



Engenharia Unificada I: Relatório Final

Prof. Dr. Daniel Scodeler Raimundo

Bruno Zapelli - 21069513

Daniel Honório - 11066312

Daniel Tavares - 11086512

Henrique Werneck - 11007812

Jeferson Guimarães - 11108612

Marina Tamagnini Parpinelli - 11009911

Santo André, 2017

Sumário

1. Resumo	2
2. Introdução	3
3. Objetivo	4
4. Materiais	4
5. Métodos	6
6. Descrição Experimental	11
7. Resultados e Discussão	14
8. Avaliação do Experimento para Aplicação em Engenharia	15
9. Conclusões	16
11. Bibliografia	16

1. Resumo

O projeto teve como objetivo a criação de um robô manipulador de seleção, capaz de diferenciar e separar objetos de cores diferentes de forma correta e eficiente. Para tanto foi utilizado o programa LEGO Mindstorms NXT, combinado com o kit LEGO Mindstorms 9797 para montagem e programação do robô.

Após montagem completa do braço mecânico que constitui o robô seletor, a programação foi realizada paralelamente à montagem da esteira, base do robô e ao suporte de coleta de bolinhas.

Os testes e respectivas calibrações de motores e sensores ocorreram antes dos testes finais, assegurando assim um perfeito funcionamento do robô seletor. Os testes finais indicaram uma programação ideal, com o robô executando a seleção corretamente. O robô falhou algumas vezes, no entanto, ao tentar pegar as bolinhas disponíveis para coleta. Para o escopo do projeto, o robô atendeu às expectativas do grupo, tendo sido atendidos todos os objetivos propostos inicialmente em laboratório.

2. Introdução

A disciplina Engenharia Unificada I possibilita que os alunos utilizem métodos de engenharia e seus estudos e aplicações no desenvolvimento de projetos. Por se tratar do desenvolvimento de um projeto que envolve conhecimentos multidisciplinares, os grupos foram divididos tendo em vista diversas áreas da engenharia.

Para execução dos projetos, cada um dos grupos recebeu um kit do LEGO Mindstorms NXT, um produto voltado para educação tecnológica, lançado comercialmente em 2006. O kit é constituído por um conjunto de peças da linha tradicional (tijolos cheios, placas, rodas) e da linha LEGO Technic (tijolos vazados, motores, eixos, engrenagens, polias e correntes). Trata-se de uma versão mais avançada, equipado com um processador mais potente, software próprio e sensores de luz, de toque e de som, permitindo a criação, programação e montagem de

diversas máquinas e equipamentos, como robôs com noções de distância, capazes de reagir a movimentos, ruídos e cores, e de executar movimentos com razoável grau de precisão^[1].

Depois de uma pesquisa entre vários projetos e modelos disponíveis, tanto da empresa fabricante do kit, a LEGO, como de estudantes, pesquisadores e entusiastas, o grupo decidiu criar um robô seletor de objetos de acordo com a cor correspondente.

A escolha do projeto se deu baseado em dois fatores principais. O primeiro, disponibilidade das peças de LEGO no kit fornecido em laboratório. Não seria possível escolher um projeto, de forma que não tivéssemos as peças necessárias para a montagem de tal máquina ou equipamento. O segundo fator levado em conta para a escolha do projeto foi a interdisciplinaridade do projeto e sua aplicabilidade dentro do conceito de engenharia. Decidimos por um robô manipulador pelo fato de ser um tipo de máquina aplicado em diversas áreas: tanto pesquisa, como extensivamente na indústria; está sendo cada vez mais usado e pesquisado para uso em cirurgias de grande precisão como equipamento biomédico; é usado na área de energia para manuseamento de material radioativo ou de risco biológico, por exemplo; já existem aplicações de robôs manipuladores seletores para coleta seletiva e separação do lixo, contribuindo para o impacto ambiental gerado por seus poluentes, entre muitas outras aplicações^[3].

O projeto foi escolhido tendo em vista tudo que é possível ser feito com esse tipo de robô e sua contribuição para tantas áreas do conhecimento.

