possuir *plugin* de compatibilidade com o dispositivo vestível *Myo*. Também foi utilizada a linguagem de programação *C#*, por ser de fácil compatibilidade com o *software Unity 3D*.

Após esses procedimentos, pode-se desbloquear o *software*, colocar o *Myo* no braço do usuário, efetuar a calibração do dispositivo e usar os movimentos do braço da pessoa, ao invés de *mouse* e teclado.

Dessa forma, foram substituídos os comandos que utilizam o mouse e teclado no jogo por gestos do usuário, para que o sistema seja usado com o dispositivo vestível *Myo*.

#### V. CONCEPÇÃO E APLICAÇÃO DOS TESTES

Primeiramente, a AACD fez um levantamento do público-alvo para a pesquisa: crianças e adolescentes com faixa etária entre oito e quinze anos que possuem deficiência física nos membros superiores.

Neste levantamento, foram encontradas 44 pacientes que já frequentaram a instituição com este tipo de deficiência. Em seguida, foram feitas ligações telefônicas para entrar em contato com as famílias desses pacientes e explicar sobre a pesquisa. Dos 44 pacientes, 24 manifestaram interesse em participar da pesquisa. Os outros 20 pacientes não participaram pelos seguintes motivos: alguns não foram encontrados, pois o telefone cadastrado no sistema da instituição não existe mais; outros mudaram de cidade e/ou estado; outros moram em cidades vizinhas, mas acham difícil a locomoção até a cidade de Uberlândia para participação da pesquisa; outros alegaram que seus filhos já ganharam alta da AACD, que convivem bem com a deficiência física no cotidiano e não tem interesse em participar da pesquisa; outros ainda disseram que os filhos não queriam participar da pesquisa.

Desse modo, foi preparada uma sala da AACD para receber os pacientes e suas famílias para a realização dos testes com o jogo controlado pelo dispositivo vestível *Myo*.

Nas datas e horários marcados, apareceram dez participantes da pesquisa, onde foi apresentado o projeto em forma de slides para explicar melhor a sua finalidade, e vídeo demonstrativo de funcionamento do jogo. Posteriormente, foram entregues o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) aos pais e o Termo de Assentimento para as crianças e adolescentes, e foram solucionadas dúvidas sobre o projeto de pesquisa. Após a leitura dos TCLEs, os mesmos foram assinados.

Em seguida, foi preenchido o questionário sobre avaliação do perfil do indivíduo com os dados pessoais do participante da pesquisa (criança ou adolescente). Então, foi colocado o bracelete *Myo* no braço do participante da pesquisa para que os comandos do jogo sejam controlados pelos gestos e movimentos da criança ou adolescente.

O questionário de perfil do indivíduo abordou questões sócio-demográficas, e foi elaborado a partir de um questionário de uso interno da AACD. Este questionário foi adaptado para uma linguagem mais simples, clara e objetiva, e alterado de acordo com a necessidade, com a inclusão de novas perguntas para mensuração dos resultados, procurando atender todas as normas estabelecidas pelos regimentos da Plataforma Brasil e da instituição coparticipante.

Após a execução do jogo, foi aplicado ao participante da pesquisa um questionário sobre a avaliação da utilização do jogo mediada pelo dispositivo vestível *Myo*. O atendimento a cada participante da pesquisa foi realizado de maneira individual. Todos os procedimentos foram acompanhados pelos pais e por uma Terapeuta Ocupacional que trabalha na AACD.

O questionário para avaliação da utilização de jogos mediada pelo dispositivo *Myo* foi elaborado a partir de um questionário para avaliação de jogos educacionais, proposto por [16]. Ele foi escolhido porque aborda diversas características importantes sobre a jogabilidade com crianças, entre elas: motivação, atenção, relevância, confiança, satisfação, experiência do usuário, imersão, desafio, habilidade, competência, conforto, interesse, divertimento, aprendizado e conhecimento. Dessa forma, o questionário foi adaptado, reduzindo-o para 20 perguntas. Além das questões já existentes no questionário de [16], foram incluídas outras perguntas sobre o *Myo*, com a finalidade de abordá-lo melhor nos testes e investigar quais são os seus impactos na pesquisa. Além disso, este questionário foi feito utilizando a linguagem em primeira pessoa, adequada para a faixa etária e também com expressões faciais para facilitar o entendimento das crianças quando fossem responder o mesmo.

