

# BlindChess – Xadrez para Deficientes Visuais

Autores: Daniel da Silveira Wojcickoski e Iann Ortnau Cirio e Santos

Orientador: Rafael Marquette Vargas

Coorientador: Carlos Francisco Soares de Souza

IFSul – Campus Charqueadas

*Resumo—Jogos de tabuleiro adaptados a deficientes visuais já existem, mas são pouco comuns e geralmente não oferecem uma ótima experiência ao jogador pelo fato de disponibilizar somente o tato como forma de comunicação com este. Neste caso, se houver um erro de posicionamento das peças no tabuleiro ou alguma peça cair do mesmo, na maior parte das vezes o jogador não saberá. Buscando uma solução para esse problema, o intuito deste trabalho é desenvolver um tabuleiro de Xadrez adaptado para deficientes visuais e que consiga se comunicar com o usuário. Para chegar a tal objetivo, as peças adaptadas serão impressas em uma impressora 3D, existirá uma pequena esfera na parte superior de todas as peças brancas para os jogadores poderem as diferenciar das pretas. Na parte inferior das peças existirão imãs que serão identificados por uma matriz de sensores magnéticos para que assim o tabuleiro possa saber onde as peças se encontram. No tabuleiro que também, será impresso em 3D, as casas pretas serão mais altas para tornar possível ao jogador reconhecer e fazer movimentos nas peças corretamente além disso as casas irão possuir um rebaixo em seu centro, com formato de cruz, para que as peças possam ser encaixadas, o que evita possíveis quedas acidentais ou o encaixe das peças de forma errada. O sistema eletrônico, munido de uma matriz de sensores magnéticos, lê as ações ocorridas, as transforma para forma de texto e as envia para um aplicativo desenvolvido para Android, via Bluetooth. O aplicativo foi desenvolvido para tornar a comunicação entre usuário e tabuleiro mais fácil, ele é responsável principalmente por transformar as ações recebidas em forma de texto, para áudio, através da API do google “Text-to-speech”. O aplicativo lê as ações através uma voz artificial e funciona como uma espécie de assistente virtual, podendo responder dúvidas e dar informações aos jogadores.*

**Palavras-chave:** Audiogame, Jogo adaptado, Assistente virtual

## I. INTRODUÇÃO

Como se sabe, pessoas com deficiências visuais têm muitas dificuldades em vários pontos da vida, um desses pontos, que é o foco deste trabalho, é o lazer. O entretenimento é uma parte da vida de um deficiente visual em que existe uma certa escassez possibilidades, assim como jogos de computador adaptados, jogos de tabuleiro adaptados também já são realidade porém ainda são pouco comuns.

Dentre os jogos de tabuleiro, o Xadrez é um dos mais jogados do mundo. É considerado por muitos uma arte ou até

mesmo uma ciência, e este foi o jogo escolhido para este trabalho.

O Xadrez traz diversos benefícios a seus jogadores, segundo Santos et. Al, o Xadrez contribui para o desenvolvimento intelectual, torna o raciocínio lógico mais aguçado, melhora as capacidades de análise, de síntese e de resolução de problemas. Dentre todos os jogos, o Xadrez tem grande prestígio por ser um esporte voltado para o desenvolvimento do raciocínio lógico, da concentração e da atenção (SANTOS, 2015).

Além disso os jogos e brincadeiras servem de estímulo para que as crianças possam interagir com novos conhecimentos e desenvolver habilidades, o que é fundamental para o fortalecimento de vínculos afetivos, relacionamentos interpessoais, na vida em sociedade e na sua constituição de ser humano (BLANCO, 2014).

O artigo de Santos et. Al trata de um estudo cujo objetivo foi apontar benefícios do Xadrez como ferramenta pedagógica. Foi feita uma pesquisa que obteve participação de oito alunos e três profissionais, entre eles professores e orientadores pedagógicos, todos de uma escola localizada em SC. Uma das professoras que trabalhou junto ao estudo, indica um resultado dizendo que os alunos que praticam Xadrez desde as séries iniciais têm melhor desempenho, além da capacidade de concentração maior (SANTOS, 2015).

