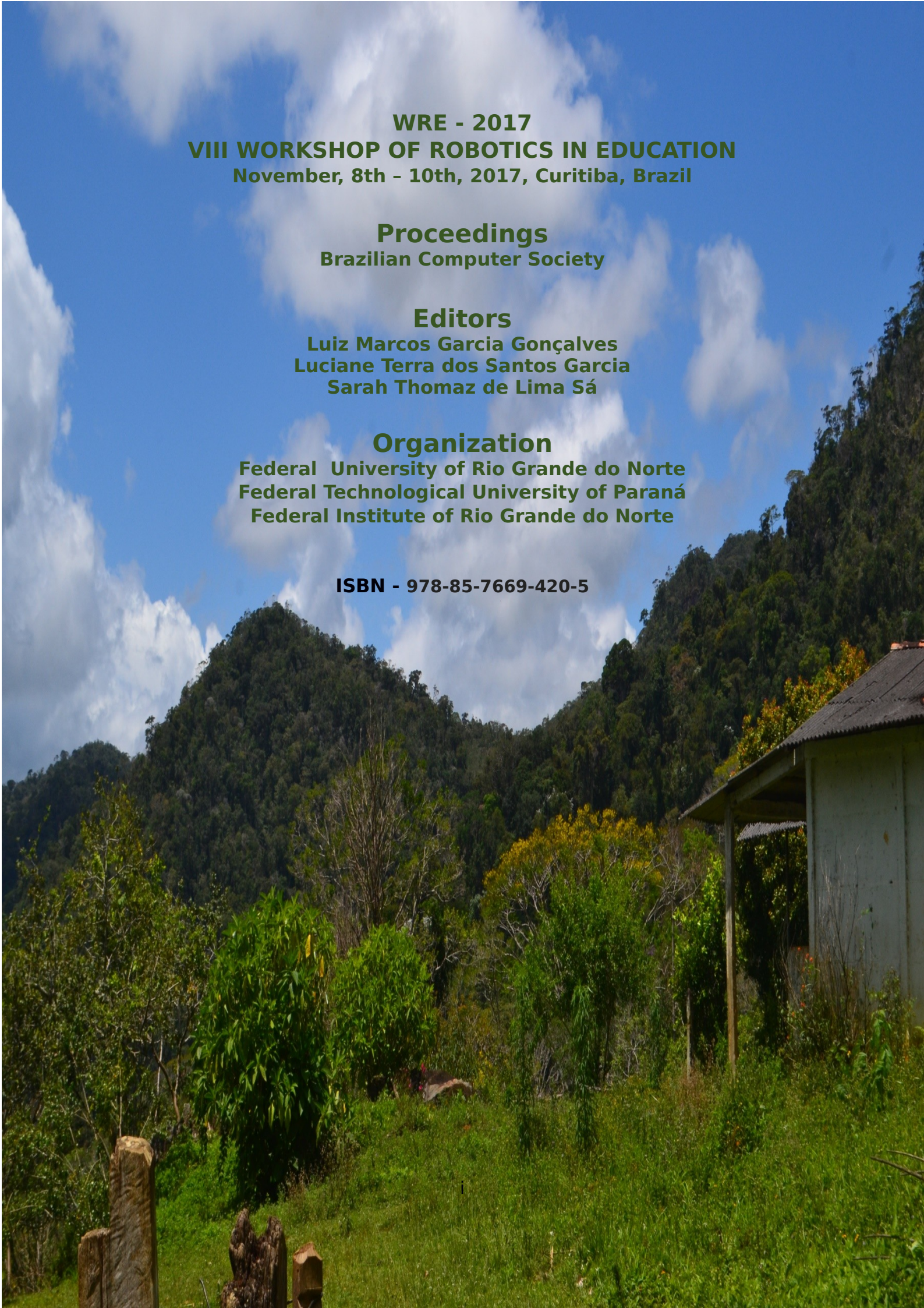


WRE - 2017
VIII WORKSHOP OF ROBOTICS IN EDUCATION
November, 8th – 10th, 2017, Curitiba, Brazil

Proceedings
Brazilian Computer Society

Editors
Luiz Marcos Garcia Gonçalves
Luciane Terra dos Santos Garcia
Sarah Thomaz de Lima Sá

Organization
Federal University of Rio Grande do Norte
Federal Technological University of Paraná
Federal Institute of Rio Grande do Norte

ISBN - 978-85-7669-420-5

WRE 2017

VIII Workshop of Robotics in Education

Curitiba, Paraná, Brazil
November, 08th – 10th, 2017

Conference Proceedings

ISBN

978-85-7669-420-5

WRE 2017

VIII Workshop of Robotics in Education

Edited by:

Luiz Marcos Garcia Gonçalves
Luciane Terra dos Santos Garcia
Sarah Thomaz de Lima Sá

Sponsored by:

IEEE RAS – Bahia Chapter
Brazilian Computer Society

Supported by:

Federal University of Rio Grande do Norte
Federal Institute of Rio Grande do Norte
Federal Technological University of Paraná

Preface

This book contains the proceedings of the VIII Workshop of Robotics in Education (WRE–2017), held from November, 08th to 10th, 2017, in Curitiba, Paraná, which is a very beautiful city in south of Brazil. WRE is a conference in the specific area of Robotics in Education that gets together researchers from overall the Latin America and also from outside LA. The first meeting took place in Salvador, BA, 2008, followed by São Paulo (2010), Fortaleza (2012), Arequipa (2013), São Carlos (2014), Uberlândia (2015), Recife (2016), and in Curitiba (2017) for the current edition.

The current edition has the sponsorship of the IEEE RAS – Bahia Chapter and Brazilian Computer Society under its Robotics Interest Group. The conference is organized/suported by Federal University of Rio Grande do Norte, Federal Institute of Rio Grande do Norte, and Federal Technological University of Paraná. The proceedings are being published under ISBN 978-85-7669-420-5 by the Brazilian Computer Society to enlarge the visibility and attest the relevance and quality of WRE meetings. This year we received 53 submissions, from which 30 papers were accepted for oral presentation. This led to an acceptance rate of 57% (best papers are chosen following a weighted reviewers scores rule). Each contribution have had at least three referees which gives an excelence of quality for the selected publications. Therefore, there were many cases of very good papers that could not have been accepted because there had been others with better gradings.

We are very thankful to the authors that have chosen WRE as the forum to present their works. We thank very much the members of the Program Committee that have spent their valuable time and efforts to read the 53 submissions. The final program has been chosen based on their experience with Robotics in Education. As well, we thank the reviewers that

helped the program commiittee members working with the satisfaction of serving the Robotics in Education community.

We would like to thank IEEE RAS Bahia Chapter and Brazilian Computer Society (SBC) for their sponsoring, mainly SBC for allowing to use the submission (JEMS) and registration (ECOS) systems and also Federal University of Rio Grande do Norte, Federal Institute of Rio Grande do Norte, and Federal Technological University of Paraná for their valuable support and organization. We also acknowledge the financial support of CAPES and CNPq to the conference.

Finally, we thank the local organization committee in the name of Professor João Alberto Fabro and the several professors, students, and volunteers in charge for the different technical activities, the invited speakers (Professors Luis Miguel Pinho de Almeida and Amaury Antonio de Castro Júnior), the reviewers for their collaboration and reviews, and mainly to all the authors who submitted papers, with their fundamental contributions to the high quality of the WRE program. We wish a pleasant and learning journey at WRE 2017 to all the participants.

Curitiba, Brazil, November, 8th – 10th of 2017.

Luiz M. G. Gonçalves, Luciane T. S. Garcia and Sarah T. L. Sá.

Proceedings Editors.

Realization

Organizing Committee

- Luiz Marcos Garcia Gonçalves (UFRN) – GENERAL CHAIR
- Luciane Terra dos Santos Garcia (UFRN) – ORGANIZING CHAIR
- Sarah Thomaz de Lima Sá (IFRN) – ORGANIZING CHAIR
- João Alberto Fabro (UTFPR) – LOCAL ORGANIZING CHAIR

Program Chairs

- Luiz Marcos Garcia Gonçalves (UFRN)
- Luciane Terra dos Santos Garcia (UFRN)
- Sarah Thomaz de Lima Sá (IFRN)

Program Committee

- Adam Pinto (USP-SC)
- Akynara Burlamaqui (UFERSA)
- Alzira Silva (UESB)
- Aquiles Burlamaqui (UFRN)
- Carla Fernandes (UFRN)
- Cintia Aihara (UNICAMP)
- Cristiane Paim (UFBA)
- Dalton Tavares (UFG)
- Dennis Barrios-Aranibar (UCSP)
- Flavio Tonidandel (FEI)

- João D'Abreu (UNICAMP)
- João Vilas Boas (IFRN)
- Luciane Garcia (UFRN)
- Luis Paulo Reis (UP/LIACC)
- Luiz Gonçalves (UFRN)
- Rafael Aroca (UFSCar)
- Raquel Esperanza Patiño Escarcina (UCSP)
- Roque Trindade (UESB)
- Roseli Ap. Francelin Romero (USP-SC)
- Sarah Thomaz de Lima Sá (IFRN)
- Sebastiao Alves Filho (UERN)
- Silvia Botelho (FURG)
- Tatiana Pazelli (UFSCar)

Reviewers

- Adam Pinto (USP-SC)
- Akynara Burlamaqui (UFERSA)
- Alexandre Simões (UNESP)
- Allyson Freire Soares (IFRN)
- Alvaro Negreiros (UFRN)
- Alzira Silva (UESB)
- Andouglas Gonçalves da Silva Júnior (UFRN)
- Aquiles Burlamaqui (UFRN)
- Caetano Ranieri (USP)
- Carla Fernandes (UFRN)
- Cintia Aihara (UNICAMP)
- Cristiane Paim (UFBA)
- Dalton Tavares (UFG)
- Daniel Carnieto Tozadore (USP-SC)
- Danilo César (UFTM)
- Davi Santos (UFRN)
- Deise Peralta (UNESP)
- Dennis Barrios-Aranibar (UCSP)
- Eduardo Pereira (UFSJ)
- Elisabeth Avila (UFRN)
- Erika Yanaguibashi Albuquerque (UFRN)
- Flavio Tonidandel (FEI)
- João D'Abreu (UNICAMP)

- João Vilas Boas (IFRN)
- Josue Ramos (CTI)
- Leonardo Ângelo Souto (UNIPE)
- Luciane Garcia (UFRN)
- Luis Costa (UFRN)
- Luis Ortiz (UFRN)
- Luis Paulo Reis (FEUP/LIACC)
- Luiz Gonçalves (UFRN)
- Martelleto Marcela (USP)
- Murillo Batista (USP)
- Osmar Ogashawara (UFSCar)
- Patrícia Jota (IFMG)
- Petrucio Medeiros (UFRN)
- Rafael Aroca (UFSCar)
- Raquel Esperanza Patiño Escarcina (UCSP)
- Renata Pitta (UFRN)
- Roque Trindade (UESB)
- Samuel Azevedo (UFERSA)
- Samuel Bueno (CTI)
- Sandro Lopes (UFRN)
- Sarah Thomaz de Lima Sá (IFRN)
- Sebastiao Alves Filho (UERN)
- Silas Reis Alves (USP)
- Silvia Botelho (FURG)
- Tatiana Pazelli (UFSCar)
- Virgínia Campos (UFRN)

Summary

Robotics at School I

Robótica na escola: Aplicação de kit didático na conscientização para o comportamento no trânsito - Motorista alcoolizado.....1
Kit de Robótica como Ferramenta de Ensino nas Escolas Públicas.....11
Robótica Educacional no Ensino Fundamental - Anos Iniciais - Um Estudo de Caso.....19
Incluindo a Ciência e Tecnologia por Meio da Robótica Educacional em Instituições do Município de Joinville, SC.....29
O desenvolvimento de uma manopla de estímulo terapêutico (MET) usando robótica educacional.....35
Sistema Robótico de Auxílio a Aprendizagem de Equações.....45

Robotics at School II

A Robótica Educacional nas Escolas Públicas.....55
Aplicando Robótica Educacional no Ensino de Matemática do Ensino Fundamental 2.....63
Arte e robótica educacional na criação de um ambiente de colaboração criativa.....73
Controle de Sistemas Robóticos Através de Reconhecimento de Fala Usando Gramática.....80
Resource allocation through mobile autonomous robots using the educational platform LEGO.....86
Uma Experiência de Utilização do Ambiente W-Educ em uma Sala de Aula com Kits de Robótica Distintos.....95

Games and Basic Curriculum

Escola Itinerante de Robótica e Desenvolvimento de Games: Uma Solução de Baixo Custo para a Educação Básica em Escolas Brasileiras.....101
Inteligência Artificial Aplicada em Robôs Autônomos para a Solução de Labirintos Dinâmicos.....111
Design and Development of a Mechanism for Rubiks' Cube Solution Aiming Robotics Teaching.....119

Teaching with Robotics

Desenvolvimento de um projeto para aprendizagem nas áreas de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática.....129

A Aplicação da Robótica Educacional sob a Concepção da Metodologia da Aprendizagem Baseada em Problemas.....138
Fatores motivadores para o uso da Robótica Educacional como método de ensino-aprendizagem na Educação Básica.....147
Análise das metodologias ágeis: Estudo para identificação de uma metodologia para o ensino de robótica educacional.....155
A Methodological Proposal for the Training of Teachers in Educational Robotics.....165
The Importance of Selection Processes in Robotics Research Groups: A Case Study of the Group of Research in Robotics at UFS (GPR-UFS).....174

Robotic Platforms for Education

DuinoBlocksII: Uma ferramenta de apoio ao ensino-aprendizagem de lógica de programação para alunos da rede pública do Ensino Médio.....184
Desenvolvimento de um robô omnidirecional de baixo custo para aprendizado e pesquisa em robótica.....193
Implementação de um Controlador P e PID em um seguidor de parede para o LEGO Mindstorms Education EV3 com utilização do LabView.....203
Desenvolvimento de um robô aéreo usando o Raspberry Pi, um microcontrolador PIC e o Pixhawk.....213
BlockEduc - A Tool for Visual Programming of Robots on Dynamic Environment W-Educ.....222
Caboclinhos: An Open Robotic Educational Platform for Engineering Students.....229

Robotic Competition

Atraindo Jovens para a Ciência Através do Futebol de Robôs.....238
Caboclinhos: Projeto Aberto do Time de Futebol de Robôs da Universidade Federal de Sergipe.....246
Construção física de um experimento remoto para programação de um robô seguidor de linha.....256

Robótica na escola: Aplicação de kit didático na conscientização para o comportamento no trânsito - Motorista alcoolizado

Leonardo Conceição[1], Gabriel Oliveira[1], Rafael Aroca[2], Tatiana Pazelli[1]

[1]Departamento de Engenharia Elétrica – Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)
Rod. Washington Luís – km 235 - SP-310 – São Carlos – SP – Brasil

[2]Departamento de Engenharia Mecânica – Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)
Rod. Washington Luís – km 235 - SP-310 – São Carlos – SP – Brasil

aroca@ufscar.br,tatianapazelli@ufscar.br

Abstract. *This work contemplates the use of robotics as a motivating element and facilitator of the awareness of good behavior in traffic and the effects of alcohol. That way, the project presents the development of an educational robot, based on a didactic kit, involving the design and construction of mechanical, electronic and software aspects, emulating the behavior of a drunk driver. Based on typical situations experienced by car drivers, three behaviors directly related to the consumption of alcoholic beverages were implemented in the robots: 1) Increased reaction time; 2) Difficulty in motor coordination and; 3) Impairment of visuospatial function.*

Resumo. *Este trabalho contempla o uso da robótica como elemento motivador e facilitador da conscientização do bom comportamento no trânsito e dos efeitos do álcool. Nesse sentido, o projeto apresenta o desenvolvimento de um robô educativo, baseado em kit didático, envolvendo o projeto e construção dos aspectos mecânicos, eletrônicos e de software, emulando o comportamento de um motorista alcoolizado. Ambientado em situações típicas vivenciadas por condutores de automóveis, três comportamentos diretamente relacionados ao consumo de bebida alcoólica foram implementados nos robôs: 1) Aumento no tempo de reação; 2) Dificuldade na coordenação motora e; 3) Prejuízo na função visuoespacial.*

1. Introdução

O consumo de bebidas alcoólicas é um fato que acompanha a história da humanidade. Registros arqueológicos revelam que os primeiros indícios sobre o consumo de etanol pelo ser humano datam de aproximadamente 6.000 a.C. A noção de etanol como uma substância divina, por exemplo, pode ser encontrada em inúmeros exemplos na mitologia. Além disso, os exércitos mediterrâneos, desde a antiguidade, também possuíam o hábito de ingerir bebidas alcoólicas, [Chacon 2013].

