

Universidade Federal do ABC

**PROJETO FINAL
ENGENHARIA UNIFICADA**

Protótipo de *Pinball* utilizando LEGO MINDSTORMS NXT

Docente:

Prof. Luiz Fernando Grespan Setz

Discentes:

Ana Laura Belotto Claudio - RA: 11035315

Gilmar Correia Jeronimo - RA: 11014515

Gustavo Afonso de Castro - RA: 11000915

João Gabriel Silva Pacheco - RA: 11011615

Nicolas Notton Izepe - RA: 11032715

Pedro Henrique Moreira Olyntho - RA: 11044115

5 de Agosto de 2017

Resumo

Este documento busca demonstrar o processo de construção de um protótipo de *Pinball*. Os principais elementos utilizados foram uma tábua de madeira, parafusos, elásticos e o kit Lego Mindstorms NXT que conta com motores, sensores de toque e entre outros. A montagem foi um processo de planejamento, construção, melhoria e adaptação. A programação da máquina foi feita através de dois softwares: LEGO MINDSTORMS NXT e MIT App Inventor. Com os programas, obteve-se uma aleatoriedade nos movimentos dos obstáculos e um aplicativo que computa os desempenhos dos jogadores. Várias versões dos diversos aspectos da mesa foram feitas e como resultado obteve-se uma máquina de *Pinball* interativa e funcional.

Palavras-chave: Mindstorm, Pinball, Máquina, Engenharia Unificada, UFABC.

Conteúdo

1	Introdução	4
2	Montagem/<i>Design</i>	6
3	Programação	17
3.1	LEGO MINDSTORMS NXT	17
3.1.1	Design	23
3.2	MIT App Inventor	23
4	Melhorias	27
5	Resultados	28
6	Conclusão	28

1 Introdução

Pinball é uma máquina na qual o objetivo é fazer uma bola pequena bater no maior número de obstáculos possíveis. Esse tipo de jogo surgiu no século XIV, quando adaptaram uma mesa de bilhar e colocaram pequenos pinos nela, então o objetivo era acertar com um taco a bola nos buracos mais difíceis para ganhar mais pontos. Em 1777, o jogo se popularizou através de uma festa dada pelo rei da frança e sua esposa Chateau D'Bagatelle, por isso a máquina ficou conhecida como Bagatelle, mostrada na Figura 1.



Figura 1: Máquina Antecessora do Pinball Chamada Bagatelle.(TORRES, 2011)

Em 1869, foi estabelecida nos Estados Unidos uma fábrica de máquina Bagatelle, só que o taco tinha sido substituído por um lançador com uma mola. Assim, o jogo abandonou o nome de Bagatelle e passou a ser conhecido como *pin game*, operando com moedas. Com o tempo passou a ser chamado de *pinball*.

Foi nos anos 70 e 80, com a invenção do microprocessador, as máquinas come-

çaram a trazer *displays* digitais, efeitos sonoros e circuitos. Mas apesar da inovações, essas máquinas passaram a competir no mercado com os video games como *Space Invaders*, *Pac-Man*, *Galaga* e *Asteroids*. Assim, apesar da inovações criativas dos desenvolvedores, as vendas do *pinball* cairam significativamente, fazendo com que muitas empresas parassesem de funcionar. Hoje em dia as máquinas vendem poucos milhares, nada comparado com as vendas de antigamente.

Em pouco tempo o *pinball* foi assimilado pelos *video-games*, sendo o Atari o primeiro, lançando o *Video Pinball* em 1977 (TORRES, 2011), como mostrado na Figura 2.



Figura 2: Jogo Video Pinball do Atari.

Uma terminologia interessante é a criação da expressão: "dar *tilt*", muito disseminada atualmente. Esta surgiu com o *pinball* no qual o jogador inclinava a máquina para obter algum benefício. Nos *video-games*, dar *tilt* significa que o jogo deu um erro e travou (SIGNIFICADOS,).

Sabendo da popularidade do *pinball* e de como funciona sua mecânica, neste projeto da disciplina de Engenharia Unificada, foi feito uma máquina utilizando o kit de LEGO *MINDSTORMS* NXT e algumas outras peças adicionais utilizando os conhecimentos de engenharia e programação.

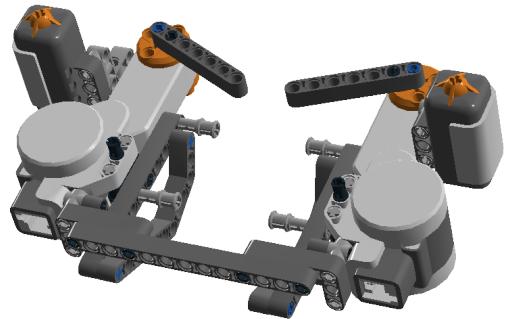
2 Montagem/*Design*

Para fazer a montagem da estrutura da mesa, utilizou-se uma tábua branca de madeira de medidas 90 centímetros (cm) de altura por 25 cm de comprimento e 1.5 centímetros de espessura. Para os apoios da mesa, foram utilizados pedaços de madeira presos com uma cantoneira e parafusos, cortados de modo que a parte superior da mesa ficasse a 15 centímetros de altura. As laterais da mesa foram feitas com estruturas finas de madeira cortadas a fim de se obter uma altura em relação à tábua de 5.5 centímetros, e presas com pregos e uma fita adesiva azul para melhorar a fixação e a estética.

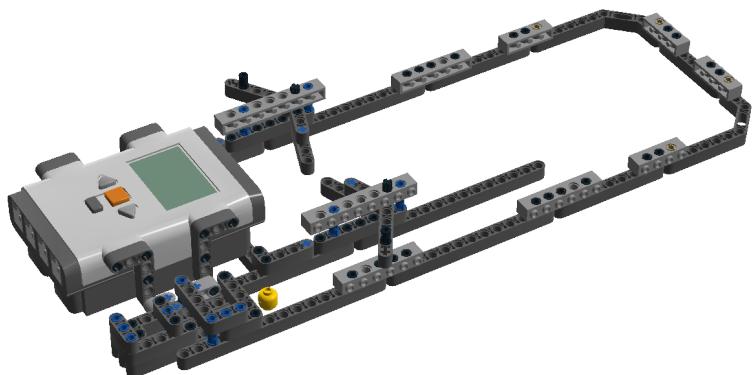
Os furos na tábua foram feitos em locais estratégicos com uma furadeira. Os furos foram percorridos por eixos presos aos motores e às estruturas de LEGO, fazendo com que partes não necessárias ao visual do jogo ficassem abaixo da tábua, deixando somente os obstáculos e as aletas (*flippers*) à mostra. Os sensores de toque e luz, os motores, juntamente com o mecanismo de lançamento e a estrutura do botão do *flipper*, foram fixados na mesa com parafusos e arruelas.