No estudo de Blanco et. Al foram confeccionados jogos de tabuleiros adaptados a deficientes visuais, utilizando materiais que estimulam os recursos táteis. Neste estudo foi concluído que jogos e brincadeiras têm uma grande importância no processo de aprendizagem e que ajudam a desenvolver funções psicológicas e fortalecer as relações interpessoais entre os alunos, sejam deficientes visuais ou videntes (BLANCO, 2014).

No estudo de Blanco et. Al e de Santos et. Al são mostradas algumas das vantagens do jogo de xadrez e da existência de um tabuleiro adaptado, mas assim como no caso citado mesmo os tabuleiros que são adaptados, só dispõem de recursos táteis como método de comunicação com o jogador, assim não oferecendo a melhor experiência possível aos jogadores.

No trabalho de Torres et. Al é realizado um estudo sobre as formas de substituição sensorial para deficientes visuais, estes são meios usados por pessoas com deficiência para trocar o método como as informações são adquiridas. Com isso existem duas formas de substituição sensorial para deficientes visuais, Visuo-Tátil e Visual-Auditiva (TORRES, 2016).

A substituição Visuo-Tátil é aquela em que a visão é substituída pelo tato, o sistema mais acessível e conhecido de substituição visuo-tátil é o Sistema Braille.

A substituição Visuo-Auditiva, aquela em que a visão é substituída pela audição, já é comumente usada em dispositivos eletrônicos como *Smartphones* e *Notebooks*, nestes dispositivos quando a função está ativada a interface é totalmente narrada através de uma voz artificial.

Um exemplo de substituição Visuo-Auditiva são os audiogames, estes são jogos que utilizam recursos sonoros para determinar as ações que o jogador precisa tomar. Devido a sua característica de usar sons como principal forma de orientação ao usuário, este tipo de jogo acaba se tornando acessível para pessoas com deficiência visual que, devido as suas limitações, não conseguem ter uma boa experiência de jogabilidade em títulos tradicionais (JOGANDO ÀS CEGAS, 2014).

Outra questão sensível aos deficientes visuais é o acesso à informação, que tem se tornado mais comum na sociedade mas nem sempre é fácil viabilizar isto para todos os indivíduos (GIRÃO, 2014).

Os deficientes visuais enfrentam diversas dificuldades para ter esse acesso à informação, os audiogames podem disponibilizar isso para esse público. O primeiro desafio para a produção de áudio games é customizar e desenvolver jogos que possam envolver os jogadores de uma forma lúdica. Observando que os audiogames existentes são muito restritos e negligenciados pelos profissionais da área enquanto fonte de informação e entretenimento para deficientes visuais, Girão et. Al conclui que os audiogames podem representar um verdadeiro divisor de águas na disponibilidade e acesso a informação para deficientes visuais (GIRÃO, 2014).

## II. OBJETIVO E QUESTÃO PROBLEMA

O tabuleiro proposto neste projeto busca unir as duas formas de substituição sensorial para deficientes visuais citadas por Torres (TORRES et. Al, 2016), adaptando o tabuleiro ao tato assim como feito por Blanco (BLANCO et. Al, 2014) e fazendo o tabuleiro ter uma voz artificial, assim como nos audiogames citados por Girão (GIRÃO et. Al, 2014). Assim o tabuleiro usará os dois sentidos predominantes disponíveis ao usuário como forma de comunicação com o mesmo, desta maneira possibilitando uma melhor experiência aos jogadores.

Para o tabuleiro se tornar realmente acessível ao público, o grupo chegou à conclusão que tanto sua construção quanto seu

sistema eletrônico não poderiam ser demasiadamente complexos, nem de alto custo.