O álcool é uma das drogas mais consumidas no mundo, por se tratar de uma substância lícita, de grande aceite e de fácil aquisição pela sociedade. Além dos fatores

que exercem influência na disponibilidade do álcool, como o econômico, por exemplo, os valores sócio-culturais também desempenham papel fundamental na grande aceitação de seu consumo. Considerado como droga psicotrópica, por atuar no sistema nervoso central (SNC), o álcool provoca mudança de comportamento nas pessoas que o consomem, podendo resultar em dependência e tolerância, [Cruz 2010]. O aparente efeito estimulante que o álcool produz, quando detectado em concentrações moderadas no sangue, é resultado do comprometimento dos mecanismos inibitórios que ocorrem no sistema nervoso central (SNC). Essa fase corresponde aos primeiros momentos após a ingestão, podendo desencadear efeitos como euforia, desinibição e loquacidade. Quando as bebidas alcoólicas são ingeridas em concentrações elevadas, a ação depressiva do etanol fica mais evidente, pois sintomas como falta de coordenação motora, descontrole e sono, começam a aparecer, com progressiva redução dos reflexos e, finalmente, um estado de anestesia, [Chacon 2013, Cruz 2010].

O Brasil está colocado entre os países que apresentam os mais altos índices de mortalidade e morbidade causadas pelos acidentes de trânsito em que o consumo de bebidas alcoólicas está diretamente envolvido. Daí a urgência da discussão e a implementação de medidas restritivas que possam contribuir para a redução desses índices. Nesse sentido, países como a França, Espanha, Japão e outros obtiveram relevante sucesso na redução de mortalidade decorrente de acidentes de trânsito, por meio de medidas de combate a dirigir sob efeito de álcool.

Neste contexto, esse trabalho propõe uma estratégia de conscientização de crianças e adolescentes ao lhes apresentar os efeitos do álcool no organismo, em especial abordando situações rotineiras no trânsito, utilizando a robótica como ferramenta pedagógica.

A tecnologia pode ser aplicada ao processo ensino-aprendizagem de diversas maneiras. Métodos baseados em *Instrução programada*, *Tutorial*, *Simulação*, *Aprendizagem por descoberta*, *Pacotes integrados*, *Programação*, *Multimídia e Internet* e, *Jogos* vêm sendo desenvolvidos e aplicados com o objetivo de tornar as atividades educacionais interessantes, desafiadoras, descentralizadas e criativas, [Zilli 2004].

Diversos autores já demonstraram que o uso de robôs na educação proporciona ambientes estimulantes e motivadores, além de uma experiência única de aprendizado [Aroca et al. 2013, Miranda and Suanno 2009, Zilli 2004, Ortolan 2003]. [Rawat and Massiha 2004], por exemplo, apresentam dados que confirmam que o retorno dos alunos em aulas que envolvem robótica é surpreendentemente positivo. Outra vantagem, é a natureza interdisciplinar da robótica, que permite integrar conhecimentos de diferentes assuntos, além de oferecer a oportunidade a crianças e adolescentes de aprender programação de computadores ainda em idade escolar, conhecimento que desenvolverá maior capacidade de estruturação e de resolução de problemas. Ao possibilitar ainda o aprendizado por meio de experiências práticas, os robôs tornam-se ferramentas pedagógicas que oferecem uma experiência do tipo 'aprender fazendo', motivando o aluno, que a todo momento é desafiado a observar, abstrair e inventar [Martins et al. 2012, Conrad 2005, Zilli 2004, Ahlgren 2002].

Utilizando um kit didático de robótica, situações típicas vivenciadas por condutores de automóveis são emuladas por robôs móveis programados com comportamentos

diretamente relacionados ao consumo de bebida alcoólica. Os experimentos apresentam a comparação entre o comportamento de motoristas sóbrios e alcoolizados.

A sequência do texto descreve cada uma das atividades, detalhando a montagem do robô, material utilizado e algoritmo de comportamento.

2. Materiais

As atividades são baseadas em um kit didático de robótica educacional. O procedimento de montagem do robô parte da estrutura do *Robô Zero*, Figura 1, como descrito no manual do fabricante, [PETE 2016].

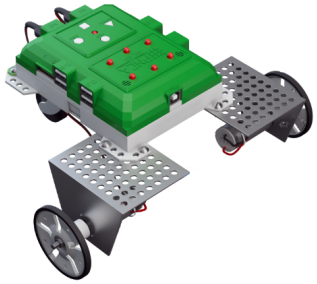


Figura 1. Robô Zero (Fonte:[PETE 2016])

Em resumo, fixe os dois motores DC na parte da frente de um módulo de controle, que já deve estar com as pilhas (tome como referência de "frente" do módulo a entrada do cabo de programação); conecte os cabos dos motores às entradas na parte traseira do módulo, ligue o motor direito na saída MD e o esquerdo em ME; monte a roda livre em uma barra em U e fixe-a à traseira do módulo; encaixe as rodas aos eixos dos motores no robô, [PETE 2016]. O robô é programado utilizando um software de programação dedicado constituinte do kit didático. O software *Legal* possibilita a programação em linguagem de alto nível em português, baseada em ícones funcionais.

Os materiais utilizados para realização das experiências propostas são listados a seguir: Cenário da simulação; 1 *Robô Zero* com pilhas; 1 sensor de distância; 2 sensores de faixa; 2 sensores de proximidade; 1 chave de fenda; 1 chave fixa; conjunto de parafusos e porcas; 1 cabo USB; 1 Computador com o software Legal e peças metálicas para suporte dos sensores.

3. Experiência 1 - Tempo de reação

Designa-se por tempo de reação o tempo que ocorre entre a percepção de um estímulo e o início da resposta a esse estímulo,[Jorge and Adura 2013].

Face a um obstáculo ou situação imprevista que possa surgir quando um veículo está no trânsito, como a parada brusca do veículo à frente ou um pedestre desatento, por exemplo, o condutor deve estar apto a reconhecer prontamente a situação de perigo potencial, analisá-la, tomar uma decisão e atuar corretamente de forma a minimizar os riscos. O álcool prejudica estas capacidades, aumentando assim o tempo de reação. A alcoolemia torna o processo de identificação do indivíduo mais lento, intensificando o tempo de reação e consequentemente fazendo com que o veículo percorra uma maior distância de reação (distância percorrida pelo veículo durante o tempo de reação do condutor).

3.1. Desenvolvimento

Primeiramente deve ser montado o ambiente no qual se passará a simulação de interesse. Esse ambiente será formado por um painel com o desenho de uma pista (representando uma estrada), um boneco (representação de um pedestre) e um robô (representando o veículo controlado pelo motorista). Como essa simulação tem o foco de verificar o comportamento de um motorista alcoolizado quanto ao seu tempo de reação, o robô será programado para simular essa característica em uma situação de atropelamento, algo que ocorre muito no mundo real.

O sensor de distância instalado no robô emula a percepção visual do motorista, que, ao detectar o boneco (pedestre posicionado na pista), leva um tempo para reagir (tempo de reação) e pressionar o freio para desacelerar o (veículo), tentando evitar um atropelamento. Para seguir a linha preta do cenário (estrada), são utilizados dois sensores de faixa no *Robô Zero*. Os LEDs vermelhos do robô irão indicar o exato momento em que o motorista percebe o pedestre, e dessa forma poderá ser notado o tempo de reação do motorista para começar a desacelerar o veículo.

Os dois algoritmos implementados, para o caso do motorista alcoolizado e sóbrio, se diferem apenas pelo tempo de reação, configurado na programação do robô, conforme apresentado na seção 3.1.1.

Finalizadas as etapas de montagem do robô e implementação do algoritmo, o robô deve ser programado com um dos algoritmos desenvolvidos, e em seguida ele e o boneco devem ser posicionados na pista a uma certa distância, para a execução do experimento.

3.1.1. Algoritmo

O algoritmo a ser programado no robô é primeiramente descrito através do fluxograma mostrado na Figura 2. Esse fluxograma mostra o funcionamento do algoritmo para os dois casos tratados. Apenas o tempo de reação para o motorista desacelerar o veículo (robô) é diferente entre os casos tratados.



Figura 2. Fluxograma - Experiência 1

O algoritmo implementado é mostrado na Figura 3. O sensor de distância S1 é identificado como **d_obstaculo**, enquanto a variável **tempo_reacao** indica o tempo de reação em segundos e a variável **d_percepcao_obstaculo** indica a distância em que o motorista percebe o obstáculo.

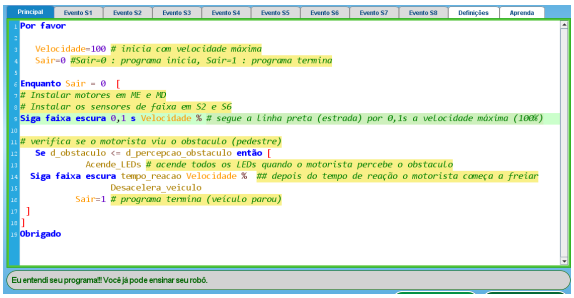


Figura 3. Programação - Experiência 1

4. Experiência 2 - Coordenação motora

Durante a condução de um veículo é necessário ter a capacidade de executar ações complexas em resposta a um ambiente que está constantemente em mudança. Para dirigir qualquer veículo com segurança, o motorista deve ser capaz de realizar, sem hesitação, uma série contínua de movimentos musculares complexos, com grande precisão, quaisquer que sejam as condições do clima e das vias, exigindo uma coordenação motora mínima para que os movimentos demandados ao longo do percurso do veículo sejam realizados de maneira correta,[Chacon 2013]. A presença de álcool no sangue do condutor interfere nas habilidades psicomotoras, reduzindo a coordenação motora, os reflexos e a habilidade de controlar o veículo (manter a trajetória, realizar curvas, etc.),[Chacon 2013]. Segundo [Adura et al. 2012]: “Toda condição que altere a percepção, o julgamento, a vigilância e a capacidade de realizar ações necessárias para controlar um veículo, poderá prejudicar a aptidão de um condutor, tornando a direção veicular insegura”.

4.1. Desenvolvimento

Para explorar as características da coordenação motora de um motorista, propõe-se um cenário que reproduz situações simples que ocorrem no trânsito e que demandam sua ação rápida e movimento corporal, obrigatório em tarefas como desviar de obstáculos, realizar curvas, etc.

Ao robô utilizado na Experiência 1, acrescenta-se dois sensores de proximidade nas laterais do robô, emulando a ”visão lateral”do motorista.

O uso dos sensores de faixa, proximidade e de distância do robô será diferente para cada caso simulado, uma vez que o estado de alcoolemia do motorista prejudica seu sensoriamento e percepção do ambiente durante a condução do veículo, devendo o robô representar essas características através do uso adequado dos sensores e programação. Para o motorista que não ingeriu bebida alcoólica, o robô deve seguir corretamente a pista e desviar dos obstáculos de maneira precisa, conforme seja requisitado, o que não acontecerá no caso do motorista embriagado, uma vez que sua coordenação motora estará comprometida.

Os sensores de faixa são os responsáveis por fazer o robô seguir a linha preta do cenário (estrada) e os sensores de proximidade e distância são utilizados para perceber os obstáculos, para que seja realizado o desvio dos mesmos, quando estes são encontrados no cenário.

Depois de montado o robô, ele deve ser programado e posicionado na marca de início do cenário para que se inicie a experiência para cada um dos dois algoritmos apresentados na seção 4.1.1.

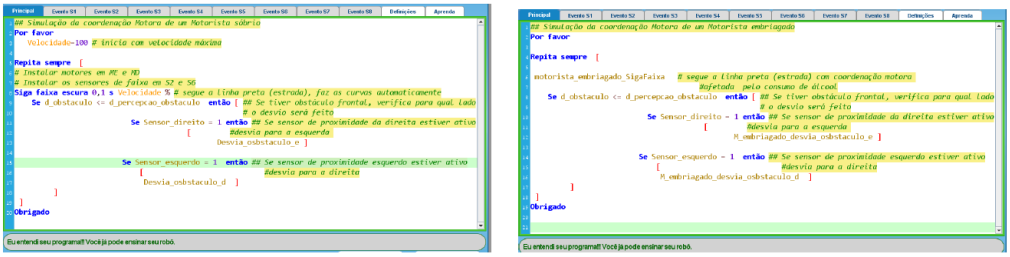
4.1.1. Algoritmo

O fluxograma da simulação de coordenação motora é visto na Figura 4. Ele é o mesmo para ambas as simulações tratadas nesta experiência, porém a maneira como o motorista realiza as ações que lhe são solicitadas muda para cada caso. O motorista sóbrio realiza as ações precisamente, desviando dos obstáculos sem acertá-los e seguindo o percurso corretamente, enquanto o motorista alcoolizado comete erros na realização dessas mesmas ações.