Na parte superior da mesa, foi acoplado o NXT ao LEGO para que a tela ficasse na visão central do jogador. Os fios que ligam os motores, sensores de toque e de luz ao NXT foram passados por baixo da mesa para melhor estética da mesa. Na parte inferior da mesa, foi acoplado o lançador, o qual foi montado com o LEGO fornecido, elásticos e uma peça reciclada trazida para melhorar a interação com o jogador.

No entanto, a montagem final foi um processo de planejamento, construção, melhoria e adaptação. Várias versões dos diversos aspectos da mesa foram feitos. O processo todo será brevemente descrito a seguir.



(a)



(b)

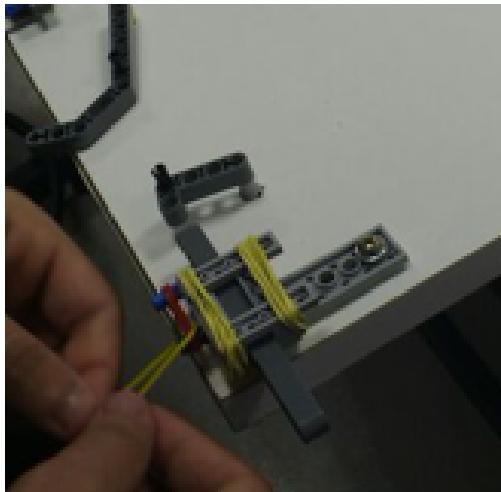
Figura 3: Modelos Desenvolvidos para testes. Em (a) a Primeira Versão e em (b) a Segunda Versão.

Para o funcionamento eficiente de uma máquina de *Pinball*, as aletas devem possuir um tempo de resposta rápido e fluido, de maneira a garantir um jogo divertido e desafiador. Assim, o grupo esteve focado na construção de um conjunto que funcionasse o melhor possível, o que exigiu diversas versões e adaptações graduais no mecanismo das aletas.

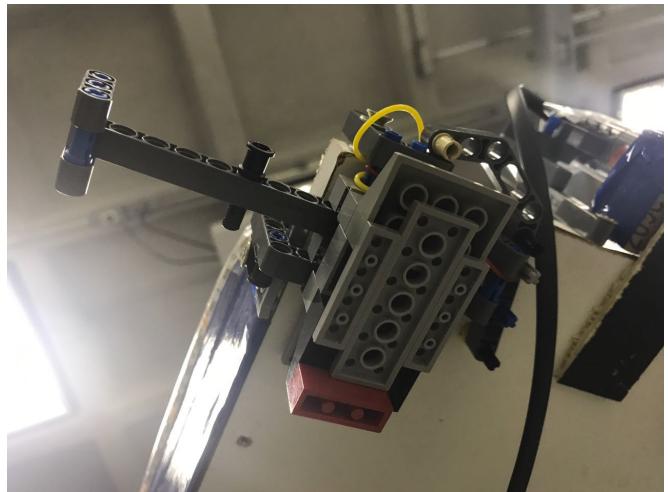
Inicialmente foi projetado os modelos 1 e 2 utilizando o programa LEGO Digital Designer, como mostrado nas Figuras 3(a) e 3(b). A proposta era utilizar os dois sensores de toque, seguindo o modelo da Figura 3(a). Quando apertados, os sensores enviariam um sinal ao NXT e este ativaria o motor correspondente ao lado pressionado.

Contudo, o tempo de resposta do conjunto motor/sensor de toque LEGO era demasiadamente grande para uma máquina de *Pinball*, não atendendo o resultado esperado pelo grupo, foi necessário então montar um conjunto mecânico.

Estando descartada a hipótese de fazer uso dos motores no mecanismo das aletas, o problema a ser resolvido era transformar um movimento retilíneo (do apertar dos botões) em um momento angular. Isso foi feito utilizando-se um eixo que atravessa a placa de madeira, ligado a uma peça abaixo da mesa que seria empurrada pelo pressionar dos botões. Uma das montagens iniciais é mostrada na Figura 4(a).



(a)



(b)

Figura 4: Mecanismos das Aletas. Em (a) o Inicial, e em (b) o Final.

É de se notar que utilizou-se um número grande de elásticos, e um número pequeno de peças. Na etapa inicial da montagem, a mesa não possuía nenhum suporte que a deixasse com a inclinação necessária para o funcionamento correto dela. Se o mecanismo se mantivesse, a possibilidade de problemas com a fixação destas peças na parte inferior da mesa seria alta. Além disso, com apenas algumas ativações, percebia-se que o mecanismo ficava frouxo ou mesmo soltava-se completamente. Assim, foi

necessária a implementação de uma série de melhorias até a versão final do mecanismo das aletas, mostrada na Figura 4(b)

Na versão final, utilizou-se um número reduzido de elásticos, sendo dois no total, um para cada aleta, contando com um número maior de peças, que foram incorporadas de forma a conferir à mesa a inclinação necessária, além de manter todo o conjunto fixo devido ao peso da mesa sobre as peças. Também foi adicionada uma peça na ponta do botão acionador das aletas, de maneira a tornar a sua ativação mais fácil e intuitiva. No entanto, apesar da melhoria incremental desse mecanismo, o seu princípio de funcionamento permanece o mesmo: o movimento linear do pressionar do botão empurra uma peça ligada ao eixo fixo, o que confere a ele um momento, que movimenta a aleta.