Os participantes da pesquisa possuem deficiência física congênita no membro superior direito. Logo, utilizam mais o membro superior esquerdo para as atividades diárias, inclusive escrever. Além disso, alguns participantes ainda têm vergonha e querem esconder o membro que possui a deficiência e não queriam jogar com ele, apenas com o outro braço. Para isso, inicialmente, cada criança jogou com o braço esquerdo (sem deficiência) e, depois, com o braço direito (com deficiência). Com isso, percebeu-se que as crianças sentiram-se mais motivadas a utilizar o braço com deficiência.

Algumas crianças tiveram o comportamento igual ao jogar com ambos os braços. Porém, outras apresentaram maior dificuldade de controlar o jogo com o braço que possui a deficiência. Isso pode ocorrer devido a vários fatores, dentre eles: pouco uso do membro com deficiência e anomalias musculares próprias da deficiência.

Os pais das crianças, que presenciaram a realização dos testes, gostaram da utilização de jogos mediados pelo dispositivo *Myo*, pois acreditam que esta prática pode auxiliar na melhoria da funcionalidade do membro com deficiência e da aceitação da mesma. Eles alegaram que, apesar do tratamento já realizado pela AACD, acompanhamento com psicólogos, fisioterapeutas, terapeutas ocupacionais, ainda é muito difícil para as crianças lidar com a deficiência, principalmente na fase da adolescência, pois possuem muita

vergonha, sentem-se diferentes das demais pessoas ou incapazes de realizar determinadas atividades, mesmo que a deficiência seja mínima, como de um dedo, por exemplo.

A Figura 2 mostra uma paciente de 13 anos que possui hipoplasia total do dedo polegar direito, ou seja, ausência do dedo polegar direito. Porém, todos os seus dedos da mão direita são menores e mais enrijecidos do que os dedos da mão esquerda, impossibilitando que ela utilize a mão direita normalmente.



Fig. 2. Criança com hipoplasia total do dedo polegar direito.

A Figura 3 exibe uma paciente de 12 anos que possui agenesia de mão direita, ou seja, ausência da mão direita.



Fig. 3. Criança com agenesia de mão direita.

A partir dos testes realizados com os pacientes da AACD, foram analisados os dados obtidos com a aplicação do questionário para avaliação do perfil do indivíduo aos 10 indivíduos que participaram da pesquisa.

Os testes foram realizados com: uma criança de 8 anos, uma criança de 9 anos, duas crianças de 10 anos, duas crianças de 11 anos, duas crianças de 12 anos e duas crianças de 13 anos. Dessas crianças, 6 indivíduos eram do gênero feminino e 4 eram do gênero masculino.

As 10 crianças que participaram da pesquisa possuem deficiência física congênita (desde o nascimento), ocasionada por malformação durante a gestação: 5 crianças possuíam agenesia de mão direita (CID Q71.3 - Ausência congênita de mão e de dedos) e outras 5 possuíam hipoplasia de falanges (CID Q71.8 - Outros defeitos de redução do membro superior). As crianças possuem outras deficiências também, podendo ser físicas (nos membros inferiores), mentais ou cardiovasculares.

As outras perguntas do questionário de avaliação do perfil dos indivíduos participantes da pesquisa permitiram identificar que os gêneros de jogos preferidos das crianças são: jogos de aventura, raciocínio e criatividade.

Além disso, verificou-se que as crianças estão no ensino fundamental, a maioria está no ano escolar adequado para sua idade. Porém, algumas já tiveram reprovações e estão um pouco atrasadas, pois possuem problemas de déficit de atenção, hiperatividade e dificuldade de aprendizagem.

As crianças também possuem limitações para a realização das atividades cotidianas que necessitam de ambas as mãos, visto que as 10 crianças que participaram da pesquisa possuem deficiência no membro superior direito. Dessa forma, elas são canhotas e procuram fazer a maioria das atividades com a mão esquerda.

Também questionou-se sobre o grau de experiência das crianças com tecnologia, computadores, *tablets* e celulares. As respostas obtidas indicaram que os participantes da pesquisa usam dispositivos tecnológicos de modo intensivo, apesar de possuírem deficiência no membro superior. Porém, os pais disseram que seus filhos gostam de utilizar esses aparelhos apenas em casa, com a família. Em ambientes externos, elas têm vergonha de mostrar a sua limitação motora no membro superior para pessoas desconhecidas, devido ao receio de preconceito e rejeição.

Além disso, foi perguntado às crianças referente ao grau de experiência das crianças com jogos digitais e vídeo game. Nele, observa-se que há um uso moderado de jogos. Segundo os pais, as crianças não conseguem jogar a maioria dos jogos digitais sozinhas devido à deficiência no membro superior direito, e ficam frustradas por não terem autonomia ao realizar esta prática. Então, os pais alegaram que não autorizam seus filhos a jogar muito para evitar esse tipo de situação, o que pode acarretar comportamento de baixa autoestima das crianças e redução do convívio social.