Figura 4. Fluxograma - Experiência 2

A implementação dos algoritmos é realizado no software *Legal*. O algoritmo comentado, feito para o caso do motorista sóbrio é mostrado na Figura 5 (a). A linha "**Siga faixa escura 0,1 s Velocidade %**"(Figura 5 (a)) é uma função já implementada no software de desenvolvimento, e é responsável por fazer o robô seguir a faixa do cenário. Já a verificação do obstáculo é realizada pelo sensor frontal, e o caminho do desvio (direita ou esquerda) é determinado pelos sensores de proximidade laterais. As funções de desvio de obstáculo para o caso do motorista sóbrio (Funções **Desvia_obstaculo_e** e **Desvia_obstaculo_d**) executam um desvio preciso, pois utilizam os sensores laterais e frontais.



(a) Motorista sóbrio (b) Motorista embriagado

Figura 5. Programação - Experiência 2

Para o algoritmo do caso do motorista alcoolizado (Figura 5 (b)), foi criada uma nova função para seguir a faixa (Função **motorista_embriagado_SigaFaixa**), para melhor interpretação do comportamento do motorista alcoolizado. Com essa função o motorista faz o percurso com certa dificuldade, fazendo pequenos "zigue-zague" com o veículo no percurso e movimentos imprecisos durante as curvas. Já as funções de desvio de obstáculos(Funções **M_embriagado_desvia_obstaculo_e** e **M_embriagado_desvia_obstaculo_d**) fazem o motorista desviar para esquerda ou para direita respectivamente. Entretanto essas funções não utilizam um sensoriamento tão preciso para a correção da rota do percurso (o desvio é feito sem o auxílio dos sensores). Assim, o robô fará o mesmo percurso para o caso do motorista sóbrio, mas emulando os efeitos do álcool no condutor durante a condução do veículo.

5. Experiência 3 - Percepção visuoespacial

No processo de dirigir é necessário estar continuamente informado da posição que ocupa os veículos, pedestres e os obstáculos que se apresentam em seu caminho. Todos os sentidos cooperam nesta informação, mas a visão é particularmente um dos mais importantes, sendo também um dos sentidos que mais sofrem alterações por causa da ingestão de álcool, [Hoffmann et al. 1996]. Para [Galdino et al. 2010]: "O consumo de bebida alcoólica prejudica a função visual e visuoespacial, a velocidade e a transmissão do processamento neural, a integração no córtex visual e diferentes mecanismos cerebrais".

A alcoolemia causa alterações nas características neurais e ópticas do sistema visual, diminui a acuidade visual, prejudica a visão estereoscópica noturna e crepuscular, promovendo estreitamento do campo visual e diminuindo, progressivamente, a visão periférica. O embriagado passa a não se interessar pelo que acontece lateralmente (visão tubular), alterando a capacidade de dividir a atenção.

Esses efeitos prejudicam a capacidade do motorista em conduzir corretamente o veículo, podendo causar acidentes no trânsito.

5.1. Desenvolvimento

O cenário utilizado nesta experiência contém obstáculos frontais e laterais na faixa, de forma a emular o comportamento de outros veículos no trânsito. Com a visão periférica afetada, o motorista pode não enxergar corretamente os obstáculos laterais (veículos) e poderá causar uma colisão ao desviar para o mesmo lado que eles quando perceber um obstáculo frontal. Pode-se interagir no cenário colocando-se papeis coloridos (verde ou

vermelho) no caminho (faixa escura) para imitar as luzes de um semáforo, para simular o comportamento do motorista em resposta a essas sinalizações de trânsito.

Para realizar a experiência, programa-se o robô com os algoritmos encontrados no item 5.1.1, posicionando-o no cenário em seguida para o início do experimento.

5.1.1. Algoritmo

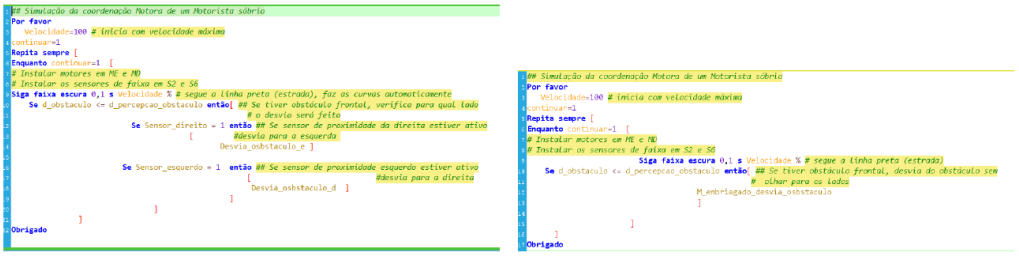
O fluxograma da experiência 3 é visto na Figura 6, e o algoritmo é mostrado na Figura 7. A alteração no comportamento do motorista sóbrio para o embriagado é a forma que o condutor reage aos sinais coloridos (cartolina verde ou vermelha) inseridos na pista. Enquanto o motorista sóbrio vê rapidamente as cores dos sinais (semáforo) o motorista embriagado demora um maior tempo para ver esse mesmo sinal. O robô irá parar na presença da cor vermelha e prosseguir com a cor verde.

Outra diferença é na maneira de desviar dos obstáculos. O motorista embriagado não olha para os lados (não usa sensores laterais no robô) devido à debilidade da visão periférica, podendo bater caso haja um veículo ou pedestre na lateral. Para este caso é utilizada a função .

As funções de desvio de obstáculo para o motorista sóbrio são as mesmas utilizadas na Experiência 2. Os sensores **S1** (sensor de distância frontal) ,**S3** (sensor de proximidade da direita), **S4** (sensor de proximidade da esquerda) e **S5** (sensor de cor) estão nomeados como **d_obstaculo S1**, **Sensor_direito**, **Sensor_esquerdo** e **cor_semáforo** respectivamente. Sempre que o sensor S5 recebe uma entrada, uma interrupção é executada. Caso a cor seja verde, a variável **continuar**=1 e se for vermelha, **continuar**=0, fazendo o robô parar ou continuar no trajeto conforme as cores do semáforo.



Figura 6. Fluxograma - Experiência 3



(a) Motorista sóbrio (b) Motorista embriagado

Figura 7. Programação - Experiência 3

6. Conclusões

Este trabalho propôs a realização de atividades pedagógicas de conscientização no trânsito com foco nas consequências do uso de bebidas alcoólicas por motoristas. Visando o aprendizado experimental, a robótica educacional foi aplicada no sentido de ilustrar o comportamento do motorista embriagado em diferentes cenários. Dessa forma, esta proposta pode ser trabalhada com crianças e adolescentes tanto de forma expositiva ou demonstrativa, quanto no formato de desafio de implementação, no qual os comportamentos estudados devem ser programados pelos próprios alunos, possibilitando uma experiência de aprendizado multi-objetivos.

Referências

Adura, F., Gianvecchio, D., and Muñoz, D. R. (2012). Medicina de tráfego. *Revista de Medicina*, 91(1):14–15.

Ahlgren, D. (2002). Meeting educational objectives and outcomes through robotics education. In *5th Biannual World Automation Congress*, volume 14, pages 395–404.

Aroca, R. V., Gomes, R. B., Tavares, D. M., Souza, A. A. S., Burlamaqui, A. M., Caurin, G. A., and Goncalves, L. M. (2013). Increasing students' interest with low-cost cellbots. *IEEE Transactions on Education*, 56(1):3–8.

Chacon, D. M. M. (2013). Álcool e comportamento: efeitos na aprendizagem e memória.

Conrad, J. (2005). Stiquito for robotics and embedded systems education. *Computer*, 38(6):77–81.

Cruz, É. D. N. d. (2010). Efeitos do alcoolismo na percepção visual de contraste.

Galdino, M., Silva, J., Santos, N., and Simas, M. (2010). O efeito da ingestão de álcool na percepção visual: Revisão sistemática. *Neurobiologia*, 73(4):151–161.

Hoffmann, M. H., Carbonell, E., and Montoro, L. (1996). Álcool e segurança - epidemiologia e efeitos. *Psicologia: Ciência e Profissão*, 16(1):28–37.

Jorge, M. H. P. d. M. and Adura, F. E. (2013). Álcool e direção veicular. *Revista USP*, 96:23–36.

Martins, F., Oliveira, H. C., and Oliveira, G. F. (2012). Robótica como meio de promoção da interdisciplinaridade no ensino profissionalizante. In *Workshop de Robótica Educacional (WRE)*.

Miranda, J. R. and Suanno, M. V. R. (2009). Robótica pedagógica: Prática pedagógica inovadora. In *IX Congresso Nacional de Educação – EDUCERE, III Encontro Sul Brasileiro de Psicopedagogia*.

Ortolan, I. T. (2003). Robótica educacional: uma experiência construtiva.

PETE (2016). Pete - robótica educacional.

Rawat, K. S. and Massiha, G. H. (2004). A hands-on laboratory based approach to undergraduate robotics education. In *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, volume 2, pages 1370–1374.

Zilli, S. d. R. (2004). A robótica educacional no ensino fundamental: Perspectivas e prática.

Kit de Robótica como Ferramenta de Ensino nas Escolas Públicas

William C. Ribeiro[1], **Aquiles M. F. Burlamaqui**[1] **e Orivaldo V. Santana Jr.** [1]

[1]Laboratório de Automação e Robótica (LAR),
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal – RN – Brasil

{william-cribeiro@bct., aquilesburlamaqui@ e orivaldo.santana@}.ect.ufrn.br

Abstract. *This article discusses the new means of teaching and learning to improve the teaching of public schools. To this end, topics such as educational robotics as a teaching aids tool, and topics on active methodology will be addressed. For this purpose, robotics workshops are used, which are taught in the computer lab of the School of Science and Technology of the Federal University of Rio Grande do Norte - UFRN, for high school students of several public schools and their participation Students in the Brazilian Robotics Olympiad - OBR. For the participation of the students in the OBR and for help in the classes, an educational Kit One Robot per Student - URA was developed, using several low cost materials and open platforms such as Arduino. As a result, the impacts that the project has brought on the social and professional life of the students were analyzed.*

Resumo. *Expõe-se neste trabalho a discussão sobre novos meios de ensino-aprendizagem para a melhoria do ensino das escolas públicas. Para isto, será abordado tópicos como à robótica educacional como ferramenta que auxiliam no ensino, e tópicos sobre metodologia ativa. Para isso, utiliza-se de oficinas de robótica, que são ministradas no laboratório de informática do prédio da Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, para alunos de ensino médio de diversas escolas públicas e a participação destes alunos na Olimpíada Brasileira de Robótica - OBR. Para a participação dos alunos na OBR e para ajuda nas aulas foi desenvolvido um Kit educacional Um Robô por Aluno - URA , utilizando diversos materiais de baixo custo e plataformas abertas como Arduíno. Como resultado foram analisados os impactos que o projeto trouxe na vida social e profissional dos alunos.*

Palavras chaves*: Robótica educacional, metodologia ativa, escolas públicas, kit de robótica.*

1. Introdução

A robótica educacional é uma ferramenta de aprendizagem que visa utilizar robôs para estimular os alunos a desenvolverem aptidões para solucionar situações-problema, além de despertar o interesse dos envolvidos nas áreas de desenvolvimento de *Hardware* e *Software* [do Rocio Zilli 2004]. Além do que, ao utilizar o robô para exemplificar vários conceitos teóricos vistos na sala de aula, podemos despertar um maior interesses nos alunos e motivá-los.

Atualmente, existem diversos kits de robótica educacional disponíveis no mercado. Porem, devido a seus altos custos, a aquisição de tais kits ainda é um problema para pessoas e instituições no Brasil e no Mundo. Ao visitar a Africa, o professor Ken Goldberg da universidade de Berkley, pôde constatar tal fato, onde um único kit de robótica era utilizado por várias escolas e turmas. Diante dessa realidade ele criou o AFRON, uma competição internacional com o objetivo de se desenvolver um robô de até 10 dólares [AFRON] para a África. Dentro desse contexto surge o projeto Um Robô por Aluno (URA), que visa desenvolver um kit de robótica educacional que seja de baixo custo e que possar ser utilizado no contexto do ensino fundamental e médio das escolas públicas do Brasil. Utilizando ferramentas e conhecimentos de *hardware* aberto, como o Arduíno e a reciclagem de algumas peças, desenvolvemos um robô de base móvel no formato de um carro(Robô-Carrinho) que atenda tanto exigências de ser barato e quanto aos objetivos da robótica educacional.

O presente trabalho tem como o principal objetivo a discussão da robótica educacional no ambiente das escolas públicas, utilizando como motivação a construção de um kit de robótica de baixo custo que permita aulas de robótica educacional contextualizados e com foco na participação dos alunos na Olimpíada Brasileira de Robótica - OBR. O mesmo foi projetado com funcionalidades para atender as situações-problemas propiciadas pela Olimpíada Brasileira de Robótica (OBR), onde um robô carrinho deverá enfrentar diversas barreiras e as superar utilizando suas atuadores, sensores e sua programação. Apresentamos um protótipo do kit, que se encontra em fase de validação no nosso projeto de extensão, URA, Um Robô por Aluno.

2. Trabalhos relacionados

Vivemos em um mundo em que a tecnologia é cada vez mais presente em nossas vidas e com tamanho avanço tecnológico a necessidade de desenvolver códigos para os novos dispositivos é cada vez mais comum. Sendo assim, dois fatores principais impulsionam o grupo de Estudo e Pesquisa em Inclusão Digital da Universidade de Passo Fundo a desenvolver uma pesquisa sobre uma solução livre e de baixo custo de um protótipo chamado Edupi[Costella et al. 2016], baseado na plataforma Raspberry Pi [RaspberryPi]. O primeiro passo é como a informática educacional se mostra presente nas escolas brasileiras, onde na maioria dos casos se apresenta de forma fragmentada e que não consegue contemplar as áreas de programação e robótica. Em segundo, temos a necessidade da popularização da programação de computadores e da robótica nesse mundo digital.

[Costella et al. 2016] ressaltam que o aprendizado em programação torna-se fundamental visto que ao aprender a programar o aluno estará sendo levado a pensar de uma maneira mais lógica e objetiva, além da programação auxiliar no desenvolvimento das habilidades cognitivas. O projeto EduPi utiliza como ferramenta de ensino a placa Raspberry Pi e nela foram criados vários ambientes que facilitam o aprendizado e a programação de computadores e robótica. A escolha desta placa para o projeto se deu pela necessidade da construção de um dispositivo de baixo custo e da grande praticidade da placa.