Os poucos jogos de tabuleiro adaptados que já existem geralmente não oferecem uma ótima experiência ao jogador pelo fato de disponibilizarem somente o tato como forma de comunicação com este. Neste caso, se houver um erro no posicionamento das peças no tabuleiro ou alguma peça cair do mesmo, na maior parte das vezes o jogador não saberá.

Com o intuito de solucionar os problemas citados questiona-se: como tornar o jogo de Xadrez mais acessível para jogadores cegos e deficientes visuais?

A hipótese que se admite nesse caso é a de que é possível tornar o jogo de Xadrez mais acessível para deficientes visuais através do desenvolvimento de um tabuleiro de design inovador focado em acessibilidade, munido de sistemas eletrônicos capazes de interagir com os usuários através de tato e audição.

O protótipo que será desenvolvido possuirá diferenças físicas em relação aos jogos de xadrez comuns, por exemplo, as peças brancas terão uma esfera em sua parte superior e as casas pretas do tabuleiro serão mais altas, para que se possa diferenciá-las através do tato.

O sistema eletrônico reconhecerá as peças através de uma matriz de sensores magnéticos ligadas a um Arduino, este processa as informações, as transforma para texto e através de um módulo Bluetooth envia estes textos para um aplicativo.

O tabuleiro se comunica com os jogadores através de uma voz artificial, em um aplicativo para Android, este informa todas as ações que ocorrem no tabuleiro, por exemplo, qual peça o jogador removeu do tabuleiro, quando uma peça é movida de lugar ou uma peça captura a outra.

Acessibilidade em jogos de tabuleiro é algo já existente porém bastante incomum além disso, raros ou inexistentes são os exemplos de jogos que usam meios eletrônicos como ferramentas de acessibilidade. A utilização deste recurso neste projeto também visa abrir um novo leque de possibilidades para novas tecnologias que podem tornar esse tipo de jogo muito mais acessível a pessoas com alguma deficiência, neste caso visual.

## III. DESCRIÇÃO DE MATERIAIS E MÉTODOS

### A. Desenvolvimento

Após o início do desenvolvimento do tabuleiro de xadrez foi constatado que construir um tabuleiro 8x8 que pudesse ler, gerenciar e enviar os dados das jogadas para um app com o Arduino não seria uma tarefa fácil, então a opção escolhida foi inicialmente construir um tabuleiro 3x3 que fosse capaz de adaptar o jogo da velha para deficientes visuais com os mesmo conceitos que seriam futuramente aplicados no tabuleiro de xadrez.

Este tabuleiro tinha os objetivos de testar os conceitos propostos, sendo estes: ler o sistema eletrônico, gerenciar os

dados, se comunicar via bluetooth com um app, narrar através do app as jogadas, empate ou vitória de algum jogador.

Após a produção deste protótipo o conceito foi provado e o grupo partiu para a construção de um tabuleiro maior, anteriormente 3x3 agora 8,8, este sim para adaptar o xadrez. Com isso o desenvolvimento desse projeto foi desenvolvido em 4 grandes tópicos para facilitar o entendimento do mesmo.

### B. Sistema Eletrônico

Para o controle eletrônico do tabuleiro a tecnologia escolhida foi a plataforma Arduino. O Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto baseada em um microcontrolador capaz de gerenciar entradas e saídas de dados, por exemplo ler sensores ou se comunicar com outros dispositivos(ARDUINO, 2019).

A plataforma Arduino tem algumas facilidades que chamam muita atenção para construção de protótipos funcionais, como ser de código aberto, ter um baixo custo e alta facilidade de se começar a usar(ARDUINO, 2019). Além disso a comunidade do Arduino é muito ativa na internet, existem muitos conteúdos tanto sobre como usar o Arduino quanto sobre seus incontáveis módulos que o adicionam funções.

O sistema eletrônico do tabuleiro é responsável por ler os sensores de efeito hall, gerenciar e controlar a entrada e saída de dados.