Portanto, apesar dos participantes da pesquisa usarem aparatos tecnológicos com muita frequência, eles não costumam jogar. Logo, este trabalho é importante para incentivar o público-alvo a ampliar o seu acesso ao entretenimento digital, uma vez que jogos digitais podem ser importantes para o processo de promoção da consciência corporal das crianças e adolescentes com deficiência nos membros superiores. Também podem trazer outros benefícios, como auxiliar na aceitação da limitação motora, motivar os pacientes a utilizar com maior frequência o membro com deficiência, desenvolver e criar habilidades, despertar potenciais, conhecer novas tecnologias, melhorar a cognição, os aspectos emocionais e físicos, a socialização e o lazer.

Em seguida, foi aplicado um questionário aos participantes da pesquisa após a utilização do jogo mediado pelo dispositivo *Myo*. São vinte perguntas que abordam diversas características sobre os testes envolvendo jogos controlados pelo *Myo*.

## VI. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A partir do questionário aplicado para os participantes da pesquisa após a utilização do jogo de quebra-cabeça mediado pelo dispositivo *Myo*, foram obtidos os seguintes resultados.

Para a 1ª pergunta do questionário: Eu já conhecia o dispositivo *Myo*?, todos os participantes da pesquisa responderam: Nada, o que corresponde a 100% da amostra. Assim, pode-se observar que nenhum dos participantes da pesquisa conhecia o *Myo*, ou seja, o bracelete foi uma novidade para as crianças envolvidas nos testes e para os seus respectivos pais.

Para a 2ª pergunta do questionário: Eu já utilizei o *Myo* anteriormente?, todos os participantes da pesquisa responderam: Nada, o que corresponde a 100% da amostra. Dessa forma, verifica-se que nenhum dos participantes da pesquisa já utilizou o dispositivo vestível, isto é, esse foi o primeiro contato dos usuários com o *Myo*.

Na Figura 4, é mostrado o resultado referente às respostas para a 3ª pergunta do questionário: Foi fácil aprender a utilizar o *Myo* para jogar?, em que 50% responderam MUITÍSSIMO, 30% responderam Muito e 20% responderam Mais ou Menos. Então, observa-se que a aprendizagem para utilização do *Myo* foi moderada, visto que as respostas apresentadas foram variadas. Isso ocorreu porque algumas crianças têm déficit de atenção e dificuldade de aprendizagem, correlacionadas à deficiência física no membro superior, o que, consequentemente, também pode prejudicar a adaptação ao novo método de jogar.

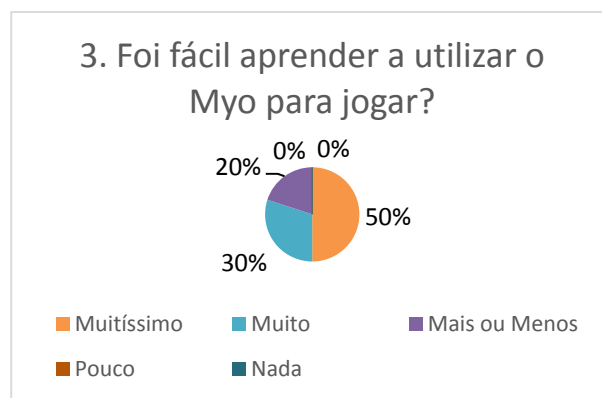


Fig. 4. Facilidade de adaptação ao *Myo*.

Para a 4ª pergunta do questionário: Foi confortável utilizar o *Myo* para jogar?, todos os participantes da pesquisa responderam: MUITÍSSIMO, o que corresponde a 100% da amostra. Dessa forma, pode-se observar que todos os participantes da pesquisa apreciaram o conforto do dispositivo vestível, uma vez que ele não machuca nem provoca alergias, é similar a um bracelete ou pulseira.

Para a 5ª pergunta do questionário: Gostei de controlar o jogo utilizando o *Myo*?, todos os participantes responderam: MUITÍSSIMO, o que corresponde a 100% da amostra. Assim, verifica-se que todos os participantes da pesquisa gostaram de controlar o jogo utilizando o *Myo*, pois a possibilidade de usá-lo para controlar os comandos do jogo foi uma grande novidade para as crianças.

Para a 6ª pergunta do questionário: O *Myo* atendeu às minhas expectativas?, todos os participantes responderam: MUITÍSSIMO, o que corresponde a 100% da amostra. Desse modo, percebe-se que o dispositivo atendeu às expectativas de

todas as crianças que participaram da pesquisa. Elas ficaram muito empolgadas quando o projeto foi apresentado à elas em forma de slides e vídeo demonstrativo. Elas também ficaram muito felizes e surpresas ao aprender a jogar e ao conseguir controlar o jogo com seus próprios gestos.