Outro grupo de pesquisa do departamento de Engenharia elétrica da UFPB, desenvolveu o seu próprio kit de robótica educacional, o qual foi concedido o nome de

Proteus[Neto et al. 2016], que se utiliza de materiais facilmente encontrados no comércio, como porcas, parafusos e perfis de alumínio, como estrutura do carrinho. Com o kit em mãos, o grupo de pesquisa realizou um estudo de impacto no Instituto Federal da Paraíba (IFPB) no campus Picui. Lá, foram realizada alguns questionamentos para os alunos que participaram do projeto de preparação para a OBR, e obtiveram uma ótima avaliação dos alunos a cerca do projeto.

3. Metodologia

Nessa etapa do trabalho discutiremos como foi produzido o kit de robótica educacional URA, a realização das oficinas de introdução a robótica com os alunos de escolas públicas do ensino médio, a inscrição dos alunos na Olimpíada Brasileira de robótica - OBR e as atividades realizadas com os alunos participantes da competição.

3.1. Desenvolvimentismo do Kit

Existem vários kits de robótica educacional no mercado, entretanto não são tão acessíveis, a ponto de um aluno ou até mesmo as próprias escolas públicas não serem capazes de aderirem ao projeto sem que pese em seus orçamentos. Assim , visando a facilidade de contato dos alunos às tecnologias e a robótica, desenvolvemos o kit de robótica educacional URA

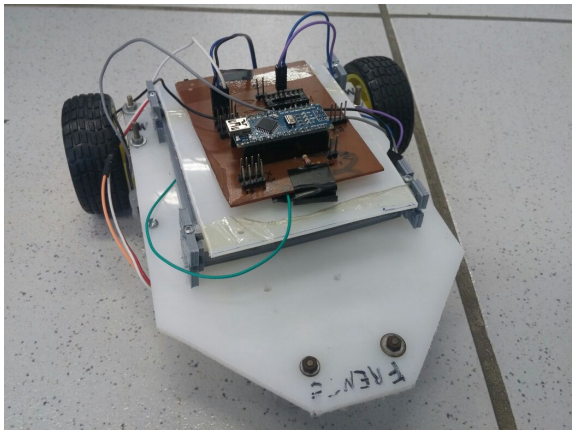


Figura 1. Robô Toninho

A versão atual do kit, que tem como nome Toninho, está ainda em fase de teste. A estrutura é composta, em sua maioria, peças recicladas e impressas, como a estrutura de suporte do carrinho que é feito de uma chapa de nylon e suas outras partes de suporte foram impressas em uma impressora 3D. O carrinho está equipado com sensor de ultrassom, sensores seguidores de linha e uma placa com um Arduíno nano [Arduino], para receber o software. Tanto a placa de circuito impresso quanto as peças impressas são desenvolvidas no Laboratório de Automação e Robótica da Escola de Ciências e Tecnologia (LAR-ECT) da UFRN para diminuir ainda mais o custo do kit. Além disso, disponibilizarmos os arquivos tutoriais de como confeccionar a placa e as peças [URA]. Uma imagem do Toninho pode ser observada na figura 1.

Tabela 1. Componentes Toninho

Materiais	Quantidade	Preço Unitário(US)
Arduíno nano	1	3,24
Placa de circuito	1	1,59
Seguidores de linha	2	2,75
Sensor ultrassônico	1	1,08
Ponte H L293D	1	1,94
Barra de pino	1	2,08
Rodas	2	2,26
Roda boba	1	2,82
Motores DC	2	2,84
Servo motor	1	4,60
Jumpers	10	0,02
Placa de Náilon de 22x14	1	6,35
Peças impressas	18	0,63
Parafusos e porcas	-	-
Bateria de lítio	4	4,08
Parafusos e porcas	-	-
Preço Total (Aproximado)	-	68,33

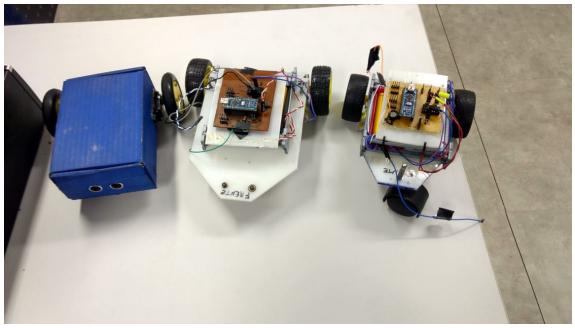


Figura 2. Todas as versões dos carrinhos

A segunda versão do carrinho, que se encontra ainda em fase de testes, detêm o nome de Marvim. Esta versão está ainda em fase de testes, mas o seu diferencial é que seus motores são drives de DVD sucateados. Estes motores dão ao carrinho uma potência e velocidade maior que os motores usados no Toninho, e além disso são mais baratos, já que os drives são obtidos de peças sucateadas. As rodas utilizadas nesta versão, tanto as do motor quanto a roda boba, são impressas em uma impressora 3D, visando diminuir ainda mais o custo final de cada carrinho. A ultima diferença entre essas duas versões é que neste modelo usa-se um Arduíno Uno juntamente com a placa de circuito encaixável (Arduíno *Shield*) para prevenir que não ocorrerão trocas de fios indevidos da placa, evitando a queima de alguns componentes. Todas as peças que foram listadas nas tabelas foram adquiridas em sites internacionais, onde foi realizado a compra e importado para o Brasil.

Tabela 2. Componentes Marvin

Materias	Quantidade	Preço Unitário(US)
Arduíno Uno	1	4,31
Placa do circuito	2	1,59
Ponte H L293D	1	1,94
Sensor Ultrassônico	1	1,08
Servo motor	1	4,60
Seguidores de linha	2	2,75
Motores de drive de DVD	2	-
Placa de náilon de 15x12	1	6,35
Jumpers	15	0,13
Bateria de lítio	2	4,08
Peças impressas	5	0,63
Parafusos e porcas	-	-
Preço Total (Aproximado)	-	40,22

Ao compararmos o Kit URA com outros kits disponíveis no mercado, como por exemplo o Kit de robótica da [MakeBlock], o mBot, o kit URA se torna bem mais acessível economicamente a grande parte da população. Visto que este modelo ofertado por eles, o modelo mais barato, se encontra no valor de 95 dólares mais o preço de importação, o que torna mais caro para a aquisição. E em quesito de funcionalidade, o Kit URA se asemelha bastante a estrutura do mBot no quesito de funcionalidade, como a mobilidade e utilização dos sensores. No quesito estrutural, o mBot apresenta uma vantagem, visto que a estrutura deles é usinada.

3.2. Olimpíada Brasileira de Robótica

Ao realizar o curso de introdução a robótica, preparamos os alunos para resolver problemas, utilizando o sistema de aprendizado baseado em problemas, com base nos quebra-cabeças apresentados na Olimpíada Brasileira de Robótica, [OBR 2017] , que tem diversos desafios que são utilizados para ensinar sobre os sensores e o funcionamentos deles, levando os alunos a pensarem como utilizá-los para solucionar certo problema. Com estes problemas estipulamos desafios que estimulam os alunos a desenvolverem suas habilidades em conhecimento relacionados a robótica, como a lógica de programação e raciocínio lógico. Os problemas que são definidos na OBR também são usados como um guia para estruturar as oficinas e materiais didáticos que são fornecidos para os alunos.

Os alunos também são incentivados a participarem da competição para conhecerem a olimpíada e para que possam utilizar os robôs que estão sendo utilizados no decorrer das oficinas. Na competição, participaram 2 equipes, compostas por 4 estudantes cada, todos alunos do projeto.

3.3. Encontros semanais para construção dos robôs

Com a etapa do planejamento de aula concluído, temos um encontro semanal com a turma dos alunos no laboratório de informática da Escola de Ciência e Tecnologia da UFRN,

onde ministramos oficinas sobre robótica utilizando o kit Toninho. Os problemas-desafios propostos para os alunos são baseados no ambiente da OBR e as oficinas são organizadas inspiradas na abordagem de aprendizagem baseada em problemas [Hmelo-Silver 2004]

Nas oficinas trabalhamos semanalmente cada sensor e motor presentes no carrinho, além de ensinar sobre a lógica de programação para os componentes. Para tornar a linguagem mais acessível e prática para os alunos, desenvolvemos uma biblioteca [Arduino] que facilita a utilização de certos comandos de programação para o carrinho, tornando mais simples e didático o ensino da resolução de problemas.

Além das aulas práticas e expositivas, também temos uma aula de desafios, onde os alunos têm que resolver certos problemas utilizando o kit, como desviar de obstáculos, seguir linha etc. Todo material de aula que foi utilizado em nossas oficinas encontra-se disponível na página do projeto no [Github 2017], incluindo notas de aula, slides e todas as informações sobre a montagem do carrinho desde a etapa inicial.



Figura 3. Aula expositiva sobre sensores

4. Resultados

Para a análise de resultados utilizamos um questionário desenvolvido para coletar o ponto de vista dos alunos participantes do projeto a cerca das atividades de preparação para a OBR que oferecemos. Para esta análise disponibilizamos um questionário dissertativo, para coletar comentários e opiniões dos alunos sobre o projeto, atividades realizadas, sugestões, críticas etc. Dos vinte e três alunos participantes, 5 responderam o questionário.

Inicialmente, foi questionado se os alunos perceberam que o seu rendimento escolar, aprendizagem e concentração melhoraram após o início do curso, e cem pro cento dos alunos entrevistados afirmaram que sim, houve uma singela melhoria em seu rendimento. No segundo ponto, se os métodos trabalhados nas aulas favorecem o ensino deles oitenta por cento dos alunos avaliaram que sim.

Ao analisar as respostas podemos notar que elas reforçam a suposição inicial de que a robótica educacional pode possibilitar aos alunos o desenvolvimento de diversas habilidades e conhecimentos, além de contribuir positivamente nos seus estudos individuais na escola. Por fim, na parte de críticas e sugestões do projeto foi deixado para os

alunos darem a sua opinião livremente, o qual tivemos sugestões, como a de termos uma divulgação maior do projeto.

Também fizemos indagações sobre principais dificuldades que os alunos encontraram na utilização do kit, segue abaixo algumas das respostas dadas:

"Problemas no circuito eletrônico"

"Inicialmente pela falta de domínio das ferramentas"

"Dificuldade na montagem"

"Eu tenho um problema de visão (visão sub-normal), e por conta deste problema não pude ver muito bem, mas fui auxiliado pelos orientadores e colegas"

Tendo em vista as dificuldades encontradas pelos alunos, principalmente na parte dos circuitos e na montagem, vemos que é necessário uma atualização da forma que é feito o kit, para podermos sanar estas dificuldades.

5. Conclusão

Tendo em vista a grande quantidades de alunos que frequentam escolas de ensino público, em que grande parte tem um espaço físico precário e falta de profissionais de ensino, a utilização de metodologias alternativas de ensino, como a robótica educacional, beneficiam muito estes alunos e da para eles um primeiro contato com a área, que ainda é de difícil acesso para muitos, dando assim este contato com estas tecnologias inovadoras e provoca nos alunos e professores a busca pelo conhecimento e desenvolvimento social.

A realização do curso e oficinas de introdução a robótica para os alunos do ensino médio foi de grande importância para que estes alunos possam colocar em prática os seus conhecimentos das disciplinas curriculares de suas escolas, entendendo melhor a teoria passada a eles, e abrindo seus horizontes para verem como é trabalhar com tecnologia. Também contribuiu significantemente para o interesse dos alunos participarem, com seus robôs, na Olimpíada Brasileira de Robótica - OBR, conhecendo melhor o mundo robótica.

Tendo em vista o elevado custo dos atuais kits de robótica educacional, se viu presente a necessidade da criação de um kit mais acessível a todos, como o Kit de robótica educacional URA, que foi desenvolvido voltado a ser um robô alternativo dos presentes no mercado, conseguimos desenvolver um kit que seja consideravelmente mais barato que os demais e que está sendo utilizado como modelo para a criação dos robôs que são produzidos pelos alunos nas oficinas.

Com as oficinas de robótica realizadas semanalmente conseguimos despertar nos alunos o interesse tecnológico e científico deles, além de estimular o gosto e interesse para as áreas que têm correlação com a robótica, como programação, matemática, eletrônica etc. Assim, conseguimos incentivá-los a formarem grupos e resolverem problemas propostos com os robôs, em grupo, trabalhando a parte coletiva deles e seu trabalho em grupo. Desta forma, como objetivos futuros, será necessário uma melhoria no kit para sanar certos problemas encontrados, além de uma busca por investimentos, com a finalidade de popularizar mais o kit URA nas escolas públicas. Além da busca constantes de formar de redução dos custos para a propagação do projeto.

Referências

AFRON. The afron "10 dollar robot"design challenge. http://robotics-africa.org/afron-design-challenges.html. Accessed: 2017-07-24.

Arduino. Arduino. https://www.arduino.cc/. Accessed: 2017-07-10.

Costella, L., Licks, G. P., and Teixeira, A. C. (2016). Uma solução livre e de baixo custo para prática e aprendizagem de programação e robótica. In Magnenat-Thalmann, N. and Thalmann, D., editors, *Anais do 7º Workshop de Robótica Educacional - WRE 2016*. John Wiley & Sons ltd.

do Rocio Zilli, S. (2004). A robótica educacional no ensino fundamental: perspectivas e prática. In de Santa Catarina, U. F., editor, *Dissertação de Mestrado*. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

Github (2017). Github, about github. https://github.com/about. Accessed: 2017-07-10.

Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review*, 16(3):235–266.

MakeBlock. mbot v 1.1. https://goo.gl/2syKSs. Accessed: 2017-09-28.

Neto, J. T. C., de Macêdo, E. C. T., and Gomes, F. C. F. (2016). A robótica como instrumento de ensino nas escolas públicas. In Magnenat-Thalmann, N. and Thalmann, D., editors, *Anais do XXVII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2016)*. John Wiley & Sons ltd.

OBR (2017). Olimpíada brasileira de robótica. http://www.obr.org.br/. Accessed: 2017-07-10.

RaspberryPi. Raspberry pi. https://www.raspberrypi.org/. Accessed: 2017-07-10.

URA, P. documentação. https://github.com/lar-ect/URA. Accessed: 2017-07-10.