Outro ponto essencial para uma mesa de *Pinball* são seus obstáculos. Estando livres para utilização dos motores. Com isso, foi montado três obstáculos móveis, que alteram o curso da bola quando ela os atinge. Programou-se o funcionamento dos servos de maneira que eles girem aleatoriamente, o que torna o jogo mais divertido e desafiador.



Figura 5: Obstáculo Feito com Motor A.

Este é o obstáculo principal, fica no centro da mesa e é mostrado na Figura 5. É possível ver que as peças que suportam os eixos estão livres para se moverem de acordo com o sentido do giro do motor. Sendo assim, ele assume uma conformação diferente dependendo de como o motor confere giro à peça.

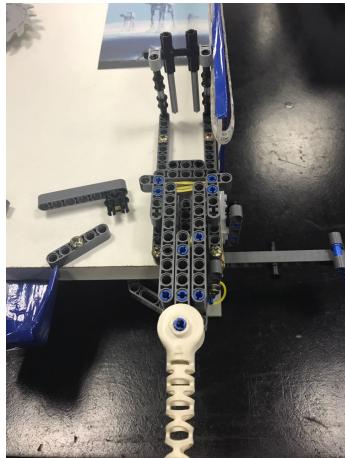


Figura 6: Obstáculo feito com o motor B.

O obstáculo mais próximo das aletas foi feito com uma peça LEGO não-convencional: uma serra de plástico dos *kits* LEGO, como mostrado na Figura 6.



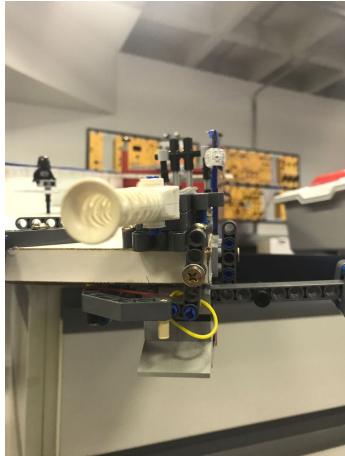
(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Figura 7: Recursos Utilizados: (a) Obstáculo Feito com o Motor C, (b) Vista Superior do Lançador do Pinball, (c) Vista Inferior do Lançador e a Base da Mesa do Pinball. Em (d) Vista Frontal do Lançador e a Base da Mesa do Pinball, (e) Sensor de Toque 1 e (f) o Sensor de Toque 2.

Os dois sensores de toque, das Figuras 7(e) e 7(f), foram acoplados na parte superior da mesa e servem como um desafio ao jogador. O jogador ganha um acréscimo de 100 pontos ao atingir o sensor de toque da direita, na Figura 7(f) e 200 pontos ao atingir o sensor da esquerda, na Figura 7(e). Devido à sensibilidade baixa do sensor foram adicionadas duas polias para absorver melhor o impacto da esfera e facilitar a contagem dos pontos pelo do NXT.



Figura 8: Vista frontal da base do NXT.

Utilizamos peças do *kit* LEGO não-convencional para fazer uma fachada que serve de apoio para o NXT na parte superior da base de madeira. Para acoplá-la à mesa colamos uma placa LEGO com cola quente e utilizamos vários blocos do *kit* para manter a estrutura de pé, como mostrado na Figura 8.

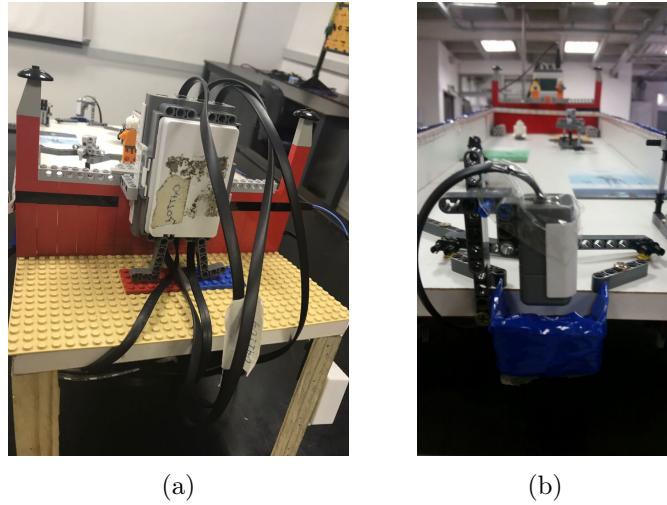


Figura 9: Em (a) Vista Traseira do NXT, e (b) Vista Frontal do Sensor de Luz.

O sensor de luz foi posicionado na parte inferior da tábua, como mostrado na Figura 9(b), exatamente no local onde a bolinha é levada quando o jogador perde o jogo. A função do sensor é identificar a presença da bolinha e então enviar um comando para o NXT. Ao receber o comando, o NXT interrompe o funcionamento dos motores,

e para de contar os pontos.

Pode-se perceber pelas imagens que a montagem exige uma distribuição grande dos diversos sensores e motores utilizados. Essa distribuição foi inicialmente limitada pelo tamanho dos cabos à nossa disposição, que eram fornecidos pelo *kit* MINDSTORMS disponível no laboratório. Uma possível solução para esse problema seria um posicionamento estratégico do NXT, num lugar que permitisse o alcance de todos os cabos aos seus respectivos conectores. Em contrapartida, o grupo desejava também utilizar o NXT para exibir a pontuação do jogador em tempo real, o que exige que ele esteja a plena vista. Chegou-se a um impasse em que deveríamos decidir entre colocar o NXT abaixo da mesa, de maneira a alcançar os sensores com os cabos a disposição, ou colocá-lo acima da mesa, longe de todos eles. Após receber conselhos dos técnicos administrativos do laboratório, o grupo decidiu tentar confeccionar cabos compatíveis com o *kit* LEGO MINDSTORMS. Na pesquisa sobre como produzir tais cabos, foi encontrado diversos guias sobre como fazê-lo. Foi optado por guiar pelo tutorial em um site (PHILOHOME, 2006).

O cabo MINDSTORMS corresponde aos cabos telefônicos residenciais, com seis fios de cobre ligados a um conector padrão. Para obter cabos compatíveis com o *kit* LEGO, deve-se alterar o conector padrão de telefone para o conector padrão MINDSTORMS, como mostra a Figura 10.