Para a 7ª pergunta do questionário: Eu achei o jogo legal e interessante?, todos os participantes responderam: MUITÍSSIMO, o que corresponde a 100% da amostra. Assim, observa-se que todos os participantes acharam o jogo legal e interessante, e sentiram-se motivadas a executar os comandos do jogo utilizando seus próprios gestos, a acertar as peças de encaixe no quebra-cabeça e concluir o jogo.

Para a 8ª pergunta do questionário: Foi fácil manter a atenção no jogo?, todos os participantes responderam: MUITÍSSIMO, o que corresponde a 100% da amostra. Dessa maneira, verifica-se que todos os participantes da pesquisa consideraram fácil manter a atenção no jogo. Primeiramente, porque as crianças estavam interessadas em realizar os movimentos corretos com o membro superior para concluir o jogo e atingir maior pontuação. Além disso, o quebra-cabeça é um jogo que exige raciocínio e atenção para ser jogado.

Outro aspecto importante observado foi que, apesar do uso do novo dispositivo para as crianças, já que elas não conheciam o *Myo*, e da sua utilização pelo membro com deficiência, elas mantiveram a atenção no jogo, o interesse em jogar e concluir os níveis do quebra-cabeça. Ou seja, é uma indicação de que elas estiveram em *flow*, estado mental de operação em que a pessoa está imersa no que está fazendo, caracterizado por um sentimento de total envolvimento e sucesso no processo da atividade.

Na Figura 5, é mostrado o resultado referente às respostas para a 9ª pergunta do questionário: As atividades do jogo foram fáceis de entender?, em que 80% responderam MUITÍSSIMO e 20% responderam Muito. Assim, percebe-se que os participantes da pesquisa consideraram as atividades do jogo de fácil entendimento, visto que o quebra-cabeça é um tipo de jogo conhecido por eles, e as imagens a serem montadas são de animais, algo de conhecimento deles também.

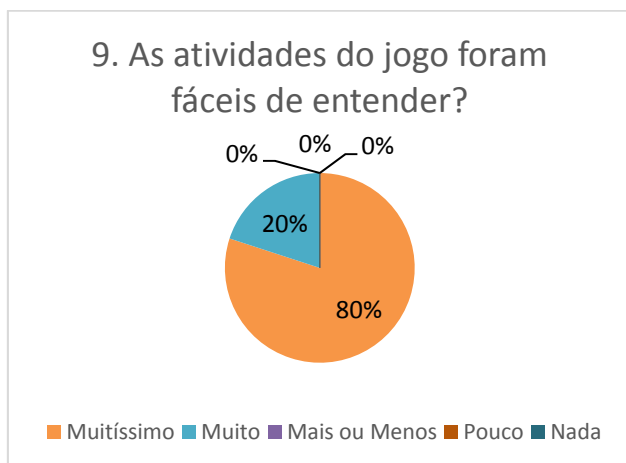


Fig. 5. Facilidade de entendimento do jogo.

A Figura 6 apresenta o gráfico referente às respostas para a 10ª pergunta do questionário: Foi fácil aprender os comandos para execução do jogo?, em que 40% responderam MUITÍSSIMO, 40% responderam Muito e 20% responderam Mais ou Menos. Dessa forma, observa-se que aprender os comandos para execução do jogo foi algo considerado moderado, uma vez que as crianças não conheciam o dispositivo *Myo* nem outras tecnologias que controlam jogos por meio de gestos. Além disso, as crianças possuem vergonha, limitação motora e pouca frequência de uso do membro superior utilizado para jogar.

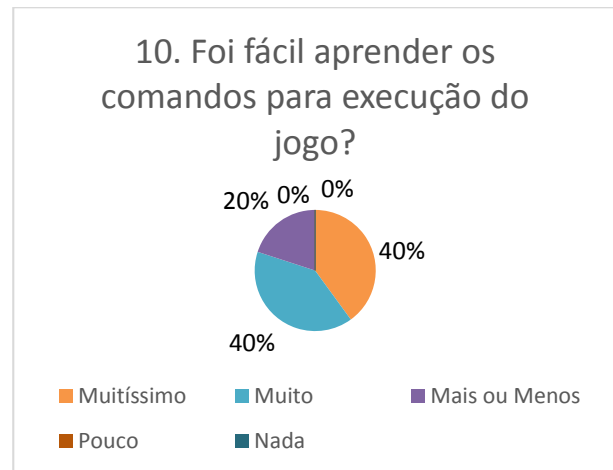


Fig. 6. Facilidade em aprender os comandos do jogo.