Robótica Educacional no Ensino Fundamental - Anos Iniciais - Um Estudo de Caso

Leonardo M. de Abreu[1], Lion A. Machado[2], Marco A. Busetti de Paula[3]

[1, 3] Departamento de Eletrotécnica (DAELT)
Universidade Federal Tecnológica do Paraná (UTFPR) – Curitiba, PR
[2] Espaço NAV - Robótica & Tecnologias
Curitiba, PR

leonardo2703@gmail.com, nav@espaconav.com.br marco.busetti@me.com

Abstract. *This article presents a case study about the accomplishment of the curricular discipline of educational robotics in the first years of elementary school using active learning based on projects methodology. The whole method focused on the STEAM (science, technology, engineering, art and math) and on the mutual interaction with the National Curricular Common Base (BNCC) to reinforce and improve the contents already covered by the basic subjects. For clarity of practical execution, the general steps that were followed for the conclusion of the projects involving the different classes were detailed.*

Resumo. *Este artigo apresenta um estudo de caso sobre a realização da disciplina curricular de robótica educacional nos primeiros anos do ensino fundamental utilizando-se da metodologia de aprendizagem ativa baseada em projetos. Todo o método teve como foco a visão STEAM (science, technology, engineering, art and math) e a interação mútua com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), para reforço e aprimoramento dos conteúdos já contemplados nas disciplinas de base. Para maior clareza da execução prática, detalhou-se os passos gerais que foram seguidos para a conclusão dos projetos envolvendo as diferentes turmas.*

1. Introdução

Segundo BENITTI, a Robótica Educacional nas escolas visa proporcionar aos alunos o despertar do raciocínio lógico, a criatividade, a autonomia no aprendizado, a compreensão de conceitos e procura melhorar a convivência em grupo, tratar a cooperação, o planejamento de atividades e tarefas.

Neste trabalho utilizou-se a metodologia da Aprendizagem Ativa, na qual envolve o desenvolvimento de projetos para a solução de problemas (KARPUDEWAN, M et alli, 2016). O conteúdo de Robótica e Tecnologias foi efetivamente aplicado no primeiro trimestre (2017/1) como matéria curricular para os alunos do primeiro ao quinto ano do ensino fundamental de uma escola particular em Curitiba-PR com 30 anos de tradição e reconhecida na comunidade por ser inovadora e focar na aprendizagem dinâmica.

Em contramão à educação tradicional que possui por consequência de suas metodologias o engessamento da criatividade e do apetite de exploração do aluno – tornando a aprendizagem escolar desinteressante, fundamentada em "decorebas", sem absorção real e efetiva de conteúdo – a metodologia utilizada em robótica expõe aos alunos problemas com soluções diretas, e mais: permite apresentar conteúdos totalmente novos, como eletricidade, mecânica, programação, design entre outros.

As aulas foram planejadas e ministradas por discentes do curso de Engenharia de Controle e Automação na UTFPR, encarregados em período integral da disciplina nas cinco turmas de ensino fundamental, anos iniciais, no âmbito do Grupo de Pesquisa "Convergências entre Ciência, Tecnologia, Engenharia, Arte e Matemática".

Os projetos são consoantes com a educação STEAM e a nova Base Nacional Comum Curricular - BNCC (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2017), desenvolvendo diferentes habilidades desta, ao mesmo tempo que incrementa os conhecimentos de Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática, com o objetivo de fomentar a discussão de um problema, apresentar suas resoluções e concretizá-las, de maneira sustentável, compreensível e acessível para os alunos.

2. As aulas no dia a dia

Cada aula possui 40 minutos com frequência de duas vezes por semana para as turmas do 2º ao 5º ano e uma aula por semana para os alunos do 1º ano. Ao total, são cerca de 110 alunos. Como infraestrutura, dispomos de equipamentos como: impressora 3D, quadro com diversas ferramentas, sala de informática, iPads, projetor multimídia, Lego Bricks e EV3. Todas as atividades são desenvolvidas em equipes, de quatro ou cinco crianças. Cada equipe reúne-se em volta de uma grande mesa de maneira que, durante as atividades, o senso de grupo seja fortalecido (debate, ajuda mútua, diálogo….).

Como trabalhou-se com turmas de diversas idades (seis a dez anos) decidiu-se por ministrar as aulas respeitando-se os conteúdos e a didática adequados para cada ano: para as turmas do 1º ano, buscou-se realizar atividades que reunissem a introdução da robótica, utilizando-se do universo lúdico já conhecido pelas crianças (Lego Bricks, jogos e brincadeiras); para o 4º e 5º ano, trabalhou-se com alguns dos conceitos por trás das atividades realizadas durante as aulas de robótica e aprofundou-se no universo da STEAM com, até mesmo, programação em arduino, por meio do software S4A (http://s4a.cat/); já para as turmas do 2º e 3º ano, realizou-se atividades intermediárias entre o teor lúdico do 1º ano, e as tecnologias aplicadas no 4º e 5º anos (metodologia STEAM) por meio de atividades com Lego Technic, conceitos básicos dos circuitos eletrônicos e etc...

Para cada turma, foi proposto um projeto trimestral específico que pode ou não estar diretamente relacionado com as outras matérias que estão sendo trabalhadas com as crianças. Ao longo do trimestre, as aulas estão focadas em três etapas: pré-projeto, execução e pós-projeto. Nos dois primeiros meses, trabalhamos com o pré-projeto, ou seja, é passado aos alunos, de forma prática, diversos conceitos que, mais para frente,

serão utilizados nos projetos. No último mês do trimestre é quando foca-se na execução, desenvolvimento do projeto em si, e no pós-projeto, testes e brincadeiras. Vale salientar que, por experiência dos professores neste 1º trimestre de 2017, o período de realização do projeto, trimestral, e as divisões de tempo nas três etapas comentadas, têm sido satisfatórios e suficientes, havendo apenas uma ressalva quanto ao tempo do pós-projeto, que poderia ser ampliado em uma semana para "aproveitar" melhor o projeto recém executado, o que não comprometeria o planejamento geral do trimestre.

Além dos projetos, também são passados aos alunos ao longo do trimestre outras atividades relacionadas com robótica, como Lego Bricks e Technic, desenho em 3D auxiliado por softwares, informática e etc. que não necessariamente estão relacionadas à alguma das três etapas dos projetos. Toma-se esta atitude, pensando em tornar as aulas o mais dinâmico possível, mantendo um objetivo, o projeto trimestral, mas também abrangendo o maior número de áreas da STEAM, sem que as crianças fiquem entediadas ou saturadas. Vale destacar que algumas aulas são aplicadas a todas as turmas, com diferentes níveis de aprofundamento, como a impressão dos robôs da turma, como intitulou-se os robôs impressos em 3D tomando-se as características físicas idealizadas pelos alunos.

3. Projetos desenvolvidos

3.1. 1os anos (robô sensor de luz)

O projeto do primeiro ano visou a montagem de um circuito eletrônico embutido no robô da turma para que os olhos acendessem em um ambiente escuro.

Como pré-projeto, utilizou-se das seguintes etapas: imprimiu-se em 3D o robô da turma a partir dos desenhos em papel realizados pelos alunos; realizou-se diversas atividades voltadas para a aprendizagem do que é um circuito eletrônico e como se faz para ligar um LED; trabalhou-se com a turma uma atividade que contemplou o que seria o projeto do robô sensor de luz que se abrangeu os materiais necessários (componentes eletrônicos), funcionamento lógico do circuito (se está claro os olhos apagam, se está escuro eles acendem) e o desenho do robô com olhos de uma das cores dos leds disponíveis (vermelho, verde ou amarelo).

Entrou-se, então, na execução do projeto em si: Cada equipe precisou entrar em consenso para escolher a cor dos olhos de seu robô; após isso, os alunos conectaram os componentes eletrônicos, (LEDs, sensor de luz, pilha...) na placa de circuito impresso previamente construída; com dos auxílio dos professores, realizou-se a montagem final dos componentes à placa de circuito impresso e esta ao robô da turma.

Como pós projeto: realizou-se os teste do robô em ambientes com alta e baixa luminosidade; decidiu-se por linkar o projeto de robótica com o projeto que estava sendo estudado na disciplina de ciências, os animais da savana, por meio de um desenho individual dos animais desse bioma sendo protegidos a noite pelo robô sensor de luz;

por fim, as crianças, com a ajuda de slides montados pelos professores, apresentaram seu projeto trimestral de robótica para todas as outras turmas do fundamental.

Quanto a interdisciplinaridade do projeto, pode-se citar os seguintes conteúdos com suas respectivas matérias curriculares: ciências, como um circuito eletrônico funciona, o que é energia elétrica, funcionamento simplificado de alguns componentes eletrônicos, relação do robô sensor de luz com as savanas (protetor); linguagens, introdução à lógica (LED aceso ou apagado); artes, conversão de desenhos feitos pelas crianças em um robô real (impressora 3D).

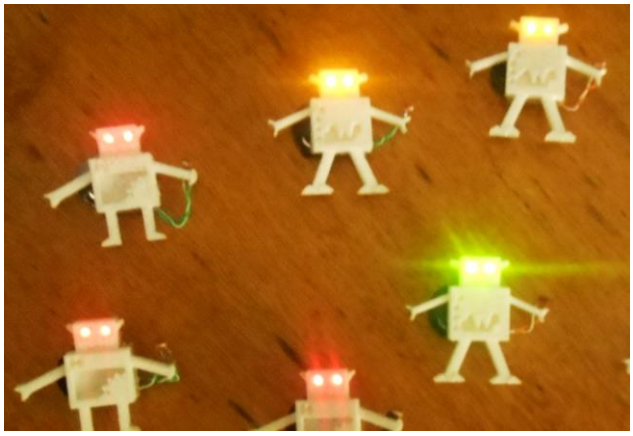


Figura 1: projeto 1°s anos, robô sensor de luz

3.2. 2os anos (baratinha)

Com o segundo ano, linkou-se o projeto de robótica com o projeto de ciências que contemplou, entre outros assuntos, os insetos. Visou-se o desenvolvimento de uma baratinha que se movimenta por meio da vibração de um motor.

Como pré-projeto, utilizou-se das seguintes etapas: realizou-se diversas atividades voltadas para a aprendizagem do que é um circuito eletrônico, o que é um motor, como liga-lo e como inverter o sentido de rotação.; trabalhou-se com a turma uma atividade que contemplou o que seria o projeto da baratinha que abrangeu o esboço e materiais necessários.

Na execução do projeto: montou-se o circuito eletrônico da baratinha (pilha, interruptor e motor); desenhou-se e imprimiu-se em 3D, o eixo excêntrico que, ao ser ligado no motor, permitiu a vibração da baratinha; montou-se e fixou-se as patinhas, segundo a cor decidida pelo grupo; com a ajuda dos professores, confeccionou-se a fantasia da baratinha que, por consenso da equipe, foi escolhida entre a baratinha em si, uma borboleta ou um grilo.

Como pós projeto: os alunos foram desafiados a vencer diversos labirintos usando as suas baratinhas; por fim, as crianças, com a ajuda de slides montados pelos professores, apresentaram seu projeto trimestral de robótica para todas as outras turmas

do fundamental.

Quanto a interdisciplinaridade do projeto, pode-se citar os seguintes conteúdos com suas respectivas matérias curriculares: ciências, como um circuito eletrônico funciona, o que é energia elétrica, funcionamento simplificado de alguns componentes eletrônicos, relação da baratinha confeccionada com os insetos reais; artes, confecção das fantasias das baratinhas; matemática, quantidades dos materiais usados no projeto.



Figura 2: projeto 2os anos, baratinha

3.3. 3º ano (avião planador)

Com o terceiro ano, linkou-se o projeto de robótica com o projeto de ciências, no qual, entre outros temas, abordou-se Santos Dumont, visando o desenvolvimento de um avião planador construído com madeira balsa.

Como nas demais turmas estudou-se, no início do trimestre, conceitos sobre eletrônica, preferiu-se trabalhar também esta área com o 3º ano, já que tais conhecimentos serão de fundamental importância para os projetos do 2º e 3º trimestre. Como pré-projeto, então, utilizou-se apenas de algumas semanas, que abrangeram as seguintes etapas: estudou-se simplificadamente o funcionamento de um planador; desenhou-se um planador real; construiu-se um modelo de papel do avião; trabalhou-se com a turma uma atividade que contemplou o que seria o projeto do planador, construído em madeira balsa, que abrangeu o esboço (formas e medidas) e materiais necessários.

Na execução do projeto: cortou-se a madeira balsa nas medidas necessárias para a confecção as peças; montou-se as partes e construiu-se o planador; nomeou-se o avião da equipe e estilizou-o com tintas.

Como pós projeto: ajustando-se a asa, foi possível que os alunos regulassem o planador para vôos mais longos, realizou-se, então, competições individuais e em equipes tendo por objetivos a maior distância e a melhor pirueta; por fim, as crianças desenvolveram slides e apresentaram seu projeto trimestral de robótica para todas as outras turmas do fundamental.

Quanto a interdisciplinaridade do projeto, pode-se citar os seguintes conteúdos com suas respectivas matérias curriculares: história, Santos Dumont e seu principal invento; ciências, como um avião funciona; artes, estilização do avião e impressão dos robôs (pilotos) em 3D; matemática, quantidade de materiais, formas geométricas e dimensões utilizadas para a montagem do planador.

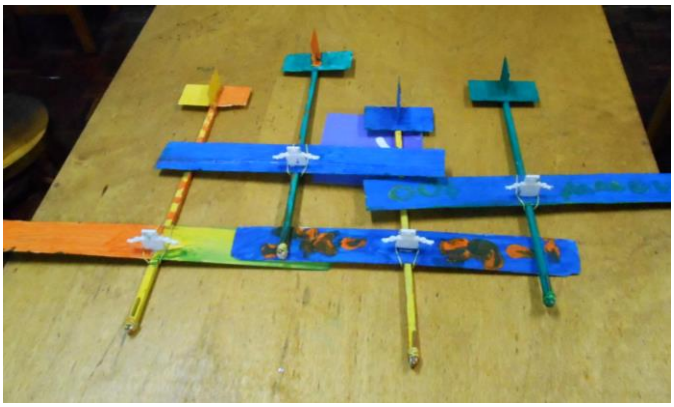


Figura 3: projeto 3°ano, avião planador

3.4. 4º ano (automatização de um autorama)

O projeto do quarto ano visou a automatização de uma pista de autorama, já existente, que dividiu-se nos seguintes subprojetos: sinaleiro de largada, contador de voltas (um para cada carrinho) e iluminação automática da pista. Cada grupo adotou a execução de um dos subprojetos propostos. Para que a automatização fosse alcançada, utilizou-se do software S4A (derivado do Scratch) em conjunto com o Arduino.