Figura 10: Comparação entre cabo telefônico e cabo NXT.

Pode-se perceber então, que deve-se remover um pedaço do conector e reposicioná-lo. Usando uma fresa portátil foram feitos cortes transversais, de acordo com a Figura 11.

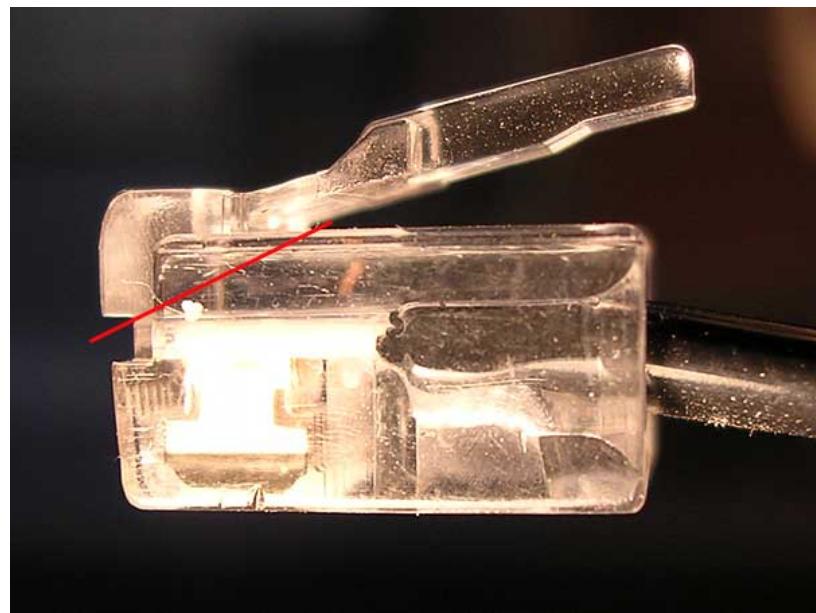


Figura 11: linha do corte feito no conector.

A parte retirada dos cabos deveria então ser colada novamente ao conector, porém percebemos que apenas o encaixe deles nas entradas do NXT era suficiente para

que eles funcionassem. Além disso, o receio de danificar o NXT com a cola usada nos preveniu de dar prosseguimento ao processo. Assim, foi obtido seis cabos de cerca de 1 metro, mais do que suficiente para conectar todos os sensores e motores ao NXT.

Outra parte importante de uma mesa de *Pinball* é o seu aspecto visual. Em algum ponto da montagem, quando o funcionamento mecânico dele era satisfatório, tornamos a nossa atenção para a melhoria desse aspecto. Foi usada fita adesiva colorida nas laterais da mesa, para que a madeira de compensado não ficasse exposta. Também na lateral interna e externa da mesa foi colocada uma fita LED do padrão RGB que permite uma série de configurações diferentes de cor, intensidade e padrão, conforme as imagens 12, 13(a) e 13(b)

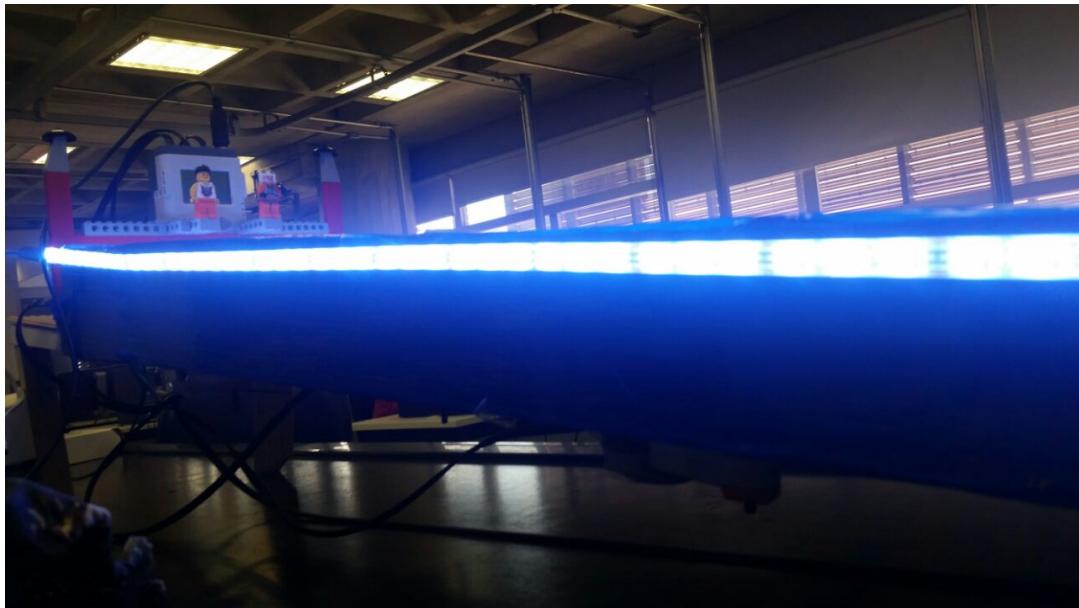


Figura 12: Lateral da mesa.



(a)



(b)

Figura 13: Em (a) Vista superior com LED azul, e (b) Vista superior com LED verde.

A fita é alimentada por uma fonte que deve ser conectada a uma tomada, e pode ser controlada via controle remoto.

Também para tornar a mesa mais esteticamente atraente foram colados adesivos com o tema *Star Wars*, que segue a temática escolhida para a mesa. Deve-se notar que para essa montagem foi necessário o uso de diversas peças LEGO extras, não fornecidas no *kit MINDSTORMS*. Tais peças foram trazidas pelos integrantes do grupo para suprir a necessidade que a montagem nos impôs.

3 Programação

O programa da máquina de *Pinball* foi confeccionado utilizando dois *softwares*, sendo o primeiro o LEGO MINDSTORMS NXT, e o segundo o MIT App Inventor que serão explicados nas próximas seções.