3. Objetivo

Desenvolver, montar e programar um robô manipulador seletor com o kit do LEGO Mindstorms NXT. Ele deve ser capaz de coletar peças e separá-las conforme a sua cor, depositando-as em suas respectivas posições, de forma eficiente e correta. Após montagem e programação, realizar testes para calibrar eventuais parâmetros que necessitem de ajustes. Por fim, comprovar seu funcionamento e eficiência, após projeto pronto.

4. Materiais

Os materiais usados para a montagem do robô manipulador de seleção foram:

- Kit LEGO Mindstorms 9797 (Figura 1);
- 5 bolinhas de isopor de 30 mm de diâmetro pintadas de azul;
- 5 bolinhas de isopor de 30 mm de diâmetro pintadas de vermelho;
- 2 copos plásticos;
- 25 peças adicionais de LEGO;
- 1 computador com o software LEGO Mindstorms NXT.



Figura 1 Kit LEGO Mindstorms 9797. Fonte: *Sensor Electronics Education Database*^[3]

Para concluir a montagem, foi necessário recorrer a utilização de peças adicionais de LEGO, que foram usadas para o suporte do sensor de intensidade luminosa e para a montagem da esteira inclinada responsável por guiar as bolinhas coloridas até o sensor. Ao se aproximarem do sensor, as bolinhas ficam posicionadas de forma que a garra seja capaz de pegá-las.

Após a montagem, foi necessário a utilização de um computador com o software LEGO Mindstorms NXT instalado, através do qual a programação do robô manipulador seletor foi feita.

5. Métodos

O primeiro desafio do grupo foi a escolha e a criação do projeto proposto. Criou-se um cronograma com a descrição de todas as atividades, seguido das responsabilidades de cada componente do grupo e o prazo estabelecido para conclusão das tarefas.

Nesse primeiro momento, também buscou-se estabelecer e/ou descobrir as limitações do projeto, e contorná-las de forma adequada.

A primeira limitação se deu pelo fato de utilizarmos apenas um controlador do kit 9797 LEGO. Quanto ao uso de sensores no projeto, isso não seria um problema. No entanto, cada controlador pode controlar um máximo de 3 motores independentes. Decidiu-se por uma adaptação na esteira de alimentação de objetos de seleção do robô. Já que não seria possível o uso de 4 motores, optou-se pelo uso de uma esteira de roletes simulada, no lugar de uma esteira industrial motorizada.

A principal limitação do projeto, contudo, foi a indisponibilidade de um sensor de cores. Foi utilizado em seu lugar um sensor óptico de luminosidade, calibrado e testado para que funcionasse com as bolinhas de isopor escolhidas.

Para o desenvolvimento do projeto, primeiramente realizou-se a montagem do robô com o uso do kit 9797 LEGO. A primeira parte montada foi a estrutura do braço mecânico que realiza a coleta das bolinhas. Para este componente, foram utilizados 3 motores. O primeiro motor é responsável pela rotação em torno do próprio eixo do braço, para que o mesmo fosse capaz de pegar a bolinha e depositá-la em um copinho. O segundo motor é responsável pelo movimento vertical do braço, possibilitando que a garra se abaixe para coletar a bolinha e se eleve para levá-la a outro local. O terceiro é responsável pela abertura e fechamento da garra. O robô manipulador seletor é apresentado na Figura 2 em sua forma pronta, depois

da montagem.