Como pré-projeto, utilizou-se das seguintes etapas: realizou-se diversas atividades voltadas para a aprendizagem do que é um circuito eletrônico, como ligar um LED, o que é um motor, o que é tensão e etc.; com a base eletrônica já formada, introduziu-se a programação por meio do software Scratch; aprofundou-se, então, na programação utilizando-a para controlar o "mundo físico" com o auxílio o Arduino e do software S4A; por fim, trabalhou-se com a turma uma atividade que contemplou o que seria o projeto da automatização do autorama que abrangeu o esboço e materiais necessários para a execução de cada um dos subprojetos.

Na execução do projeto: cada equipe montou em protoboard o circuito eletrônico referente ao seu subprojeto; programou-se, então, os circuitos utilizando o arduino e o

software S4A; confeccionou-se, com madeira e cola quente, as peças para a fixação dos componentes eletrônicos na pista de autorama; com a ajuda de toda a turma e dos professores, montou-se todos os subprojetos na pista de autorama.

Como pós projeto: As crianças puderam realizar competições na pista de autorama já automatizada (com o auxílio do sinaleiro de largada e do contador de voltas pode-se decidir mais facilmente os vencedores de cada corrida, já com a iluminação automática de pista, pode-se correr também "à noite"); por fim, as crianças desenvolveram slides e apresentaram seu projeto trimestral de robótica para todas as outras turmas do fundamental.

Quanto a interdisciplinaridade do projeto, pode-se citar os seguintes conteúdos com suas respectivas matérias curriculares: ciências, como um circuito eletrônico funciona, o que é energia elétrica, funcionamento de alguns componentes e sensores eletrônicos; artes, estilização da pista de autorama com Lego e madeira; matemática, noções de temporizadores e contadores usados na programação e dimensões físicas das peças para a fixação dos circuitos ao autorama; linguagens, programação.

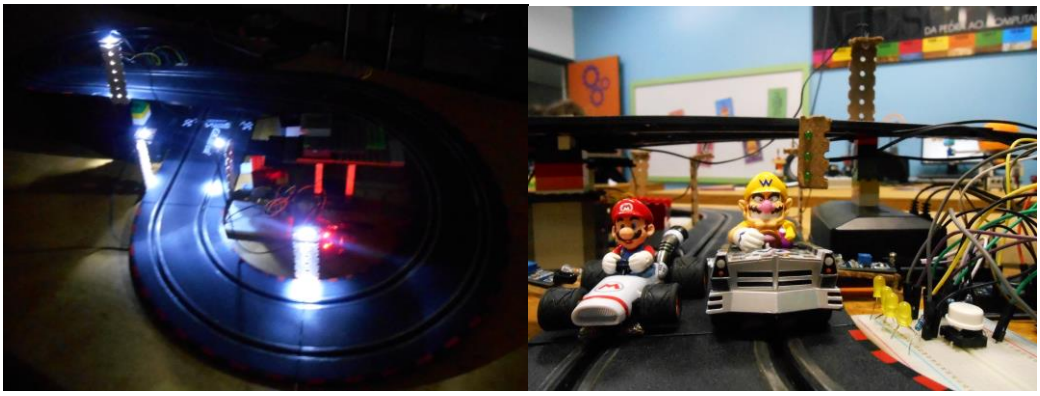


Figura 4: projeto 4°ano, automatização de um autorama

3.5. 5º ano (miniatura de planetário)

Com o quinto ano, linkou-se o projeto de robótica com o projeto de ciências, no qual abordou-se o sistema solar, visando a construção de uma miniatura de um mini planetário para estudo da movimentação orbital dos planetas e da lua. Para que o sol brilhasse, utilizou-se de um barra de LED, para que a movimentação dos corpos celestes pudesse ser realizada, fez se uso do Lego EV3 e do software S4A (derivado do Scratch) em conjunto com o Arduino.

Como pré-projeto, utilizou-se, também, da mesma base utilizada com o 4º ano: realizou-se diversas atividades voltadas para a aprendizagem do que é um circuito eletrônico, como ligar um LED, o que é um motor, o que é tensão e etc.; com a base eletrônica já formada, introduziu-se a programação por meio do software Scratch;

aprofundou-se, então, na programação utilizando-a para controlar o “mundo físico” com o auxílio o Arduino e do software S4A; fazendo-se uso de um mini planetário comprado, sem movimentação de rotação e translação, montou-se e pintou-se um mini sistema solar com todos os planetas; por fim, trabalhou-se com a turma uma atividade que contemplou o que seria o projeto da miniatura de um planetário, além do reforço dos conteúdos já aprendidos nas aulas de ciências.

Na execução do projeto: construiu-se a estrutura do planetário em madeira; confeccionou-se e pintou-se a terra e o sol em isopor enquanto a lua foi impressa em 3D; montou-se o circuito eletrônico referente ao motor relacionado ao movimento de rotação da terra e de revolução da lua; fixou-se a barra de LED sob o sol; confeccionou-se, com lego EV3, os motores que realizam a translação da terra, em conjunto com a lua, ao redor do sol; por fim, com a ajuda dos professores, uniu-se todas as partes para a finalização do planetário .

Como pós projeto: As crianças puderam verificar o funcionamento do mini planetário e confirmar os conhecimentos aprendidos nas aulas de ciências. No escuro, o planetário ficou ainda mais bonito com o sol brilhando ao centro; por fim, as crianças desenvolveram slides e apresentaram seu projeto trimestral de robótica para todas as outras turmas do fundamental.

Quanto a interdisciplinaridade do projeto, pode-se citar os seguintes conteúdos com suas respectivas matérias curriculares: ciências, como um circuito eletrônico funciona, o que é energia elétrica, funcionamento de alguns componentes e sensores eletrônicos, verificação dos conceitos da movimentação orbital dos corpos celestes; artes, estilização do planetário com tinta e LED; matemática, ângulos, figuras geométricas e dimensões das peças confeccionados; linguagens, programação.

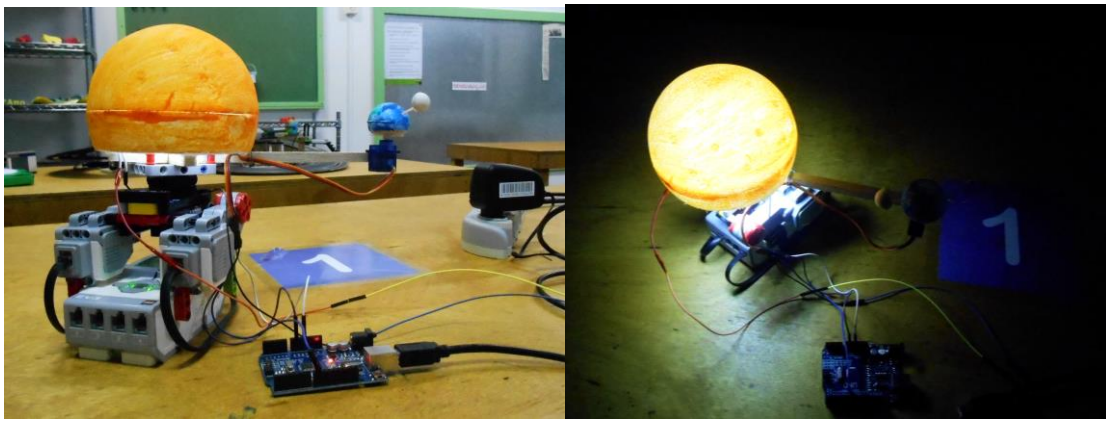


Figura 5: projeto 5°ano, miniatura de planetário

4. Conclusão

O aprendizado nesta experiência foi mútuo: os professores desenvolveram suas habilidades e abordagem, levando em consideração as faixas etárias e o grau de desenvolvimento e absorção de conteúdo de cada criança, elaborando estratégias para passar os conhecimentos científicos usualmente vistos no ensino superior; os alunos aprenderam de forma satisfatória e instigante, conceitos extremamente importantes no mundo da robótica, sempre enfatizando a discussão de uma problemática educacional na qual o aluno se vê diante de uma situação que necessita de estratégias, soluções, interação com o grupo e criatividade para ser capaz de aplicar futuramente, na vida profissional e pessoal em quaisquer das áreas de conhecimento existentes, seja no campo das exatas, humanas ou biológicas.

O desenvolvimento verificado nas turmas foi muito além do intelectual, já que a aprendizagem ativa requer dos alunos: comunicação, habilidade motora, paciência, foco e determinação.

Por meio dos procedimentos e resultados obtidos a partir da metodologia apresentada por este artigo, conclui-se que pode-se replicar o mesmo modelo integralmente em outras escolas na disciplina curricular de robótica, desde que haja um treinamento adequado dos professores e que os equipamentos e infraestruturas sejam minimamente alcançados. Vale salientar, que tentativas de reduzir custos com a substituição de materiais e equipamentos caros, como o Lego EV3, já vem sendo realizadas pelo grupo de pesquisa envolvido neste projeto.

Referências

BENDER, Willian N. Aprendizagem baseada em projetos: educação diferenciada para o século XXI. Penso Editora, 2015.

BENITTI, Fabiane B. V. Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. Computers & Education, v. 58, Issue 3, Pages 978-988, Ed. Elsevier, April 2012.

CAPRARO, Robert M.; CAPRARO, Mary M.; MORGAN, James R. STEM project-based learning: An integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM), 2013.

KARPUDEWAN, M; PONNIAH, J; MD. ZAIN, A. Project-Based Learning: An Approach to Promote Energy Literacy Among Secondary School Students. Asia-Pacific Education Researcher (Springer Science & Business Media B.V.), v. 25, n. 2, p. 229-237, Apr. 2016.

MEYRICK, Kristy M. How STEM education improves student learning. Meridian, v. 14, n. 1, 2012.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Base Nacional Comum Curricular, v. 3. Disponível em: <https://goo.gl/T3PV4X>. Acessado em: 06 de mai. 2017.

ROCKLAND, Ronald et al. Advancing the “E” in K-12 STEM education. 2010.
SANDERS, Mark E. Stem, stem education, stemmania. 2009.

Incluindo a Ciência e Tecnologia por Meio da Robótica Educacional em Instituições do Município de Joinville, SC

Douglas M. Sgrott[1], Gabriel Abatti[1]

[1]Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) – Centro de Ciência e Tecnologia (CCT), Departamento de Engenharia Elétrica (DEE)
CEP 89.219-710 – Joinville – SC – Brasil

doug.sgrott@gmail.com, colossi.abatti@gmail.com

Abstract. *This paper aims to describe the activities realized by academics in the city of Joinville - SC, which purpose is to develop personal skills and logical reasoning in students from public school or low income, by means of robotic lessons using the LEGO MINDSTORMS® EV3 kit. Besides the lessons, annually a championship is held with the class that attended the lessons, bringing the university and society closer together. The questionnaires answered by the students were analysed, assessing the lessons and its impacts on the students.*

Keywords: *Educational Robotics, Secondary Education, Multidisciplinarity*

Resumo. *Este trabalho tem como objetivo apresentar as atividades realizadas por acadêmicos no município de Joinville - SC, cujo propósito é desenvolver habilidades pessoais e raciocínio lógico dos estudantes da rede pública de ensino, ou de baixa renda, através de aulas de robótica utilizando o kit LEGO MINDSTORMS® EV3. Além das aulas, anualmente é realizado um campeonato com as turmas atingidas, aproximando a universidade e a sociedade. Foram analisados questionários respondidos pelos estudantes sobre as aulas e seus impactos.*

Palavras-chave*: Robótica Educacional, Ensino Fundamental, Multidisciplinariedade*

1. Introdução

Com o desenvolvimento da tecnologia, na última década a robótica se tornou uma ferramenta valiosa para professores e pesquisadores para o desenvolvimento cognitivo [ALIMISIS 2013]. Ainda, a robótica usada para o desenvolvimento educacional, chamada de robótica educacional, serve de maneira eficiente para o aprendizado em disciplinas como física e matemática.

Com o objetivo de disseminar a área da robótica e incentivar o aprendizado nas áreas de ciência e tecnologia, em muitas universidades foram criados projetos que proporcionam esse desenvolvimento. Na Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) existe o Grupo Estudantil de Robótica Móvel (GERM) o qual obtém como uma de suas principais atividades proporcionar o primeiro contato de crianças e adolescentes com a área da robótica.

Visto que a robótica é uma área multidisciplinar, o grupo é formado por acadêmicos dos cursos de engenharia elétrica, engenharia mecânica e licenciatura em física. A presença de membros de diferentes cursos visa possibilitar uma melhor

performance e desenvolvimento das atividades devido a união de diferentes conhecimentos, além de agregar suas experiências em uma diversidade maior de acadêmicos.

Este artigo estabelece a robótica educacional como uma importante ferramenta de auxílio no aprendizado escolar. Também apresenta as atividades realizadas pelo grupo GERM, com enfoque nas experiências adquiridas ao decorrer das aulas ministradas às crianças do ensino fundamental. E por fim explora os resultados do grupo com relação ao curso dado.

2. Fundamentação Teórica

Atualmente a tecnologia tem causado grandes impactos na sociedade, causando transformações em diversas áreas, como a hospitalar, industrial, ambiental, entre outros. É levando em consideração estes impactos que se torna fundamental que o exercício da cidadania inclua a educação científica, de forma que a população saiba lidar com as mudanças no meio social geradas pelas novas tecnologias.

Entretanto, existe um grande desinteresse pelas ciências exatas por parte dos estudantes brasileiros no ensino fundamental e médio, que conforme os índices do QEdu, aponta uma proficiência de apenas 14% dos estudantes brasileiros do 9º ano na resolução de problemas de matemática. Este desinteresse é um fator que torna o ingresso em cursos universitários de Ciências Exatas e Engenharias desestimulante, contribuindo assim para a diminuição do pensamento científico da população. É neste contexto que se faz importante desenvolver atividades didático-pedagógicas voltadas à alfabetização científica e tecnológica, contemplando o caráter social das ações dos indivíduos [ANGOTTI e AUTH 2001].

Dos recursos tecnológicos utilizados na educação, destaca-se a Robótica Educacional, que possibilita a investigação de conceitos físicos e lógicos de uma maneira criativa, estimulando o senso crítico na resolução de problemas. A Robótica Educacional tem recebido um aumento de interesse na última década, e devido a sua flexibilidade pedagógica, tem sido aplicada em diversas escolas brasileiras [ZILLI 2004; MIRANDA e SUANNO 2009].