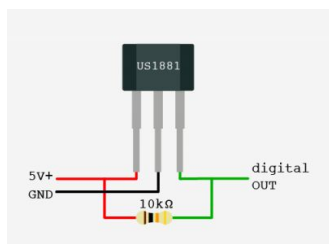


Fig. 1. Sensor de Efeito Hall..

Embaixo de todas peças do jogo existem ímãs, para o sistema eletrônico conseguir reconhecer a presença das peças são utilizados sensores de efeito hall no centro de cada casa, (sua ligação elétrica pode ser observada na Figura 1), este sensor possui um pino de saída no qual uma tensão varia dependendo do campo magnético próximo, quando não existe nenhum campo próximo este pino fica em torno de 2.5V, aumentando para próximo de 5V ou diminuindo para próximo de 0V, dependendo do pólo do ímã próximo.

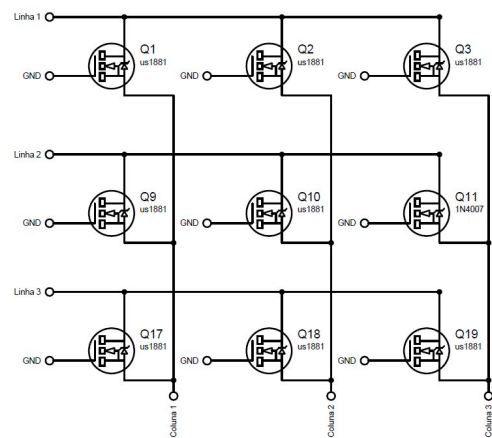


Fig. 2. Exemplo Matriz de Sensores de Efeito Hall de um tabuleiro 3x3.

Para tornar possível a leitura dos sensores de efeito hall, geralmente seria necessário conectar cada sensor em uma porta do Arduino, para poucos sensores isso até seria possível, mas em um tabuleiro de xadrez onde existem 64 casas é algo totalmente inviável. Para corrigir esse problema, os sensores são ligados em formato de matriz conforme o esquemático elétrico da Figura 2. Assim pode-se selecionar o sensor que está sendo lido energizando a sua linha com uma alimentação de 5V, e lendo sua coluna, saída Digital Out. Desta maneira, em vez de usar 64 pinos do Arduino para ler 64 sensores são necessários somente 16 pinos.

Após ler os sensores e converter essa informação para um formato de texto, o Arduino precisa enviar estas informações via *Bluetooth* para um app que a recebe e informa ao usuário. Para isso é utilizado o módulo *Bluetooth* HC-06 conectado ao *Arduino* através da porta serial.

Um recurso extra implementado focado em pessoas não deficientes visuais é uma matriz de leds esta tem o mesmo princípio de funcionamento da matriz de sensores e serve para deixar o tabuleiro mais versátil, futuramente podendo ser usado para auxílio no ensino de xadrez para iniciantes por exemplo.

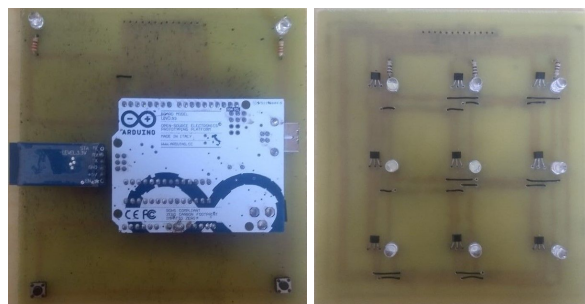


Fig. 3. Placa de Controle e Placa dos Sensores de Efeito Hall para um tabuleiro 3x3.

A Figura 3 mostra as duas placas produzidas para o tabuleiro 3x3, a esquerda a placa de controle que gerencia

dados e a direita a placa onde estão a matriz de sensores e a matriz de leds, estas são encaixadas uma sobre a outra para ter contato elétrico através de um conjunto de barra de pinos macho e fêmea.