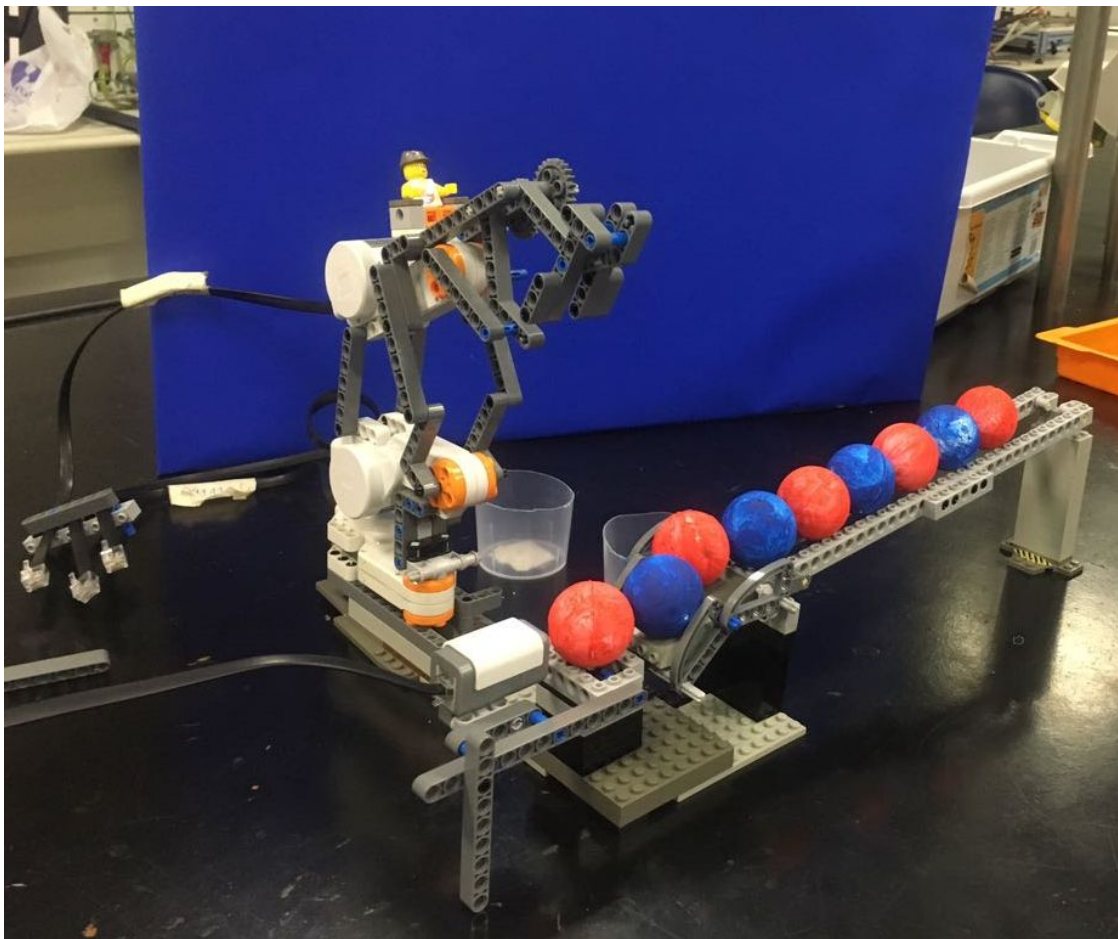


Figura 2 Robô manipulador seletor. Fonte: Próprios autores.

Após a montagem do braço mecânico, montou-se um suporte para que o mesmo ficasse fixo. Montou-se uma esteira inclinada para que as bolinhas rolassem até o sensor de intensidade luminosa e ficassem posicionadas de forma que a garra fosse capaz de pegá-las. Esta esteira inclinada foi acoplada ao suporte do braço e tem como função alimentar com bolinhas o local onde a garra faz a coleta. Detalhes da esteira e do suporte de coleta das bolinhas se encontram respectivamente nas Figuras 3 e 4.

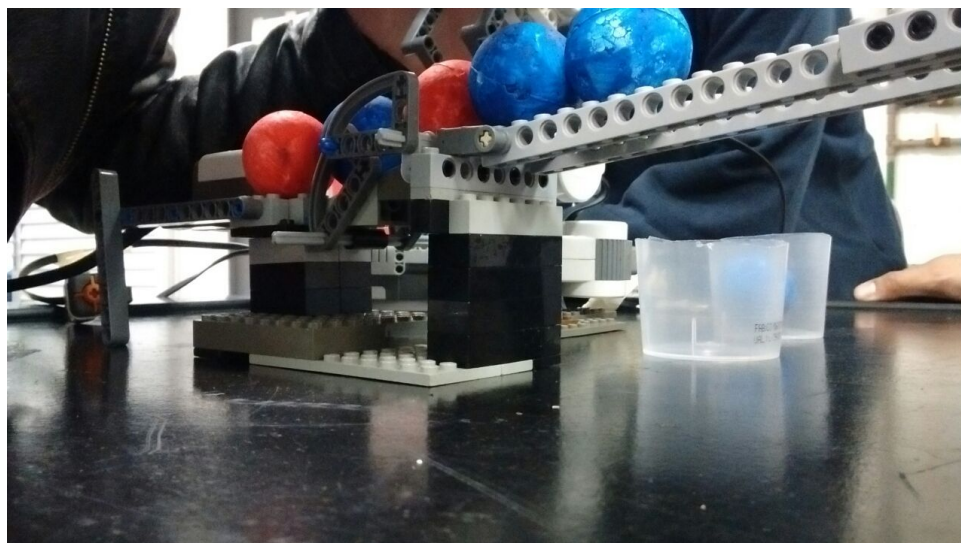


Figura 3 Detalhe da rampa inclinada para as bolinhas. Fonte: Próprios autores.