Na Figura 7, é exibido o resultado referente às respostas para a 11ª pergunta do questionário: Eu consegui executar todos os comandos do jogo?, em que 60% responderam MUITÍSSIMO e 40% responderam Muito. Então, percebe-se que todos os participantes do jogo conseguiram executar todos os comandos do jogo, apesar da novidade e de, inicialmente, não quererem utilizar o membro com deficiência para jogar. Porém, depois demonstraram habilidade e satisfação ao jogar o quebra-cabeça com o *Myo*.

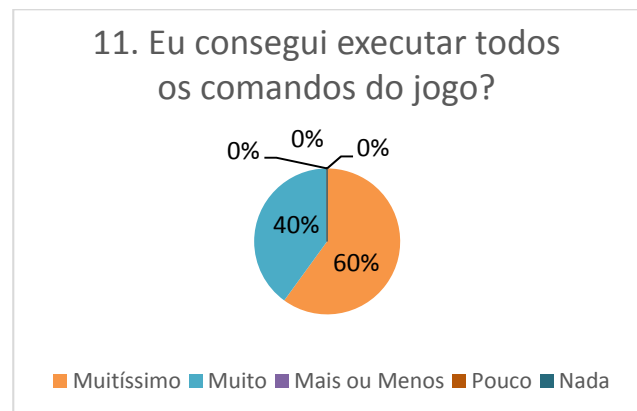


Fig. 7. Habilidade com o jogo.

Para a 12ª pergunta do questionário: Eu me esforcei para ter bons resultados no jogo?, todos os participantes responderam: MUITÍSSIMO, o que corresponde a 100% da amostra. Desse modo, pode-se observar que os participantes da pesquisa se

esforçaram para ter bons resultados no jogo, pois estavam interessados e motivados a jogar e concluir o jogo com maior pontuação.

Na Figura 8, mostra-se o resultado referente às respostas para a 13ª pergunta do questionário: A velocidade de execução do jogo foi rápida?, em que 30% responderam Muitíssimo, 40% responderam Muito e 30% responderam Mais ou Menos. Assim, verifica-se que a velocidade de execução do jogo foi mediana, uma vez que algumas crianças demoraram um pouco para aprender os comandos do jogo por meio de gestos. Elas também estavam com dificuldades devido ao pouco uso do membro com deficiência e à limitação motora do mesmo.

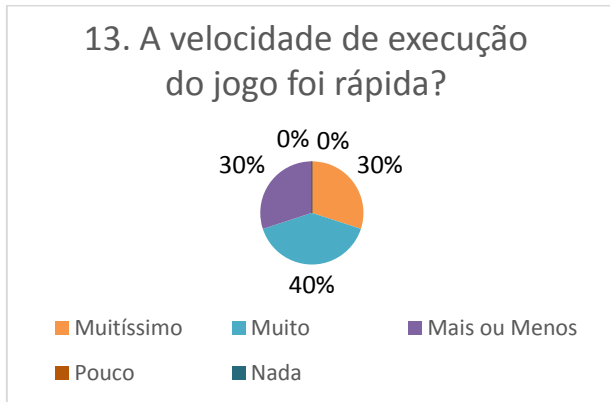


Fig. 8. Velocidade de execução do jogo.

Para a 14ª pergunta do questionário: Eu me diverti durante o jogo?, todos os participantes responderam: Muitíssimo, o que corresponde a 100% da amostra. Dessa forma, percebe-se que todos os participantes se divertiram durante o jogo. Era nítida a felicidade deles por conseguir controlar o jogo com seu próprio membro com limitação, emitiam uma sensação de surpresa e sentiam-se úteis, o que pode ampliar a sua autonomia e a aceitação da deficiência.

Para a 15ª pergunta do questionário: Eu fiquei envolvido no jogo?, todos os participantes responderam: Muitíssimo, o que corresponde a 100% da amostra. Então, observa-se que os participantes da pesquisa ficaram envolvidos com o jogo, sentiram-se imersos no jogo de quebra-cabeça, em *flow*, isto é, o balanceamento correto entre o desafio inerente à atividade e à habilidade do jogador em superá-lo. Esses fatos ocorreram devido à familiaridade com as imagens do jogo e também à praticidade do dispositivo *Myo*.

A Figura 9 apresenta o gráfico referente às respostas para a 16ª pergunta do questionário: Eu me senti ansioso ou entediado durante o jogo?, em que 20% responderam Pouco e 80% responderam Nada. Dessa forma, visualiza-se que a maioria dos participantes não se sentiram ansiosos ou entediados durante o jogo, visto que o dispositivo *Myo* e a possibilidade do controle do jogo por meio dele foram novidades atrativas e interessantes para os participantes da pesquisa.