3.1 LEGO MINDSTORMS NXT

Para confecção do código foi necessário pensar no algoritmo de jogo. Foi pensado nas alternativas para se ganhar os pontos e no seu *design* com o tema de *Star Wars*. Para isso a seguintes estratégias foram implementadas.

- É somado 10 pontos a cada segundo de jogo.
- É somado 100 se apertado o sensor de toque 1.
- É somado 200 se apertado o sensor de toque 2

No início, foi desenvolvido um código de tela inicial para mostrar a funcionalidade *play* e a funcionalidade *score* para se mostrar a maior pontuação. Porém com o decorrer do projeto foi implementada uma conexão *bluetooth* para acionar o programa via celular, tirando a interface da tela.

O algoritmo foi implementado da seguinte maneira. Duas variáveis foram instanciadas, sendo um lógica chamada "perdeu", para controlar o valor do sensor de luz, indicando se o jogo acabou ou não. A segunda é uma variável de valores numéricos, guardando a pontuação conforme o tempo de jogo. Ambas variáveis são instanciadas no início do código sendo inicializada como falsa e zero.

Após isso, aparece no *display* o logo de *Star Wars*, sendo acompanhada por uma *thread* que gira aleatoriamente os motores do NXT, como mostrado na Figura 14(a). Essa foi uma dificuldade durante a confecção do código, pois era necessário controlar ao mesmo tempo 3 motores e o código da pontuação, sendo necessário executar 4 linhas ao mesmo tempo, porém o NXT suporta no máximo até três módulos ocorrendo ao mesmo tempo, sendo necessário a criação de um bloco para disfarçar o código como mostrado na Figura 14(b).

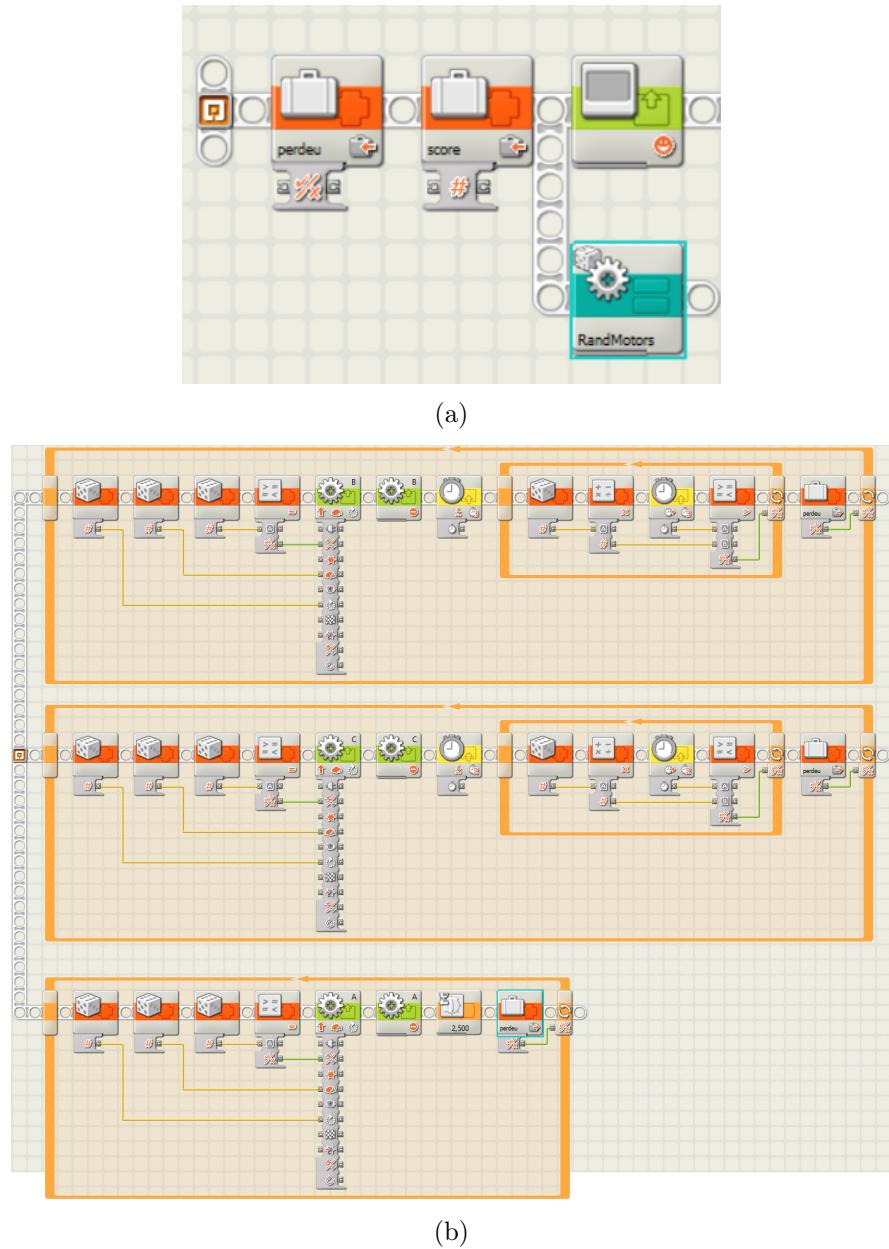


Figura 14: Em (a) Parte Inicial do Código, e em (b) Bloco de Motores Randômicos.