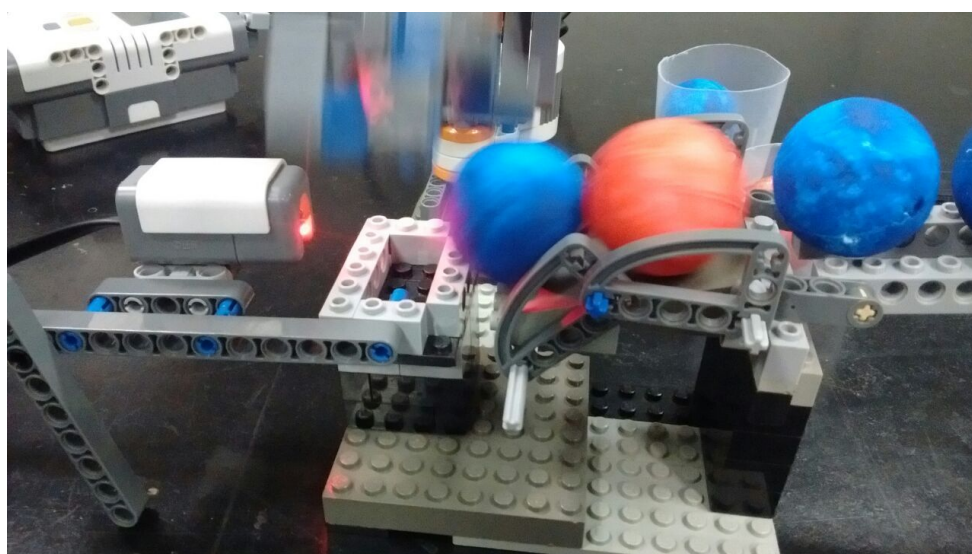


Figura 4 Detalhe do suporte do sensor de intensidade luminosa. Fonte: Próprios autores.

Por fim, foram posicionados os dois copos plásticos a direita do braço mecânico em duas posições diferentes, para que as bolinhas fossem depositadas pelo robô seletor. A posição dos copos plásticos devia ser perto o suficiente para que o braço mecânico pudesse depositar as bolinhas nos mesmos.

Paralelamente à montagem dos equipamentos auxiliares do robô, a programação foi iniciada, uma vez que já era possível o teste dos movimentos de

cada motor do robô.

A programação foi feita a partir do software da LEGO, Mindstorms NXT. Preferiu-se a escolha do software da empresa por ser mais direcionado à aplicação do controlador do NXT do que programação em linhas, além de existirem diversos exemplos documentados para comparação e estudo.

A lógica do código segue a mesma linha de raciocínio apresentada no fluxograma da Figura 5.

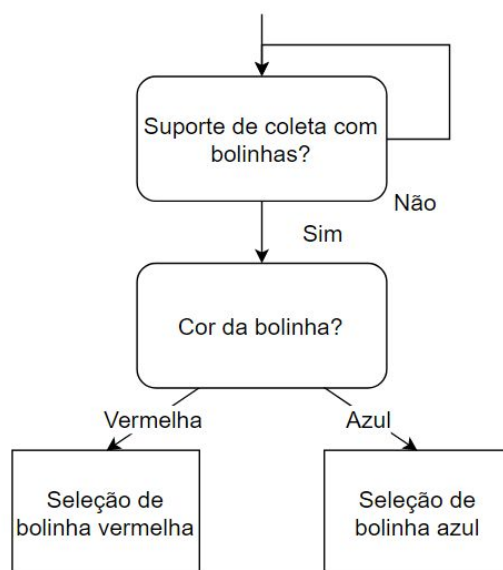


Figura 5 Lógica de operação do robô manipulador seletor. Fonte: Próprios autores.