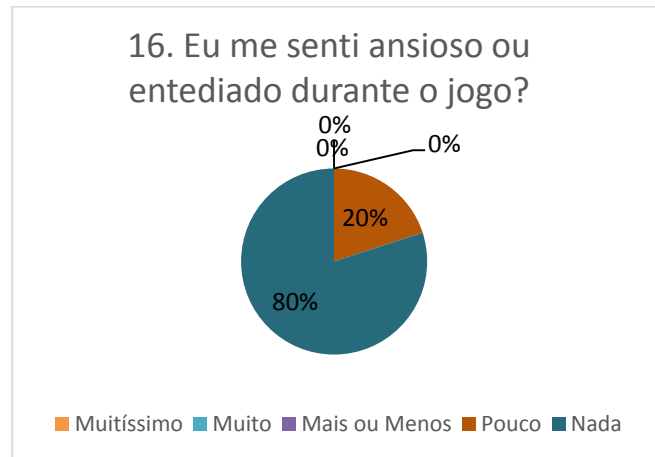


Fig. 9. Ansiedade ou tédio durante o jogo.

Para a 17ª pergunta do questionário: Eu me senti estimulado a aprender com o jogo?, todos os participantes responderam: Muitíssimo, o que corresponde a 100% da amostra. Assim, verifica-se que todos os participantes da pesquisa sentiram-se estimulados a aprender com o jogo, treinaram suas habilidades e competências, superaram os desafios e medos, com a finalidade de concluir o jogo.

A Figura 10 mostra o gráfico referente às respostas para a 18ª pergunta do questionário: Eu consegui concluir o jogo?. Dessa forma, percebe-se os participantes da pesquisa conseguiram concluir o jogo. As crianças que selecionaram a opção: Muito (50%) nesta questão apresentaram dificuldades para conseguir concluir o nível Difícil do jogo, necessitando de ajuda dos pesquisadores para dar dicas, devido ao seu déficit de atenção e dificuldade de concentração e aprendizagem. As demais crianças responderam: Muitíssimo (50%), visto que não apresentaram dificuldades para conclusão do jogo.

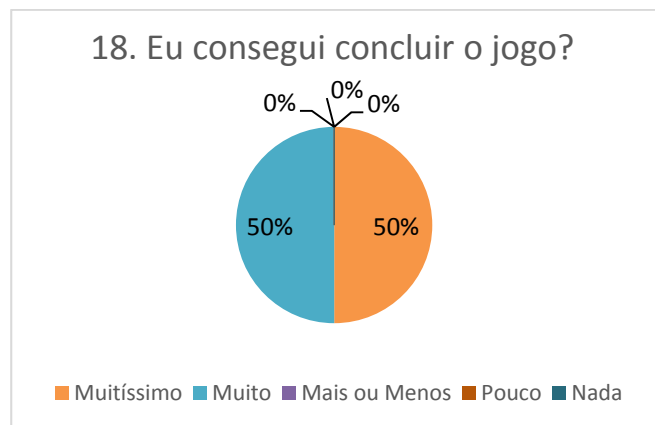


Fig. 10. Conclusão do jogo.

Na Figura 11, exibe-se o resultado referente às respostas para a 19ª pergunta do questionário: O jogo atendeu às minhas expectativas?, em que 70% responderam Muitíssimo e 30% responderam Muito. Assim, observa-se que o jogo atendeu às expectativas dos participantes da pesquisa. Eles jogaram com muito esforço e dedicação para aprender os comandos utilizando o *Myo* e concluir o quebra-cabeça.

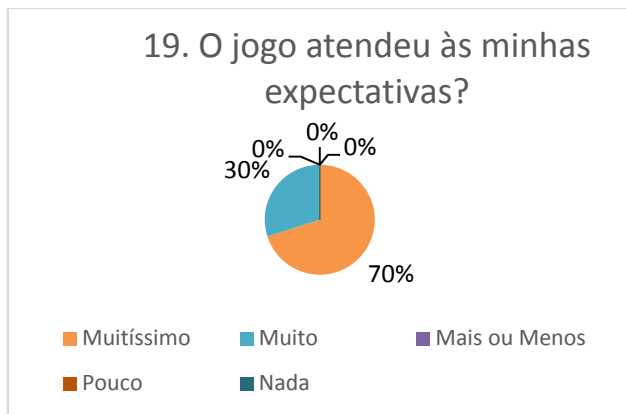


Fig. 11. Expectativas do jogo.