### C. Estrutura Física

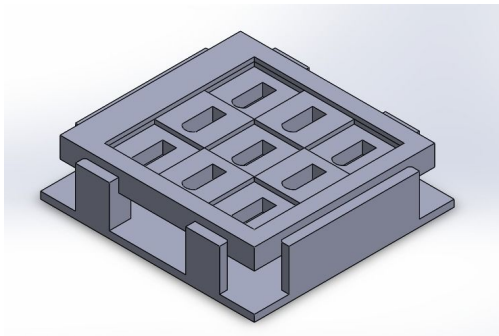


Fig. 4. Vista Isométrica Modelagem CAD Tabuleiro 3x3.

A estrutura física do tabuleiro pode ser observada na Figura 4, ela é responsável por abrigar as placas do sistema eletrônico e adaptar o jogo ao tato do usuário. No tabuleiro foram necessárias duas adaptações principais para o jogo se tornar adaptado ao jogador.

A primeira adaptação que foi realizada foi mudar a altura das casas brancas e pretas, para tornar possível ao jogador reconhecer e fazer movimentos nas peças corretamente, e por convenção, as casas pretas serão mais altas que as casas brancas.

Para evitar quedas acidentais e evitar encaixes de maneira errada das peças, no protótipo inicial foram feitos rasgos em formato de D, mas com testes se percebeu que isso não era muito eficiente, para isso no tabuleiro de xadrez foram feitos rasgos em formato de cruz, assim o encaixe sendo muito mais simples.

Para funcionar com as outras partes do tabuleiro as peças também precisam sofrer algumas adaptações. Todas as peças precisam de imãs em sua parte inferior para poderem ser reconhecidas pelo sistema eletrônico, além de ter sua parte inferior no formato correto de seu respectivo tabuleiro para poderem ser encaixadas de forma adequada.

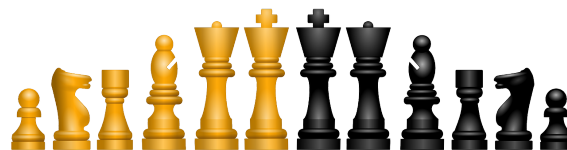


Fig. 5. Peças Xadrez.

No jogo de Xadrez um pequeno problema acontece, existem diversos tipos de peças, estas em sua versão preta e branca, assim como na figura 5, por conta disso o jogador não consegue reconhecer se a peça é aliada ou inimiga, para resolver este problema, existirá uma pequena esfera na parte superior de todas as peças brancas.

Para a construção da estrutura física do tabuleiro o método escolhido foi a impressão 3D. A impressão 3D é o processo de criação de objetos a partir de um modelo digital. Essa impressão é realizada por um processo no qual camadas de material são adicionadas sucessivamente. Essa técnica é distinta de outras formas de criação, como por exemplo usinagem, pois geralmente as outras funcionam removendo material de modo a "esculpir" o objeto enquanto na impressão 3D o material é adicionado, havendo assim pouco ou nenhum desperdício (AZEVEDO, 2013).

Essa tecnologia também pode ser usada para prototipagem rápida e peças finais, pois possui um custo mais baixo em relação a outras técnicas além dos softwares que são utilizados para operar a impressora 3D não terem uma usabilidade muito complexa (AZEVEDO, 2013).

### D. Software Embarcado

O software que está embarcado no Arduino, presente no sistema eletrônico, é o responsável por fazer todo o gerenciamento de entrada e saída de dados, neste caso ler os sensores de efeito hall, transformar as ações feitas pelos jogadores para forma de texto e as enviar via Bluetooth para um aplicativo em outro dispositivo.

O funcionamento do software embarcado segue a seguinte lógica sequencial:

- 1° - Atualiza a leitura dos sensores(0 ou 1);
- 2° - Compara a leitura atual dos sensores com a leitura anterior para identificar se houve ou não uma ação;
- 3° - Se ocorreu uma ação salva em qual casa e com qual peça a ação foi realizada;
- 4° - Prepara uma mensagem com a ação realizada;
- 5° - Envia uma mensagem com a ação realizada para o app no android;

- 6° - Verifica se houve algum ganhador ou houve o fim de jogo;
- 7° - Envia uma mensagem informando o ganhador ou o fim de jogo;
- 8° - Atualiza a leitura anterior do tabuleiro, iguala a leitura atual;
- 9° - Volta para a etapa 1.