No protótipo construído em sala, o sensor de toque, acionado por um operador, simula a presença da bolinha no suporte de coleta, apresentado no primeiro estado do fluxograma. Um operador é necessário para acionar esse sensor, pois nem sempre a bolinha acionava-o ao chegar no suporte de coleta, onde esse sensor foi originalmente planejado.

Como relatado anteriormente, um sensor de luminosidade foi utilizado para seleção da cor da bolinha presente no suporte. De acordo com os testes realizados, a calibração final do sensor compara a luminosidade captada pelo sensor ao valor de 40%. Se maior, a bolinha no suporte é vermelha. Se a luminosidade for menor que 40%, a bolinha no suporte é azul. Uma vez definida a sequência de movimentos de seleção de alguma das bolinhas, o robô começa o movimento de pegar a bolinha

no suporte e levar em seu devido lugar de despejo.

A programação para o movimento dos motores para a captura da bolinha depois de feita a seleção está apresentada na Figura 6.

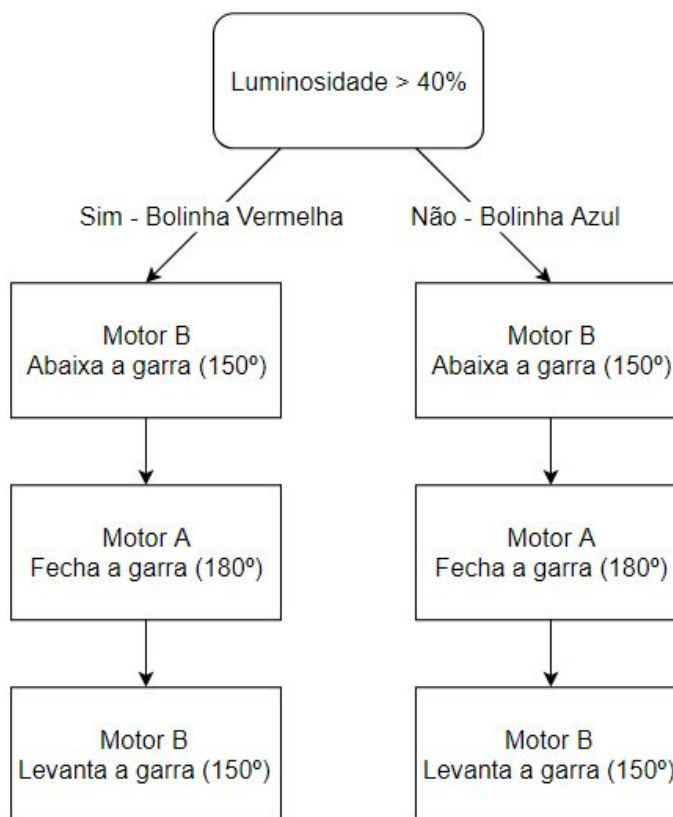


Figura 6 Sequência dos movimentos de captura da bolinha pelo robô. Fonte: Próprios autores.

Na Figura 6, os motores A e B são as representações dos motores que controlam a garra e a posição vertical do robô, respectivamente.

A movimentação dos motores para a captura da bolinha é o mesmo, não importando qual bolinha se encontra no suporte de coleta. Uma forma de otimizar o código seria, então, chamar esse movimento antes da seleção. Contudo, uma vez que a bolinha fosse segura pelo robô, ela não se encontraria mais em posição de sensoriamento, prejudicando a seleção das bolinhas por sua cor, por parte do robô. Optou-se por deixar a movimentação semelhante até esse ponto.

A movimentação dos robôs muda graças ao motor que controla a base (apresentado na Figura 7 como motor C). Este motor é o responsável por direcionar

cada bolinha a seu devido lugar de despejo.