Para a 20ª pergunta do questionário: Eu gostaria de jogar este jogo novamente?, todos os participantes responderam: MUITÍSSIMO, o que corresponde a 100% da amostra. Dessa forma, vê-se que todos os participantes da pesquisa ficaram satisfeitos e gostariam de jogar o quebra-cabeça utilizando o *Myo* novamente. As crianças gostaram tanto de jogar com o *Myo* que não queriam ir embora, inclusive, algumas pediram aos pais a compra do *Myo* para brincarem com jogos digitais em casa. Elas encontraram uma nova possibilidade para jogar com autonomia, utilizando seu membro com deficiência, e sem a necessidade de depender de outras pessoas para ajudarem-nas a jogar. Logo, demonstra a importância e a relevância da pesquisa na vida dos participantes.

Além disso, as mães disseram que os jogos controlados pelo *Myo* podem estimular seus filhos a utilizar com maior frequência o membro com deficiência, já que atualmente elas não usam por vergonha. Também gostaram do quebra-cabeça porque auxilia no desempenho cognitivo, além do físico-motor, promovido pela utilização do *Myo*.

## VII. CONCLUSÕES

Os resultados provenientes dos testes realizados mostram que *Myo* pode ser uma boa alternativa para prover acessibilidade para pessoas com deficiência nos membros superiores. Assim, tornar os jogos digitais mais acessíveis para esse público é relevante, pois pode proporcionar maior acesso ao entretenimento digital, além de maior desenvolvimento e utilização do membro, podendo também auxiliar no processo de promoção da consciência corporal. Dessa forma, dentre os benefícios, discutidos na literatura, que o ato de jogar pode proporcionar às pessoas, cita-se esta acessibilidade para as pessoas.

A escolha do jogo de quebra cabeça se mostrou adequada para os testes pois os participantes demonstraram, por meio de suas respostas, que o jogo foi bom, estimulante e atendeu as expectativas. Foi importante a escolha de um jogo simples em virtude da faixa etária dos participantes, bem como possíveis problemas neurológicos apresentados pelos mesmos. Assim, eles puderam empreender uma maior carga cognitiva na utilização do *Myo* e não na aprendizagem do jogo, uma vez que o *Myo* era uma novidade para todos os participantes.

A utilização do *Myo* foi bem aceita. Os participantes se sentiram confortáveis e conseguiram interagir com o jogo alcançando os objetivos propostos pelo mesmo. Apesar de terem apresentado uma dificuldade moderada na utilização do *Myo*, este fato não interferiu na motivação e no envolvimento dos participantes com o jogo. Eles relataram que tiveram uma experiência divertida ao jogar. Dessa forma, percebe-se que o *Myo* pode ser utilizado como um dispositivo para melhorar a acessibilidade aos jogos digitais de pessoas com deficiência física nos membros superiores. Nessa perspectiva, tornando os jogos mais acessíveis, também espera-se uma maior utilização dos jogos digitais pelo público alvo desta pesquisa. Assim, este público poderá usufruir dos benefícios da utilização dos jogos apresentados na literatura.

As principais dificuldades encontradas na realização deste trabalho foram a demora para aprovação do projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa (cerca de sete meses) e o reconhecimento dos movimentos pelo dispositivo vestível *Myo*, devido à sua complexidade e à diversidade de variáveis envolvidas neste processo.

Portanto, verifica-se que o objetivo proposto no início deste trabalho foi alcançado, uma vez que a utilização de jogos mediados pelo dispositivo vestível *Myo* se mostrou eficiente no uso de jogos digitais para pessoas com deficiência física nos membros superiores, proporcionando maior autonomia e acessibilidade ao entretenimento digital.

Logo, diante dos resultados referentes aos testes efetuados com pacientes e os questionários respondidos por eles, pode-se afirmar que é uma modalidade terapêutica inovadora para a promoção da consciência corporal, e também pode incentivar na criação de novos objetos de estudo e sistemas na área médica.