O bloco criado serve para dar dinamismo ao jogo, portanto utiliza-se variáveis aleatórias para definir o sentido da rotação do motor, a sua potência, e sua duração, variando de horário à anti-horário, de 19 à 100 e de 10 à 720, respectivamente. Após isso, é utilizado um *delay* para reativar o motor novamente, variando de 1 à 6 segundos, para isso foram utilizados dois *timers* para contar o tempo como mostrado na Figura 15

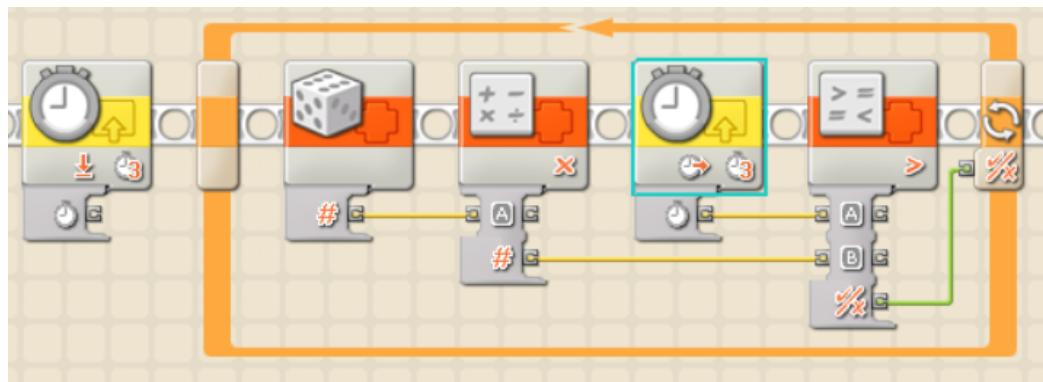


Figura 15: Delay dos Motores.

Pelo fato dos motores serem controlados pelos *timers*, só foi possível controlar dois dos motores por esse recurso, já que havia um deste sendo usado para controlar o tempo de somatória da pontuação, portanto para o motor A foi utilizado um simples *wait* de 2,5 segundos. Os motores são controlados por *loop* lógico que é controlado pela variável global "perdeu", essa variável para os motores quando o sensor de luz reconhece a cor da bola utilizada no jogo.

Entrando no *loop* principal do código, que é controlado pelo sensor de luminosidade, utiliza-se um *timer* para somar 10 pontos a cada segundo passado de jogo, como mostrado na Figura 16.

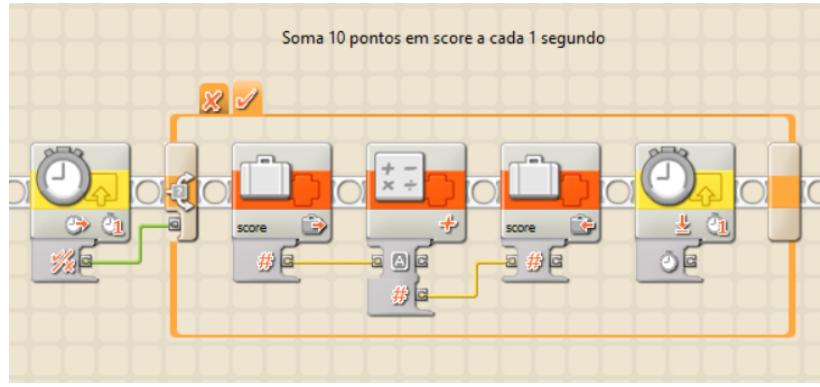


Figura 16: Timer da Pontuação.

Os sensores de toque foram configurados para ser uma pontuação extra durante o jogo, somando 100 ou 200 pontos, dependendo do sensor que for acionado. Para isso, foi utilizado um *if-else* controlado pelos sensores de toque, se o sensor fosse apertado somaria a pontuação extra no *score*, se não, verificaria se o outro sensor não foi apertado, se não sairia da sua condição. Porém, para acionar o sensor foi utilizado um comparação lógica do valor que saí do mesmo, acionando se estiver abaixo de 184, valor necessário para ativar a comunicação *bluetooth* com o aplicativo, como mostrado na Figura 17.

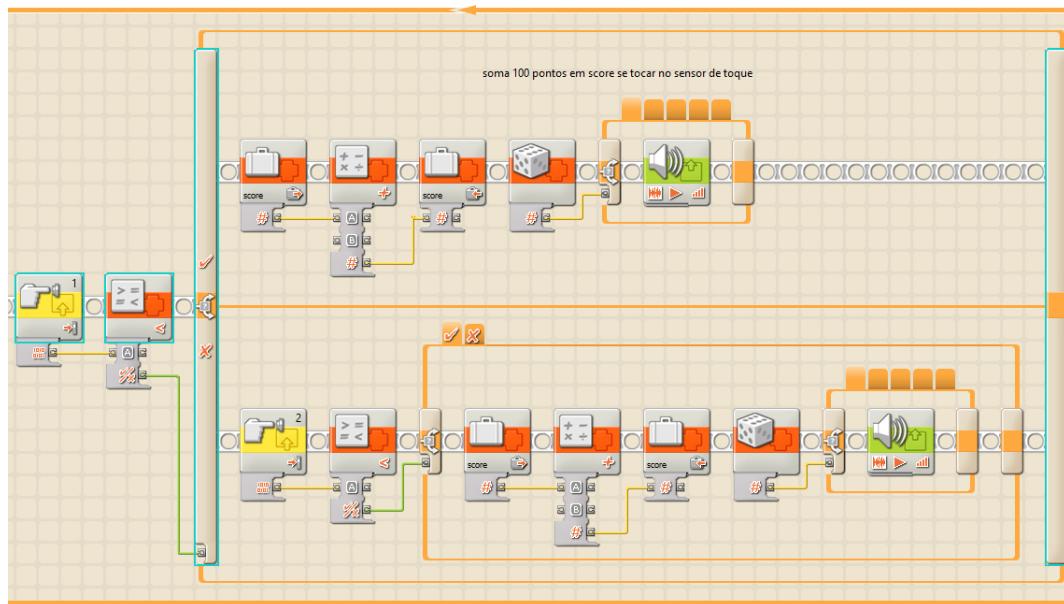


Figura 17: Código do Sensor de Toque.

Foi adicionado um aviso sonoro de acordo com o tema do jogo, quando os sensores são apertados. Para isso foi feito uma variável aleatória para escolher um áudio a ser tocado, sendo estes, característicos de *Star Wars*.

Após esse código se verificado, é mostrado a pontuação total, sendo mostrado a cada ciclo que se repete. Para ser mostrado de uma forma mais estética, o valor da variável foi concatenado e exibido no *display*, como mostrado na Figura 18.