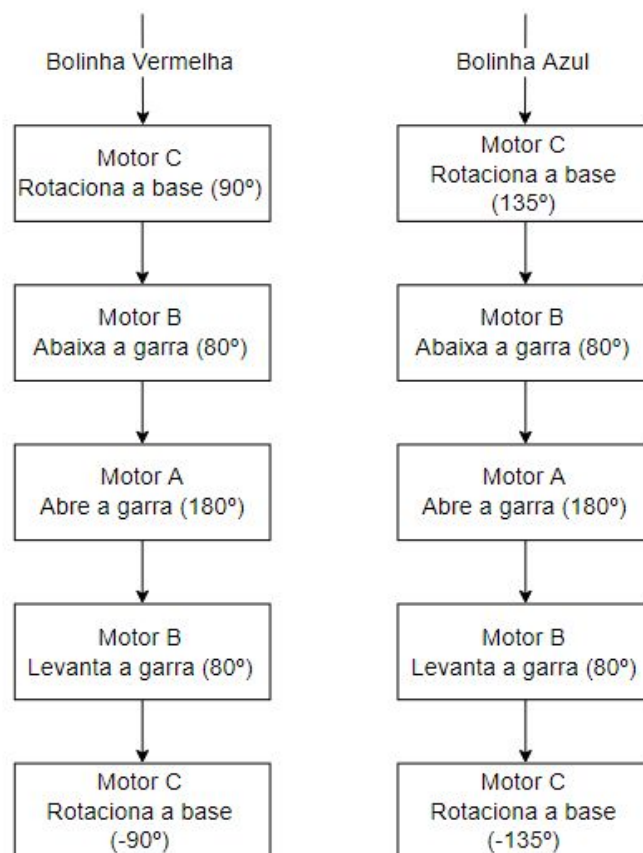


Figura 7 Sequência de movimentos de despejo de cada bolinha. Fonte: Próprios autores.

Como indicado na Figura 7, o motor C rotacionará de acordo com a luminosidade captada pelo sensor a partir de um feixe de luz refletido pela bolinha. A sequência de movimentos acima apresentados compreende desde o deslocamento do robô para despejo da bolinha na posição de desejo correta, bem como o retorno à posição inicial, onde o robô ficará em espera para que uma nova bolinha chegue no suporte de coleta de bolinhas.

6. Descrição Experimental

Finalizados a concepção do protótipo e a definição do algoritmo de funcionamento, iniciou-se a etapa de experimentação que foi fundamentada inicialmente no teste individual dos componentes (motores e sensor de

luminosidade) para definição dos parâmetros ideais de rotação angular de todos os movimentos do equipamento e o limite de luminosidade que distinguiria as bolas azuis das vermelhas para o funcionamento de acordo com o objetivado.

O primeiro teste realizado foi o teste do sensor de luminosidade. Uma vez que não se dispunha de um sensor de cores, utilizou-se o sensor de luminosidade para seleção das bolinhas de isopor. Os testes com esse sensor utilizaram o controlador do LEGO Mindstorms separado do resto do robô. Somente o sensor foi acoplado no controlador. Existe um menu de teste de funções, sensores e motores no controlador. A função de teste do sensor de luminosidade foi usada enquanto se direcionava o sensor de luz para as bolinhas azuis e vermelhas. O teste foi realizado com o sensor acoplado em sua posição final, no suporte de coleta das bolinhas, onde diversas bolinhas foram posicionadas para teste. Cada bolinha foi rotacionada para sensoriamento de ângulos diferentes, para garantia de que o sensor sempre selecionasse corretamente as bolinhas. O sensor também foi configurado com e sem emissão de luz. A luz emitida pelo sensor é um laser de coloração vermelha. Na Tabela 1, podemos ver as leituras obtidas pelo sensor de cada modo e com cada bolinha.

Tabela 1 Teste de luminosidade com bolinhas vermelhas e azuis

	Luminosidade			
	Emissão de luz desligada		Emissão de luz ligada	
Bolinhas	Mín	Máx	Mín	Máx
Nenhuma	23%	28%	22%	30%
Azul	28%	32%	31%	35%
Vermelha	33%	39%	51%	56%

Tendo em vista os resultados, decidiu-se pelo uso do sensor com emissão de luz para maior diferenciação da bolinha vermelha em detrimento da azul. Isso ocorreu pois quando há emissão de luz do sensor, sendo essa luz um laser vermelho, a bolinha vermelha emite mais luz, fazendo com que sua percepção pelo sensor seja aumentada. Além disso, a bolinha azul, ao ter uma fonte de luz emitida

de forma mais intensa, também acaba se diferenciando um pouco mais da luminosidade da sala capturada pelo sensor, quando não há bolinhas a sua frente.