Devido a recente popularização da Robótica Educacional no ambiente escolar, surgiram diversas modalidades de ensino envolvendo a robótica. Uma dessas modalidades ocorre através de campeonatos, onde segundo [WYFFELS et al. 2011], são oportunidades de solidificar conceitos técnicos ao mesmo tempo que desenvolve habilidades pessoais, como trabalho em equipe.

Frente aos novos paradigmas da educação no século XXI, segundo [ALIMISIS 2013], é necessário repensar a maneira como a Robótica Educacional é abordada, focando no currículo e nas teorias de aprendizado e não na ferramenta em si, buscando uma perspectiva que reforça a criatividade e o desenvolvimento pessoal e cognitivo independente de sua orientação escolar e gênero.

3. Desenvolvimento

O grupo GERM tem suas atividades dentro e fora da universidade. Nisso uma das principais e mais desenvolvidas dentro do grupo são as aulas de robótica básica

ministradas nas escolas públicas da cidade de Joinville, onde está localizada o Centro de Ciência e Tecnologia (CCT) da UDESC.

O público alvo dessa atividade são crianças e adolescentes de sétimo ao nono ano do ensino fundamental de escolas públicas e instituições carentes de Joinville. São atendidas, com preferência, as instituições que demonstram um rendimento menor em disciplinas como matemática, utilizando dados de rendimento do QEdu para estas análises.



Figura 1 - Aplicação do curso na turma matutina da associação Projeto Resgate

Nas instituições são previstas turmas de no mínimo 18 e máximo 25 alunos, sendo que dependendo da disponibilidade são criadas mais de uma turma para uma instituição, na figura 1 demonstra a turma realizada no projeto social Associação Projeto Resgate no ano de 2017. Nos últimos anos, o grupo conseguiu organizar em média 6 turmas por semestre.

3.1. Metodologia

O kit de robótica utilizado no curso é o LEGO MINDSTORMS® EV3, acompanhado do software de programação LEGO MINDSTORMS® Education EV3. O kit vem em diversas peças que podem ser utilizadas para a construção de diversos tipos de robôs, com diferentes estruturas e sensores, na figura 2 é mostrado o kit básico utilizado nas aulas e no campeonato interescolar. O software, que além de estar disponível na língua português brasileiro, permite a elaboração de programas de uma maneira bastante intuitiva, através da ligação de diferentes blocos lógicos. Desta forma, visa-se criar um ambiente onde os estudantes são incentivados a explorar a robótica de uma forma investigatória.



Figura 2. Kit didático LEGO MIINDSTORMS® EV3.

Nas aulas, os conceitos são inicialmente mostrados aos alunos, que devem então resolver problemas utilizando o que foi exposto em conjunto com os conceitos de aulas anteriores. Desta maneira, busca-se dar as ferramentas necessárias aos estudantes, que divididos em grupos de trabalho, participam de forma ativa na solução do problema. O professor deixa de ser o único provedor de informação, e passa a ser um facilitador

Nas últimas duas aulas, é proposto uma competição para a turma, sendo que cada competição ocupa o tempo de uma aula inteira. A primeira competição costuma envolver o objetivo de fazer o robô seguir uma linha no menor tempo possível, desviando de obstáculos ou executando certas ações ao passar por diferentes cores no trajeto. A segunda competição envolve o desafio de programar um robô de sumô, cujo objetivo é tirar o robô da equipe adversária do ringue. Estas são formas de fazer com que os alunos busquem, através de testes, a constante melhora em seu desempenho. Assim, erros cometidos deixam de ser desestimulantes e passam a fazer parte de um processo iterativo, que estimula o pensamento científico dos alunos.

Para finalizar, os grupos que tiveram o melhor desempenho das turmas são convidados a participar do Campeonato Interescolar, realizado no fim do segundo semestre letivo pelo grupo GERM. Assim, a relação entre a universidade e os estudantes fica mais estreita, incentivando-os a ingressarem no ensino superior.

3.2. Participantes

Durante tais atividades todos os envolvidos são atingidos de alguma maneira, tanto as crianças e adolescentes que recebem as aulas como os acadêmicos que planejam e executam as aulas. Aos acadêmicos é proporcionado uma situação onde é possível que desenvolvam experiência em sala de aula e a interagir com um grupo diferente de estudantes, assim viabilizando um crescimento pessoal e profissional.

Como nas aulas são formados grupo com os participantes e propostos vários desafios, os mesmos desenvolvem o trabalho em equipe, cooperatividade e principalmente o raciocínio lógico.



Figura 3. IV Campeonato Interescolar de Robótica Móvel realizado em 2016.

Além disso os participantes são submetidos a situações que proporcionam experiências diversificadas, um exemplo é estabelecido no campeonato interescolar, onde em um ambiente competitivo que devem trabalhar em conjunto para conseguirem o melhor resultado no menor período de tempo como mostrado na figura 3.

4. Resultados e Conclusão

Como tais atividades já estão sendo realizadas desde 2011, o número de pessoas atingidas por elas é muito significativo. Sendo que já foram trabalhadas com as melhores escolas públicas de Joinville, em contrapartida também com muitas escolas com baixo rendimento. Nisso já é possível encontrar alguns resultados extremamente positivos em estudantes que foram afetados pelo curso e se sentiram motivados a ingressar no ensino superior devido a ele.

Para fins de obter um retorno de como estão o rendimento e para análises das aulas, são estabelecidos questionários onde é possível ter conhecimento onde o projeto pode melhorar e a satisfação dos participantes. Com uma análise de 53 questionários de participantes do primeiro semestre de 2017, é possível estabelecer que cerca de 62.2% dos participantes afirmaram que o curso auxiliou em disciplinas escolares e ainda 84,9% deles gostariam de realizar uma continuação do curso, consequentemente a participação em um curso mais avançado. Em relação às questões discursivas dos questionários, a maioria dos estudantes escreveram que acharam o curso interessante.

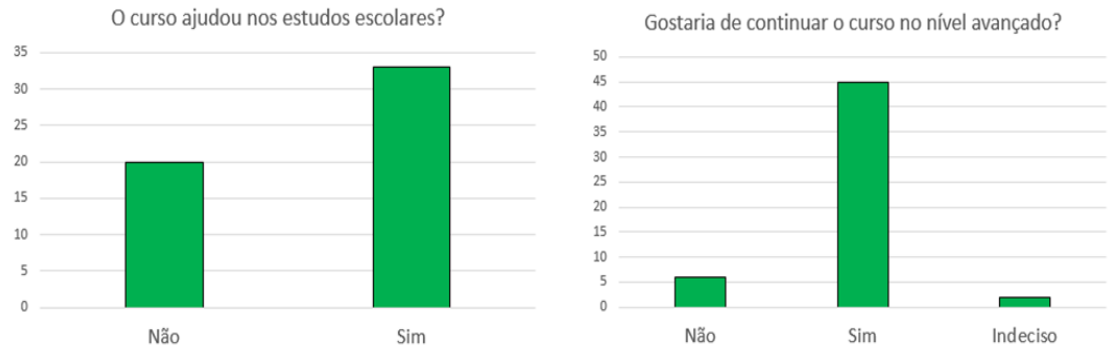


Figura 4. Análises dos questionários do primeiro semestre de 2017

Com essas análises e com as sugestões dadas pelos participantes é possível que o curso e a preparação dos acadêmicos para a execução das aulas estejam em constante processo de melhoria.

Pela resposta dos estudantes atendidos pelo curso, a maioria se mostrou motivada a continuar os estudos da robótica e que o curso, apesar de informal, ajudou de alguma forma nos estudos escolares. Assim, percebe-se que o curso ministrado encoraja os alunos a continuarem estudando, o que é fundamental para diminuir a evasão no ensino público e aumentar a chance destes estudantes de ingressarem no ensino superior.

Portanto, apesar da Robótica Educacional ser um recurso com enorme potencial pedagógico, é necessário investigar as formas de como a inserir no ambiente escolar de forma a desenvolver o aprendizado de uma maneira inclusiva. Para isso, é importante focar no desenvolvimento pessoal e cognitivo dos estudantes, e não apenas em aspectos técnicos e aplicar uma metodologia que emancipe os estudantes em sua busca pelo conhecimento.

Referencias

ANGOTTI, José André Peres; AUTH, Milton Antonio. Ciência e tecnologia: implicações sociais e o papel da educação. **Ciênc. educ. (Bauru)**, Bauru , v. 7, n. 1, p. 15-27, 200.

WYFFELS, F., BRUNEEL, K., KINDERMANS, P.-J., D'HAENE, M., WOESTYN, P., BERTELS, P., et al. (2011). "Robot competitions trick students into learning," in *Proceedings of the 2nd International Conference on Robotics in Education, RiE* (Singapore), 47–52.

ALIMISIS, D. **Educational robotics: Open questions and new challenges.** Themes in Science & Technology Education, v.6, p.63–71, 2013.

ZILLI, S. R. (2004) **A Robótica educacional no ensino fundamental: perspectivas e práticas.** Santa Catarina. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.

MIRANDA, J. R., SUANNO, M. V. R., **"Robótica na escola: ferramenta pedagógica inovadora"**, III Workshop de Robótica Educacional, Simpósio Brasileiro de Robótica 2012.

Fundação Lemann e Meritt (2012): portal QEdu.org.br, acessado em 16/07/2017

O Desenvolvimento de uma Manopla de Estímulo Terapêutico (MET) Usando Robótica Educacional

Gustavo Mello da Silva, Luan da Silva Ávila, Adriano Fiad Farias

Instituto Federal Sul Rio-Grandense (IFSul) – Campus Sapucaia do Sul –
Av. Copacabana, 100 – B. Piratini – Sapucaia do Sul, RS – 93216-120 – Brazil.

{gustavomellodasilva,luanparcival,adriano.fiad}@gmail.com

Abstract. *This article presents the development of a prototype to aid in the process of hand physiotherapy using educational robotics. The development of this prototype uses low-cost materials, together with an Arduino platform, creating a device capable of stimulating the flexion-extension movements of the patient's fingers, communicating with the mobile device to allow the physiotherapist a system configuration according to his preferences and Characteristics of the treatment, taking as a feedback information about the session of hand use, generating and managing data to provide better diagnoses of patient development.*

Resumo. *Este artigo apresenta o desenvolvimento de um protótipo para auxiliar no processo de fisioterapia de mãos, usando a robótica educacional. O desenvolvimento desse protótipo utiliza materiais de baixo custo, junto a plataforma Arduino, criando um dispositivo capaz de estimular os movimentos de flexo-extensão dos dedos do paciente, comunicando com dispositivo mobile para possibilitar ao fisioterapeuta a configuração do sistema, segundo suas preferências e características do tratamento, tendo como retorno informações sobre a sessão de utilização da manopla, gerando e gerenciando dados para prover melhores diagnósticos da evolução do paciente.*

1. Introdução

Nos últimos anos a medicina moderna tem permitido a sobrevivência de um número cada vez maior de vítimas de acidentes e enfermidades, aumentando a quantidade de indivíduos portadores de deficiências. Conforme IBRE/FGV, cerca de 14,5% da população brasileira é portadora de alguma deficiência [Neri, 2003]. Para Pistori (2006), com o aumento de portadores de necessidades especiais, a sociedade os exclui.

Muitos dos traumas ocorrem nos membros superiores, sendo as mãos são mais afetadas. A mão humana é o principal meio para acessar e alterar o ambiente, é responsável por ações banais como segurar um lápis, escovar os dentes ou acariciar. A fisioterapia é o meio mais comumente usado para a reabilitação de algum tipo de trauma que venha a comprometer a estrutura óssea, muscular ou nervosa do indivíduo, traumas que podem levar a diminuição na qualidade de vida [Bonatti, 2014].

Entretanto, a certos obstáculos que clínicas de fisioterapia devem ultrapassar para garantir um atendimento adequado para os pacientes, um desses é a falta de equipamentos tecnológicos adequados, esses equipamentos existem, porém, muitos possuem um custo muito elevado para que possam ser adquiridos, não viabilizando a compra para clínicas de pequeno e médio porte [Amirabdollahian et al, 2014].

A utilização da robótica na fisioterapia tem como objetivo evoluir as práticas em que é aplicada de forma que torne uma tarefa manual mais rápida e prática, por conta de alta capacidade de execução da máquina "isso multiplica a intensidade e a frequência das atividades, o que é importante para a recuperação neurológica, pois os movimentos são comandados por conexões nervosas do cérebro", diz o fisiatra Daniel Rubio, diretor da Rede de Reabilitação Lucy Montoro [Tarantino, 2014].

Através dessas situações levantadas, utilizando conhecimentos aprendidos em sala de aula através da robótica educacional e situações vividas pelos autores, surge o projeto para desenvolvimento de uma Manopla de Estímulo Terapêutico (MET). O projeto é interdisciplinar, onde possuem auxílio e acompanhamento de profissionais da fisioterapia, engenharia mecânica, computação, eletrônica e prototipação.

Trabalhamos com o desenvolvimento do protótipo de uma luva robótica de baixo custo, para auxiliar pessoas que sofreram lesões modulares limitando a mobilidade das mãos (lesões nível c5, c6, c7 e c8). O protótipo trabalha com movimentos de flexo-extensão, exercícios de Dedos Elevados (finger lift) [Watson, 2016] executado manualmente pelo fisioterapeuta onde a mão do paciente é posta sobre uma superfície lisa com a palma voltada para baixo e seus dedos são lentamente levantados, mantidos na posição por alguns segundo e retornados a posição original.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Trabalhos relacionados

A robótica vem se consolidando cada vez mais na área da saúde devido aos avanços tecnológico que nos permitem realizar diagnósticos mais exatos e realizar cirurgias delicadas sem riscos para o paciente. Da Vinci [Bodner at al., 2005], o robô de cirurgias para retiradas de tumores foi um dos maiores avanço em cirurgias, por sua exatidão e por apresentar a área de cirurgia ampliada em até 15 vezes ao profissional. É importante enfatizar que o profissional da área é quem realiza toda a operação, apesar do auxílio do robô, isso mostra que a robótica na medicina não busca substituir o profissional e sim auxiliá-lo no serviço prestado.

A comunicação pela rede torna possível atualmente o atendimento de um médico a longa distância pelo robô RB-Vita [Foerster, 2014], um robô de telepresença desenvolvido para a realização de consultas e visitas médicas em um hospital enquanto o médico se encontra distante do local. Apesar de não poder ter o contato físico com o paciente ainda é possível o acompanhamento do estado do paciente em um pós-operatório ou a avaliação do mesmo.