## REFERÊNCIAS

- [1] Ibge. “Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística”. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2015/>>. Acesso em: 15 ago. 2016. 2015.
- [2] Guia de direitos. “Discriminação com Deficientes”. Disponível em: <[http://www.guiadedireitos.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1040&Itemid=264](http://www.guiadedireitos.org/index.php?option=com_content&view=article&id=1040&Itemid=264)>. Acesso em: 20 ago. 2016. 2016.
- [3] Kouroupetroglou, G.. “Disability Informatics and Web Accessibility for Motor Limitations”. IGI Global. 2013.
- [4] Dias, R.S.; Sampaio, I.L.A.; Taddeo, L.S. “Fisioterapia: A Introdução do Lúdico no processo de reabilitação de pacientes em tratamento fisioterapêutico”. In: VIII Brazilian Symposium on Games and Digital Entertainment. 4. Rio de Janeiro-RJ. 2009.
- [5] Botella, C. et al. “Treating cockroach phobia with augmented reality”. *Behavior Therapy*, v.41. n. 3, p. 401-413. 2010.
- [6] Santos, J. V. S.; Carvalho, L. C.; Bressan, P. A.. “Physioplay: um exergame para reabilitação física aplicando a interatividade do Kinect como biofeedback visual”. In: IX Workshop de Realidade Virtual e Aumentada (WRVA), Paranavaí. 2012.
- [7] Sousa Junior, V. D. et al. “MoVER: Serious Game aplicado à reabilitação motora usando sensor de movimento Kinect”. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (CSBC), Maceió. 2013.
- [8] Grande, A. A. B.; Galvão, F. R. O.; Gondim, L. C. A..



- “Reabilitação virtual através do videogame: relato de caso no tratamento de um paciente com lesão alta dos nervos mediano e ulnar”. Revista Acta Fisiátrica, Rio Grande do Norte, v. 18, n. 3, p. 157-162. 2011.
- [9] Tong, L. Z. et al. “Pediatric rehabilitation with the reachMAN's modular handle”. Proceedings IEEE Eng. Med. Biol. Soc.; 2015:3933-6. doi: 10.1109/EMBC.2015.7319254. 2015.
- [10] Lipovský, R.; Ferreira H. A. “Hand Therapist: a rehabilitation approach based on wearable technology and video gaming”. Portuguese BioEngineering Meeting. 4. Porto: Portugal. 2015.
- [11] Boyali, A.; Hashimoto, N.; Matsumoto, O.. “Hand Posture and Gesture Recognition using Myo Armband and Spectral Collaborative Representation based Classification”. In: IEEE 4th Global Conference on Consumer Electronics – GCCE. 2015.
- [12] Fernandes, F. G; Moraes, I. de A.; Almeida, P. A. M. T.; de Oliveira, L. C.; Cardoso, A.; Lamounier Junior, E. A. “Grab the Life: Serious Game to Support Physical Rehabilitation using Virtual Reality and Wearable Myo”. In: XVIII Symposium on Virtual and Augmented Reality, Gramado. 2016.
- [13] Fernandes, F. G.; Cardoso, A.; Lamounier Junior, E. A. “Feel your Arm: Serious Game para Apoio à Reabilitação utilizando Dispositivo Vestível Myo”. In: XV Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital - SBGames, São Paulo. 2016.
- [14] Fernandes, F. G.; Cardoso, A.; Lamounier Junior, E. A. “Adaptação de Jogos Sérios para Crianças com Deficiência Física nos Membros Superiores”. In: V Congresso Brasileiro de Informática na Educação – CBIE, Uberlândia. 2016.
- [15] Fernandes, F. G. “Uma estratégia para suportar interação humano-computador de crianças com deficiência nos membros superiores por meio de dispositivo vestível”. 2017. 152 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.
- [16] Savi, R. et al. “Proposta de um modelo de avaliação de jogos educacionais”. Novas Tecnologias na Educação, v. 8, n. 3, dezembro. 2010.

Computação. Atuando principalmente nos seguintes temas: Jogos Digitais, Enfrentando Estresse, Estresse Ocupacional. Graduado em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Uberlândia (1998), especialização em Redes de Computadores pela Universidade Federal de Uberlândia (2002), mestrado em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Uberlândia (2003) e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Uberlândia (2016)



**Flávia Gonçalves Fernandes:**

Professora do Departamento de Ciências da Computação da Universidade Federal de Goiás - Regional Catalão (DCC/UFG/RC) - Unidade Acadêmica Especial de Biotecnologia. Bacharel em Engenharia de Computação com ênfase em Automação pela Universidade de

Uberaba - UNIUBE (2014). Mestre em Engenharia Biomédica pela Universidade Federal de Uberlândia - UFU, com linha de pesquisa voltada para Sistemas Computacionais e Dispositivos Aplicados à Saúde (2017). Doutoranda em Ciências Exatas e Tecnológicas pela Universidade Federal de Goiás (UFG/RC), com linha de pesquisa voltada para Métodos Teórico-Computacionais em Ciência dos Materiais.

**Alexandre Cardoso:** Professor Associado da Universidade Federal de Uberlândia, Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Uberlândia (1987), mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Uberlândia (1991) e doutor em Engenharia Elétrica pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (2002).

**Renato de Aquino Lopes:** Professor Titular da Universidade Federal de Uberlândia. Tem experiência na área de Ciência da