Fazendo as devidas adaptações, esta lógica pode ser aplicada em diversos jogos, apenas sabendo se existe uma peça naquela respectiva casa ou não, como por exemplo jogo da velha, xadrez, jogo de damas, jogo de trilhas, jogo da memória, entre outros.

As condições de funcionamento para esta lógica de controle são: nunca movimentar mais de uma peça ao mesmo tempo e só utilizar em jogos em que as peças começam em posições predefinidas e os jogadores jogam sempre na mesma ordem, apenas com um tipo de peça.

#### E. Aplicativo e Comunicação

Para tornar mais fácil a comunicação entre jogador e tabuleiro foi desenvolvido um aplicativo, inicialmente somente para a plataforma Android.

Este aplicativo é responsável principalmente por informar aos jogadores as ações ocorridas no tabuleiro. O aplicativo recebe essas ações do sistema eletrônico, através do Bluetooth, e usa a API de conversão de texto em voz do Google, “*Text to Speech*”, para transmitir esse texto para os jogadores através do áudio.

O aplicativo informa jogadas inválidas, fala o movimento feito pelas peças, peças capturadas e também fala quando o jogador remover uma peça do tabuleiro. Assim, se o jogador está em dúvida de qual peça está tocando, poderá remover esta peça e em seguida devolvê-la ao mesmo lugar, então o aplicativo irá falar que peça foi essa e em que posição ela se encontra.

Atualmente já foram desenvolvidas três versões do app, as duas primeiras foram desenvolvidas na plataforma MIT App Inventor 2, esta plataforma disponibiliza a programação de apps para *Android* de uma maneira simples através de blocos, porém com o aumento da complexidade do app e a necessidade da utilização de recursos mais complexos a plataforma não atendia mais os requisitos necessários para o projeto.

Como a plataforma citada não atendia mais a necessidade do projeto, foi decidido começar do zero desenvolvimento da terceira versão do app em Java, através da API de desenvolvimento Android Studio.

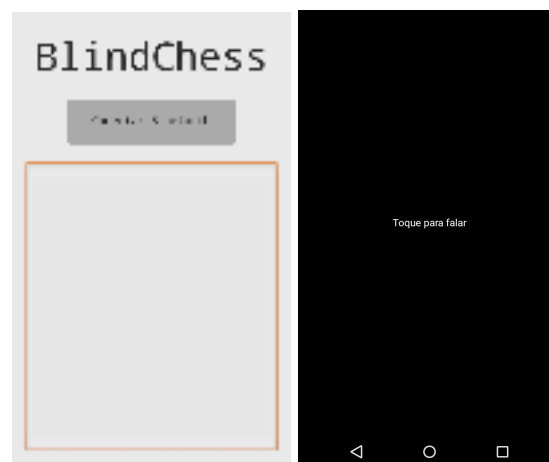


Fig. 6. Primeira e segunda versão do app, respectivamente.

Na Figura 6., à esquerda é mostrada a tela da primeira versão do aplicativo, o retângulo laranja mostra qual o último texto informado assim se o jogador quiser o repetir pode clicar no mesmo, o botão conectar *Bluetooth* mostra a lista de dispositivos disponíveis e faz a conexão com o arduino.

A primeira versão do app é funcional em transmitir as informações ao jogador, mas nessa versão a comunicação é unilateral pois os jogadores não são capazes de se comunicar com o app, além disso a conexão e configuração é demasiadamente complexa, até mesmo para pessoas sem deficiência.