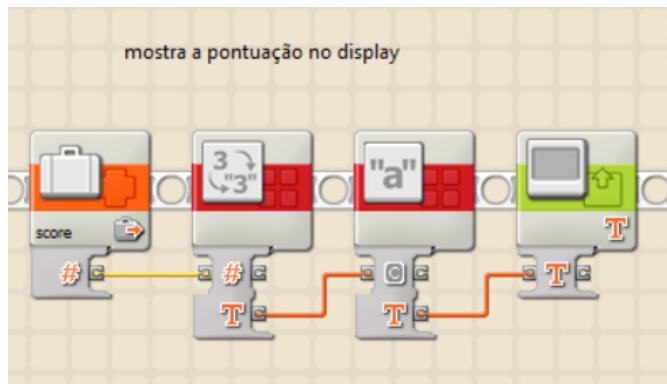


Figura 18: Código para Concatenar o Valor da Variável Score.

O código é executado até o sensor de luz identificar uma luz maior ou igual a 37%, porcentagem essa medida pela cor da bola do jogo. Quando a bola caí na canaleta, o jogo para. Mostrando no final a pontuação final e saindo do programa. A Figura 19 mostra o código completo.

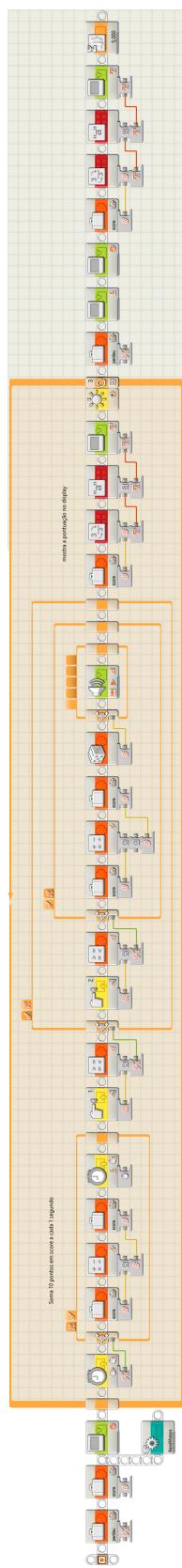


Figura 19: Código do Pinball.

3.1.1 Design

Nessa seção é mostrada algumas imagens para mostrar o *design* do jogo, como mostrado na Figura 20.



Figura 20: Interface Visual NXT.

3.2 MIT App Inventor

O MIT App Inventor é uma interface *online* que permite através de código *scratch* programar facilmente um aplicativo para dispositivos *Android*. Essa interface foi criada para ajudar crianças e adolescentes se interessarem na área de computação, e aprender uma ferramenta poderosa com uma programação simples.

Um dos motivos de ser usado este para fazer um aplicativo do *Pinball* foi a sonoridade muito presente em jogos como esse, tendo sempre uma música tocando com o jogo. Então foi desenvolvido o projeto pensando nessa característica.

O aplicativo utiliza uma comunicação *bluetooth* para comunicar o NXT com o celular, enviando os dados necessários para executar o programa. O aplicativo possui o seguinte algoritmo:

- Inicializa.
- Realiza a conexão *bluetooth* com o NXT.
- É somado 10 pontos a cada segundo de jogo.
- É somado 100 se apertado o sensor de toque 1.
- É somado 200 se apertado o sensor de toque 2.
- Mostra a pontuação final e compara com a pontuação máxima atingida.

O início do código começa com a tela inicial, no qual ao abrir executa a música tema de *Star Wars* e reinicia o relógio do aplicativo, como mostrado na Figura 21(a). Após isso, é apresentado a tela para conectar o NXT via *bluetooth*, após pareado o celular e conectado é possível iniciar o jogo.

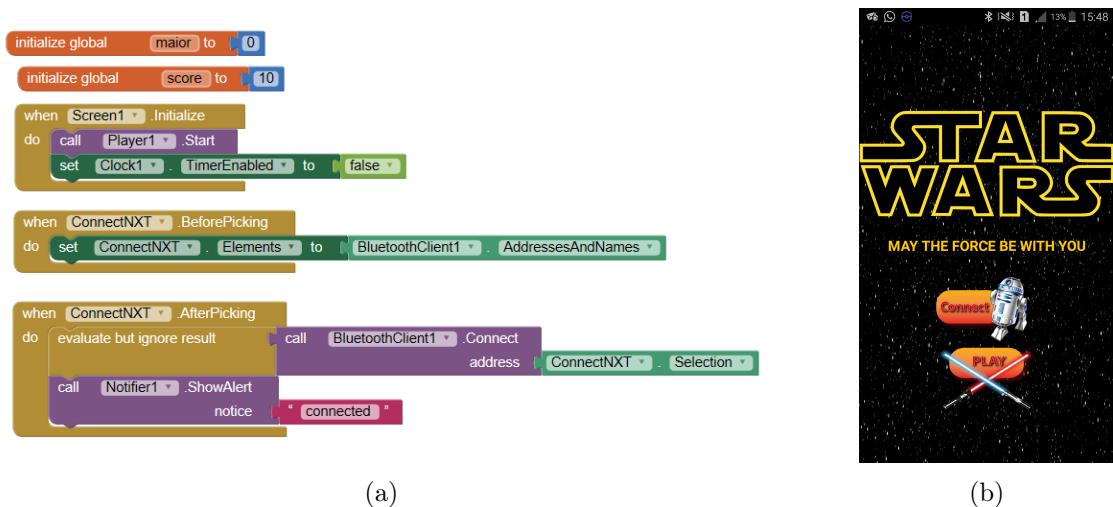


Figura 21: Em (a) Código em Scratch da Parte Inicial e em (b) a Tela Inicial do App.

Duas variáveis globais são criadas no início do programa, uma para armazenar a maior pontuação, e outra para armazenar o pontuação do jogo jogado. No início do desenvolvimento do código, foi pensado em o NXT enviar a pontuação via *bluetooth*, porém o código não funcionava, talvez por motivos do NXT funcionar adequadamente

com uma comunicação tipo textual. Era só possível enviar informação do celular para o NXT. Então para vias de estudo, foi implementado um contador de pontos no tempo e comparado com o passar do tempo, se essa pontuação se equivaleria com a pontuação do código MINDSTORMS.