Após a calibragem do sensor de luminosidade, ajustou-se a movimentação dos motores. É importante notar que o projeto foi programado de forma que o robô sempre comece e termine em posição inicial, com o robô pronto para pegar a próxima bolinha.

O primeiro motor ajustado foi o motor da garra. Após algumas falhas da garra em pegar a bolinha de forma adequada, a garra foi remontada de forma que o motor pudesse girar uma volta completa sem que a garra travasse. Além disso, foram adicionados a ela suportes laterais para evitarem que a bolinha escapasse pelos lados. Com esses ajustes, a regulação do motor da garra se limitou ao ajuste da potência de ligação do motor, para que ele não fizesse um movimento muito brusco. O parâmetro de movimentação então ficou 180°, distância de rotação entre a abertura e fechamento máximos da garra. O parâmetro de potência ficou configurado em 50% da potência do motor.

A seguir, regulou-se a rotação do motor da base do robô. Como haviam duas bolinhas de cores diferentes para serem selecionadas, definiu-se três posições de parada para esse motor: a posição de coleta de bolinhas, e as posições de despejo das bolinhas azuis e vermelhas. Visto de cima, definiu-se a posição de coleta como ângulo de 0° e decidiu-se que os pontos de despejo seriam a 90° e 135° do ponto de coleta das bolinhas. Essas posições foram definidas para que o robô pudesse girar e despejar as bolinhas com uma área de rotação mais confortável. O parâmetro de movimentação dos motores foi regulado de acordo. Por fim, o teste de potência de ligação do motor da base indicou que o motor necessitava de mais potência para girar de volta à posição inicial do que para sair dela para as posições de despejo. Após alguns testes, definiu-se a potência de ativação de ida do ponto de coleta aos pontos de despejo como 20% da potência de ativação do motor e de 30% dessa potência para o retorno dos pontos de coleta à posição de partida.

Por fim o último motor a ser regulado foi o motor de movimentação vertical do motor. Este motor não tinha uma forma de movimentação bem definida, diferente do motor da garra que podia girar livremente sem travar e tinha um ângulo certo para ir da abertura ao fechamento máximos; e diferente do motor da base que tinha

posições de parada pré-estabelecidas. O motor de movimentação vertical do robô teve seus parâmetros de rotação regulados a partir de uma previsão factível. A partir dessa previsão de quanto o motor rotacionaria, diversos ajustes foram necessários. Entre os problemas encontrados, podemos citar o parâmetros de parada “Brake” e “Coast”, disponíveis para a configuração do motor no software LEGO Mindstorms NXT. Inicialmente, utilizou-se o “Brake”, para que o motor parasse na posição final escolhida para ele, mas outro problema surgiu. O motor parecia não conseguir manter a posição devido ao peso do robô. Após alguns ajustes, o motor foi regulado com diferentes rotações para coleta e despejo das bolinhas, bem como diferentes potências de rotação para cada tipo de movimento.

Após terminada a configuração e calibragem dos motores e sensores, iniciou-se a parte de testes. Os motores e sensores funcionaram perfeitamente, não tendo errado as posições de despejo e o retorno à posição de coleta nenhuma vez. Algumas vezes, o motor deixava a bolinha escapar, pois a garra não é tão fina, sua ponta é um lego com uma espessura considerável em comparação com o tamanho das bolinhas. No entanto, mesmo nos casos onde a bolinha não foi capturada de forma adequada, a leitura do sensor sempre foi perfeita, de modo que o resto da movimentação de despejo e retorno do robô aconteceram sempre de forma eficiente e correta.

7. Resultados e Discussão

Sendo seguido da avaliação experimental do processo em sua totalidade, ou seja, movimentação, leituras obtidas pelos sensores e, consequentemente, eficiência do algoritmo desenvolvido.

Os resultados preliminares permitiram a identificação de limitações técnicas atribuídas aos próprios componentes como a variação angular associada a cada um dos motores que reduz a sutileza e precisão do movimento e a sensibilidade do sensor de luminosidade frente a exposição em “condições normais” (intensidade luminosa do laboratório durante as aulas) em relação ao impacto da variação que as cores azul e vermelho geram na magnitude da leitura.

Frente ao exposto, a experimentação foi conduzida repetidamente até atingir

o funcionamento idealizado ao protótipo.