Na Figura 6., à direita é mostrada a segunda versão do aplicativo, esta funciona completamente por comandos de voz, como uma espécie de assistente virtual, sua única tela mostra “toque para falar”, esta versão do aplicativo corrigia o problema citado anteriormente e a comunicação entre app e jogador é bilateral, desta maneira tanto o jogador quando o tabuleiro podem se comunicar através da voz.

Atualmente, os comandos principais disponíveis por voz são: Jogar, Conectar, Configurações e Ajuda. Além dos comandos principais existem os comandos secundários, por exemplo quando o jogador fala configurações pode dizer qual configuração e de qual maneira deseja alterar. Esta versão se mostrou mais eficiente e simples para interação com o usuário, porém a configuração inicial do Bluetooth ainda era muito complexa.

Além da configuração inicial do Bluetooth ser de certo modo complexa, esta versão do aplicativo também se mostrou problemática em ambientes com grande poluição sonora, impossibilitando o uso do app em ambientes assim.

Com a tentativa de adicionar mais recursos na segunda versão do app a plataforma que estava sendo utilizada, que é de fácil utilização para projetos simples, se mostrou muito desorganizada e limitada, assim se iniciou o desenvolvimento

da terceira versão do app dessa vez em uma plataforma mais profissional de desenvolvimento, o Android Studio.

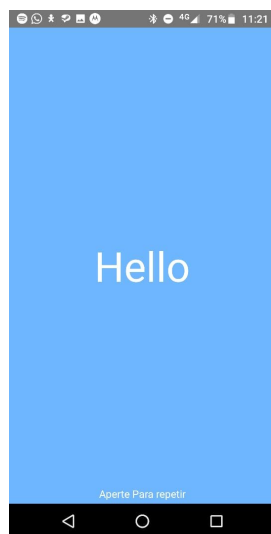


Fig. 7. Terceira versão do app.

A Figura 7 mostra a terceira versão do aplicativo. Tendo em vista os problemas citados na segunda versão da aplicação, a nova versão foi desenvolvida com foco na simplicidade e praticidade. No centro da tela, mostra-se a última mensagem falada.

Se o usuário clicar na tela a última ação falada é repetida, a conexão *Bluetooth* agora também é mais simples, após a primeira conexão ser feita de forma manual as próximas já tem o endereço mac do tabuleiro salvo e a conexão é realizada de forma direta, assim agilizando e tornando o processo mais simples com o usuário só tendo que fazer a ação de abrir o app.

A terceira versão do aplicativo também utiliza de *multithreading* para ser mais versátil e dinâmica, a *Activity* principal não divide espaço com a conexão e comunicação *Bluetooth*, assim não interrompe a função de repetir o que foi falado se comunicando com a placa, pois todas as ações ocorrem em paralelo.

#### IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

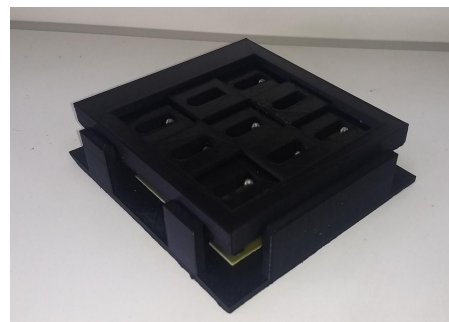


Fig. 8. Tabuleiro 3x3

A Figura 8 mostra o tabuleiro 3x3 produzido, com ele foram realizados os testes do sistema eletrônico, da estrutura física e do aplicativo para Android, todas estas partes funcionaram como o esperado

A estrutura física do tabuleiro consegue adaptar bem o jogo ao tato do jogador, é possível reconhecer onde estão as casas e onde é possível encaixar as peças.

O sistema eletrônico e o software embarcado conseguem ler todas as ações, as transformar para o formato de texto e enviar para o app via *Bluetooth* como o planejado.

O aplicativo para Android consegue se comunicar bem com o jogador, além de transmitir todas as ações recebidas do sistema eletrônico, nem todos recursos ainda estão implementados mas o necessário para o tabuleiro ser jogável de maneira muito mais eficiente que um tabuleiro sem esta audiodescrição já está implementado.