Ao utilizar o modo cliente *bluetooth* no MIT App Inventor, este só permite que cada tela faça uma única conexão. Então para continuar com o aplicativo foi necessário apagar os objetos de cena da primeira tela e mostrar os objetos de cena da segunda, e assim sucessivamente.

Após o botão "Play" ser apertado, o celular envia para o NXT o nome do programa que ele deve abrir e seta todas as aparências da página dois. Executando esse código, o celular passa a receber informações dos sensores de luz e toque, se acionados, o NXT envia essa informação e confirma no aplicativo a somatória de pontos, sendo 100 para o sensor de toque 2, 200 para o sensor de toque 1 e 10 a cada segundo de jogo, como mostrado na Figura 22(a) e 22(b).

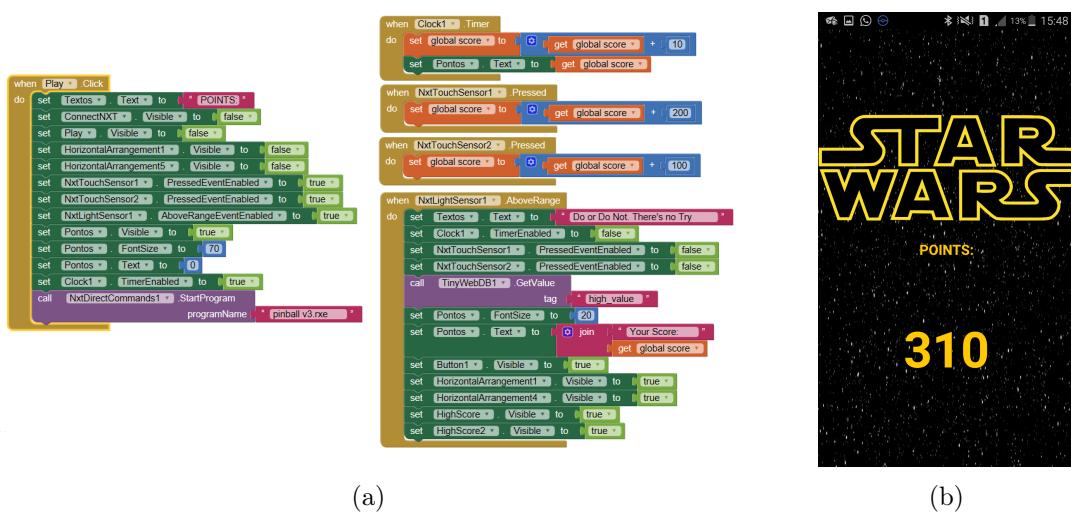


Figura 22: Em (a) Código em Scratch de "Play" e em (b) a Tela Secundária do App.

Quando a bola é identificada no sensor de cor, é setada a tela final do aplicativo, mostrando a pontuação maior e a pontuação feita. Se a pontuação feita for a maior

de todas, ela é setada como maior. Para fazer o ajuste dessa variável foi utilizado um servidor *WEB* disponibilizado pelo MIT App Inventor, como mostrado na Figura 23(a) e 23(b).



Figura 23: Em (a) Código em Scratch da Tela Final e em (b) a Tela Final do App.

Ao apertar o botão "Play Again", é setado para aparecer o código da tela inicial, reiniciando o jogo.

Foi percebido que o aplicativo junto com o NXT possuía uma baixa sensibilidade do sensor de toque, com isso foi adicionado um elástico no sistema para melhorar o acionamento do sensor, como mostrado na Figura 24.



Figura 24: Ajuste no Sensor com Elástico.

4 Melhorias

Observamos ao longo do projeto que algumas melhorias poderiam ainda ser feitas visando uma melhor jogabilidade e um melhor visual. Podemos citar melhorias no visual, esconder os fios que passam por debaixo da mesa e que ainda são visíveis e fechar totalmente a parte de baixo da mesa. Ainda com relação ao visual, pode-se integrar os mecanismos de *led* com a programação para que as luzes possam ficar sincronizadas com o andamento do jogo e até com a música emitida.

Com relação a jogabilidade, pode-se projetar um mecanismo que comece o jogo assim que a bola é lançada, uma melhora nos sensores de toque pois dependendo da força, nem sempre contam ponto extra. Outra melhoria que pode ser citada seria utilizar materiais mais resilientes que os elásticos usados, uma melhora no mecanismos das aletas para que seu movimento necessite de menos força, e também que sua estrutura de lego seja mais resistente.

5 Resultados

De acordo com os resultados obtidos, observamos que o objetivo inicial do projeto foi atingido, o qual visava a interação do jogador com os mecanismos acoplados, a semelhança com uma mesa de *Pinball* tradicional e a diferenciação do tema *Star Wars* em todo o projeto.

Como resultado, obtivemos uma mesa de *Pinball* interativa, com obstáculos movimentando-se randomicamente, mecanismos de aletas e do lançador projetados para que a jogabilidade fosse eficiente, sensores de toque contabilizando pontos extras e um sensor de luz para que o jogo pare automaticamente quando o jogador perder o jogo. Além disso, a mesa de *pinball* foi decorada com luzes e objetos referentes ao tema principal *Star Wars*.

6 Conclusão

O projeto inicial foi planejado visando pontos mais gerais de seu funcionamento, porém com o andamento do curso, mudanças na montagem e na programação foram necessárias. Essas mudanças foram feitas visando corrigir erros, otimizar a jogabilidade, além de melhorar o visual do jogo.

Deste modo, concluímos que mesmo com alguns problemas e desafios durante o desenvolvimento do projeto, o grupo conseguiu consertar as falhas e entregar como projeto final uma mesa de *Pinball* feita com os componentes disponíveis pela faculdade e trazidos pelos alunos, com boa jogabilidade e um diferencial temático.

Referências

PHILOHOME. Synthesize-your-own nxt® connector plug. 2006. Disponível em: <<http://www.philohome.com/nxtplug/nxtplug.htm>>.

SIGNIFICADOS. Significado de tilt. Disponível em: <<https://www.significados.com.br/tilt/>>.

TORRES, F. Pinball: conheça a história destas máquinas de diversão. 2011. Disponível em: <<http://www.arkade.com.br/pinball-conheca-historia-destas-maquinas-diversao/>>.