8. Avaliação do Experimento para Aplicação em Engenharia

O projeto apresenta uma aplicabilidade muito grande. Por ser um robô manipulador, é conhecido seu extensivo uso dentro do setor industrial, bem como sua abrangência de campo de pesquisa dentro do universo da pesquisa e estudo científicos.

Devido ao potencial de seleção de objetos por luminosidade, ou por cor como no projeto original, o protótipo pode ser utilizado em diversas aplicações em engenharia. Por exemplo, no setor industrial, em linhas de produção, com a finalidade de separar variados materiais por uma esteira, como produtos similares presentes em embalagens diferenciadas pela cor, ou produtos iguais, com apenas cores distintas; pode-se excluir alimentos de aparência estranha, mostrando variação em sua cor, com aspecto anormal, cuja aparência possa indicar que esteja estragado. Essa aplicação é especialmente útil em indústrias alimentícias como a da carne, por exemplo, que representou pouco mais de 7% do PIB brasileiro em 2016^[4]. A carne, conforme vai estragando, apresenta uma redução em sua luminosidade, ficando cada vez mais escura, podendo também ficar com pontos cinza ou verde com o cultivo de fungos.

Uma outra aplicação é durante cirurgias, no caso de uma amputação, por exemplo, onde busca-se retirar somente os tecidos que apresentam necrose, mantendo-se o máximo do ser vivo intacto^[5]. Um robô capaz de diferenciar tecidos e separá-los, certamente seria um recurso de grande valor para o sucesso e maximização da efetividade de cirurgias desse tipo.

O robô pode ser usado em campo, feitas as devidas alterações. Robôs coletores, capazes de escolher um tipo exato de objeto são úteis quando se quer coletar material de pesquisa. Eles podem ser usados numa exploração subaquática, onde busca-se um tipo específico de rocha ou de solo, onde pode haver indícios da existência de petróleo abaixo do solo encontrado^[6]. Robôs assim também podem ser usados com finalidade geológicas, para coleta de rochas de cor ou aspecto diferente das já coletadas, como ocorre em Marte^[7], por exemplo, para estudo da

composição do planeta.

A limitação para uso de robôs assim só é definida pela imaginação dos engenheiros que farão uso deles. Muitas outras aplicações são possíveis e passíveis de otimização, principalmente em conjunto com outras técnicas e mediante aplicação de outras estruturas e equipamentos mais concordantes com cada aplicação.

9. Conclusões

Diante da realização do projeto pode concluir que o conhecimento interdisciplinar foi fundamental para a elaboração do projeto em um todo, principalmente na parte de montagem da estrutura e o desenvolvimento da lógica de programação do robô. Apesar de o robô não desempenhar a tarefa proposta com total êxito, para o protótipo pode-se considerá-lo como um bom projeto. Identificou-se inicialmente como um fator limitante do projeto o sensor de intensidade luminosa, porém para o número de cores utilizadas, duas cores, este sensor mostrou-se adequado

11. Bibliografia

[1] Informações kit LEGO Mindstorms NXT. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/LEGO_Mindstorms_NXT>. Acesso em 13 de agosto de 2017.

[2] CRAIG, J. J. - Introduction to Robotics. 3ª edição, Addison Wesley, 2004

[3] Sensor Electronics Education Database. Disponível em: <<http://ipdl.gatech.edu/seed/Lego%20Mindstorms%20NXT%20Kit.html>>. Acesso em 16 de agosto de 2017.

[4] Perfil da pecuária brasileira em 5 gráficos - IEPEC. Disponível em: <<http://iepec.com/perfil-da-pecuaria-brasileira-em-5-graficos/>>. Acesso em 15 de agosto de 2017

[5] Debridement Wikipedia. Disponível em: <<https://en.wikipedia.org/wiki/Debridement>>. Acesso em 15 de agosto de 2017.

[6] Locating Oil - How Oil Drilling Works | HowStuffWorks. Disponível em: <<http://science.howstuffworks.com/environmental/energy/oil-drilling2.htm>>. Acesso em 16 de agosto de 2017.

[7] Geology | Mars Exploration Program | NASA. Disponível em: <<https://mars.nasa.gov/programmissions/science/goal3/>>. Acesso em 16 de agosto de 2017.