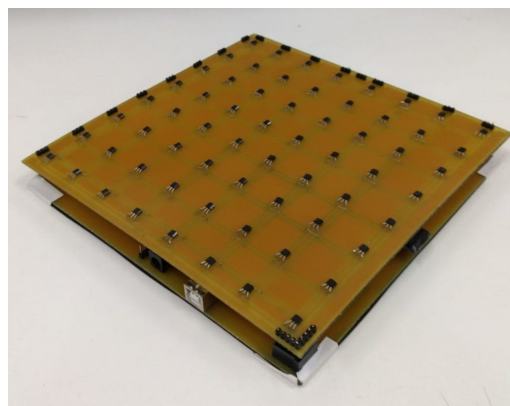


Fig. 9. Tabuleiro 8x8.

A Figura 9 mostra o sistema eletrônico do tabuleiro 8x8 produzido, este funcionou da mesma maneira que no primeiro protótipo, porém como os sensores estavam muito próximos, em alguns momentos o campo magnético dos ímãs interferiam de maneira errônea em mais de um sensor, o que ocasionava



erros na leitura, o que será facilmente corrigido na próxima versão fazendo uma placa maior e afastando os sensores.

## V. CONCLUSÕES

Com o primeiro protótipo do xadrez praticamente finalizado o grupo conseguiu cumprir os objetivos iniciais. Com esta primeira versão da placa foi possível perceber que os sensores não podem ficar tão próximos pois em alguns momentos os ímãs influenciam sobre mais de um sensor.

Com ajuda de tecnologias como a impressão 3D e a plataforma Arduino, a construção do tabuleiro não vai ter um custo elevado e nem uma produção demasiadamente complexa, assim o tabuleiro fica mais acessível aos jogadores, podendo ser usado para o lazer ou até mesmo dentro de sala de aula.

A terceira versão do app trouxe vantagens em relação a versão anterior, por exemplo uma grande facilidade na hora de utilizar com o usuário não precisando configurar nada após a primeira utilização além de seu desenvolvimento ter sido feito em Java, o que gera muito mais flexibilidade e autonomia na hora de implementar novos recursos.

Com esta nova versão o app perdeu a funcionalidade de ouvir o que o usuário tem a dizer, assim a comunicação voltando a ser unidirecional, para a nova versão do app pretende-se trazer esta funcionalidade de volta porém de maneira muito mais eficiente, utilizando uma API da google que processa linguagem natural, assim o aplicativo poderá

entender e responder corretamente o que o usuário quer dizer na essência e não só através de comandos predefinidos.

## VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SANTOS, Agnaldo; MELO, Adriana. **Os Benefícios do Xadrez como Ferramenta Pedagógica Complementar no Processo de Ensino**, Petrolina, 2015.
- [2] BLANCO, C; SILVA, V. **A contribuição dos jogos didáticos de tabuleiro no desenvolvimento cognitivo de alunos com deficiência visual**, Cascavel, 2014.
- [3] TORRES, Josiane; COSTA, Carolina; LOURENÇO, Gerusa. **Substituição sensorial visuo-tátil e visuo-auditiva em pessoas com deficiência visual: uma revisão sistemática**, Marília, 2016.
- [4] O QUE SÃO OS AUDIOGAMES?. **Jogando às Cegas**, 2014. Disponível em: <<http://jogandoascegas.com.br/o-que-sao-audio-games/>>. Acesso em: 16/08/2019.
- [5] GIRÃO, Igor *et al.* **Os áudio games como ferramenta de mediação da informação**, Fortaleza, 2014.
- [6] AZEVEDO, Fábio Mariotto. **Estudo e projeto de melhoria em máquina de impressão 3D**, São Carlos, 2013.
- [7] INTRODUCTION. **Arduino**, 2019. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Acesso em: 14/08/2019