Existem aparelhos que buscam recuperar movimentos perdidos por lesões severas em importantes órgãos, músculos ou ossos, que se tornaram possíveis com o surgimento de sensores cada vez mais sensíveis, trazendo a recuperação da sensação de tato ou a capacidade de locomoção. Um exemplo singular é o projeto Walk Again [Pais-Vieira et al. 2014], que trata de um exoesqueleto com a finalidade de auxiliar pessoas que sofreram algum tipo de acidente que tenha prejudicado seus membros inferiores, recuperando parte de seus movimentos e a sensação do tato deles, com sensores localizados no cérebro que emitem sinais em comunicação com o exoesqueleto.

A cadeira de rodas Wheelesley [Yanco, 1998] é outro exemplo dos potentes sensores já existentes, a cadeira registra sinais elétricos que variam conforme a

movimentação dos olhos do usuário permitindo um controle total, desde direção até parada e aceleração dependendo da direção que seu utilizador movimenta o olhar.

O projeto brasileiro realizado em Minas Gerais, Órtese Robotizada de Mão [Campos, 1999] tem objetivo de recuperar movimentos de pinça da mão. É voltado para pessoas que não possuem mais os movimentos dos dedos, mas que ainda assim tem total controle de seu pulso. A órtese promove a leitura do movimento do pulso do usuário e por meio de sua inclinação angular realiza o fechamento dos dedos com mais ou menos força de pressão entre eles, permitindo assim a manipulação de livros, canetas e até mesmo talheres. Este trabalho tem um sistema simples e com materiais de baixo custo.

SCRIPT [Amirabdollahian, 2014] é outro equipamento de reabilitação para o tratamento baseado em casos pós AVC a fim de recuperar os movimentos dos membros superiores. Ele estimula o braço e o punho do paciente com jogos interativos por meio de uma interface com o usuário, que lhes permite receber feedback sobre exercício, bem como a comunicação com o profissional de saúde. A melhora do paciente também se dá em ambiente tranquilo e confortável, ou até mesmo na comodidade de sua própria casa, com isso aumenta consideravelmente a frequência de exercícios, trazendo uma melhora muito mais rápida e eficaz no tratamento, pois o usuário tem total acesso a seu desempenho na tela de um computador.

2.2 Robótica educacional

Conforme Miranda (2010) a robótica educacional (RE) é uma atividade desafiadora e lúdica, que utiliza o esforço do educando na criação de soluções de hardware e software visando à resolução de uma situação-problema proposta.

O termo RE é utilizado para caracterizar ambientes de aprendizagem que reúnem materiais de sucata ou kits compostos por peças diversas, motores e sensores controláveis por computador e softwares, permitindo programar, de alguma forma, o funcionamento de modelos montados ou mesmo criar seus próprios modelos [Neto, 2016]. De acordo com Maisonnette (2002) *apud* (Neto 2016), a robótica possui grande importância como ferramenta interdisciplinar, pois a construção de um novo mecanismo ou a solução de um novo problema usualmente ultrapassa a sala de aula, fazendo com que a busca do aluno por respostas em outras disciplinas aumente consideravelmente.

Com ajuda de materiais reciclados e a RE, é possível realizar um barateamento de custo no desenvolvimento de soluções, pois utilização de microcontroladores como Arduino, possibilitam uma alta capacidade de trabalho, versatilidade, facilidade de acesso a materiais de apoio, além de um preço acessível a todos.

A RE modifica o comportamento dos alunos que se envolvem ao projeto, emergindo-os num ciberespaço de comunicação e tecnologia, tornando-os responsáveis, criativos e preocupados com o meio, quando passam a compreender e refletir sobre o mundo em que vivem. Os alunos modificam sua lógica de pensamento sobre como algo funciona, planejam, projetam, criam, executam e testam possibilidades para resolução de problemas. Sua aprendizagem é construída sobre a reflexão do que é feito.

3. Metodologia

Segundo Pereira et.al. (2016), a essência da atividade profissional, seja ele engenheiro ou técnico de nível médio, é desenvolver projetos baseados em necessidades reais, sob

restrições reais e para operar em um mundo real. Para levar em conta todos estes fatores, o profissional, com visão empreendedora, precisa desenvolver uma visão sistêmica para compreender a totalidade e o relacionamento entre as partes do problema que pretende resolver.

Assim escolher uma metodologia é escolher como será o caminhar para o desenvolvimento da pesquisa. O caminho escolhido tem o enfoque na pesquisa mista (qualitativa e quantitativa), do tipo pesquisa-ação. Essa metodologia trata da produção de conhecimento como resultado da inter-relação entre as pessoas e saberes envolvidos em uma prática social em que se priorizam os interesses e as falas dos envolvidos no processo. Portanto, é muito adequada para entender a dinâmica desse processo de inter-relação, participação e interdisciplinaridade. A pesquisa-ação é definida por Thiollent (2005), como um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo.

Nesse tipo de pesquisa os pesquisadores desempenham um papel ativo no equacionamento dos problemas encontrados, no acompanhamento e na avaliação das ações desencadeadas em função dos problemas. Sem dúvida, a pesquisa-ação exige uma estrutura de relação entre pesquisadores e pessoas da situação investigada seja do tipo participativo. Freitas (2005) argumenta também que o pesquisador faz parte da própria situação de pesquisa, a neutralidade é impossível, sua ação e também os efeitos que propicia constituem elementos de análise. Dessa forma, a pesquisa-ação é um tipo de pesquisa qualitativa que visa a modificação do ambiente em que a pesquisa ocorre através das ações do pesquisador [Thiollent, 2005; Franco, 2005].

A pesquisa-ação é uma atividade cíclica [Tripp, 2005]. Primeiro, começa-se com o planejamento e a implementação do que foi planejado. Com base nos resultados, ocorre a descrição e avaliação das mudanças para melhoria da prática. Aprende-se mais, no correr do processo, tanto a respeito da prática quanto da própria investigação.

Os dados analisados neste estudo foram fundamentados em pesquisas realizadas em blogs, artigos e periódicos nacionais e internacionais através da internet. Nestas pesquisas foram analisadas não apenas materiais dirigidos à inclusão da robótica na fisioterapia, mas também em áreas da saúde que encontram aplicação da robótica, área da eletrônica e mecânica, gerando um embasamento teórico mais abrangente e relevante ao desenvolvimento do projeto.

Na criação do protótipo, foram utilizados conceitos concebidos a partir do uso da robótica educacional e do estudo de projetos já existentes, firmando a validação dos materiais utilizados no desenvolvimento do mesmo, a utilização dos materiais reciclados escolhidos pelos pesquisadores, foi devido a sua natureza sustentável e também visando uma diminuição do custo para o desenvolvimento do protótipo.

4. Manopla de Estímulo Terapêutico (MET)

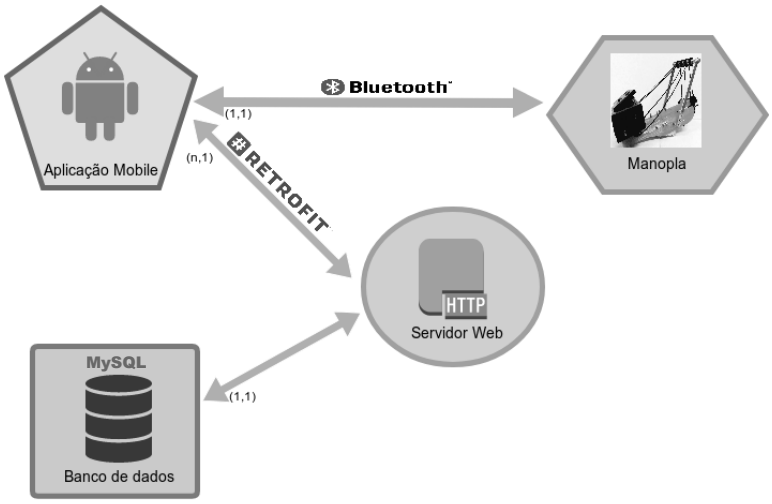


Figura 1. Visão geral do sistema.

Na Figura 1, apresentamos uma visão geral do sistema, para melhor entendimento das interações entre os diversos módulos. A manopla é um dispositivo desenvolvido e gerenciado por uma placa controladora Arduino, a qual se comunica com a aplicação mobile (APP) através da tecnologia bluetooth, onde o APP é responsável pela configuração da manopla e coleta de dados originados por ela. O APP comunica com um servidor web para armazenar os dados em um banco de dados. A seguir apresentaremos as etapas de criação e prototipação da manopla, bem como, o desenvolvimento do APP.

4.1. Prototipação

Na realização da prototipagem eletrônica, o microcontrolador elegido para o desenvolvimento foi o Atmega328, encontrado no Arduino Uno R3 [Arduino, 2017], que faz parte do conceito de hardware e software open-source e é de fácil aquisição. Os pesquisadores já possuíam familiaridade com a plataforma ao trabalhar com esta tecnologia anteriormente em diversos momentos através da robótica educacional.

Muitos componentes eletrônicos foram selecionados e testados, para determinar os que seriam necessários para criação do protótipo, servos-motores e motores de passo, pushbotton, displays de LCD, plasma e touch, sensores de posicionamento, ultrassônicos, para chegarmos aos atuais sensores utilizados.

Optou-se pelos servos motores, por sua ampla utilização na robótica e facilidade de ser encontrado por um baixo custo. Para efetuar a configuração da quantidade de movimentos que cada servo motor iria efetuar, foi adotado a utilização de pushbotton e visualização em display LCD (Figura 2).

Após os testes realizados nos componentes eletrônicos, foi necessário obter um meio de comportá-los na mão do paciente, a escolha do material para o protótipo foi feita através de tentativas e erros, onde se avaliou o protótipo gerado, executaram-se as devidas correções e nova geração de protótipo. Utilizaram-se diversos tipos de materiais reciclados como alumínio e plásticos (PET, PVC, ABS e PLA).

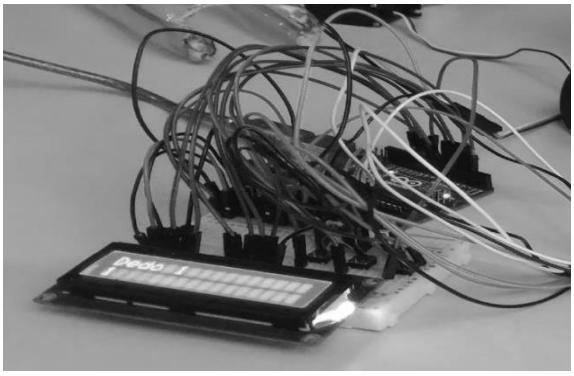


Figure 2. Display LCD.

Na fase de prototipação, foi elaborada uma pesquisa de materiais de baixo custo, utilizaram-se placas de alumínio (Figura 3a), verificando a inviabilidade ergonômica do protótipo, já que este não se adaptava a mão do usuário. Na busca por um material com uma maior adaptabilidade foi criado uma base com materiais de garrafa PET (Figura 3b), esse material se mostrou muito difícil de ser moldado sem maquinário especializado.

O próximo material testado foi o PVC (Figura 3c), que se mostrou ótimo como base, pois a estrutura permaneceu estável para o propósito inicial do projeto. Consequentemente, instalamos um segundo cano fixado diagonalmente do primeiro por onde cordões pudessem transpô-lo com o intuito de que uma das pontas dos cordões chegasse os dedos do paciente e sua outra extremidade fosse conectada os motores que viriam a exercer os movimentos.



Figure 3a. Testes do material de alumínio

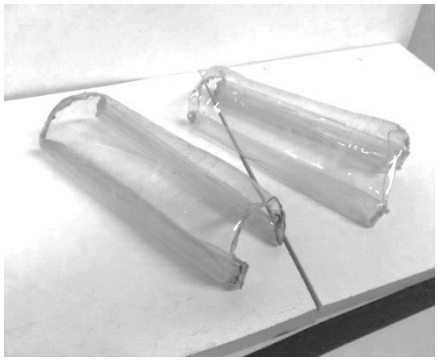


Figura 3b. Protótipo com garrafa PET

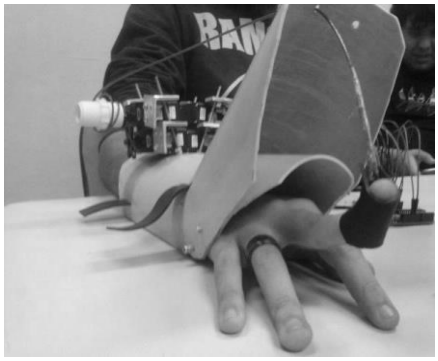


Figura 3c. Prototipação com cano de PVC

Como os resultados na utilização do PVC se mostraram satisfatórios, buscou-se tornar a manopla mais atrativa, confortável e funcional. Foram efetuados ajustes para a fixação na mão do paciente com a ajuda de tiras de velcro (Figura 4), algumas partes substituídas por novas peças - barra alumínio com roldanas, visto que esta parte não tem contato direto com o braço do paciente, além de ser mais rígido para suportar a força que o movimento dos motores exercem, a partir daí substituímos também os cordões por cordas de poliéster.

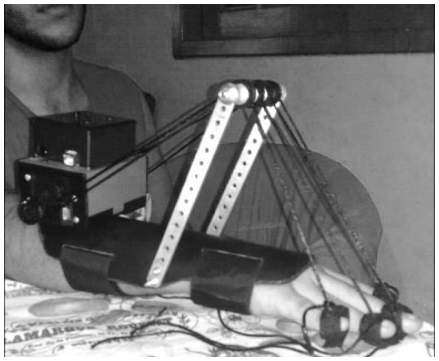


Figura 4. Melhorias no protótipo de PVC

Após definida a estrutura, iniciou-se testes em novos componentes eletrônicos, foram mantidos os mesmos servos-motores, foram substituídos os botões e o display LCD por um módulo bluetooth HC-5 que viabilizou o controle e configuração de dispositivos Arduino via Smartfone (Android) utilizando de um aplicativo genérico disponível na PlayStore do Google. Assim que testado a comunicação bluetooth com os servos-motores foi iniciado o desenvolvimento de um aplicativo nativo do Android para efetuar a configuração de movimentos via sinais bluetooth.

A etapa atual de prototipação é a modelagem da manopla no software Solidworks, para a impressão 3D utilizando ABS (acrilonitrila butadieno estireno) e PLA (poliácido láctico), para testes de resistência. A manopla passou a ser segmentada em três partes com o intuito de torná-lo adaptável para diferentes pacientes e alteramos o suporte das roldanas para frente da base, deixando assim maior espaço para os componentes eletrônicos e sem prejudicar o movimento realizado pelos motores. Os testes com ABS foram efetuados e o mesmo descartado, pois apresentou alguns problemas, como encolhimento do material o qual causa descolamento de, bem como um odor incômodo podendo futuramente trazer problemas ao ser, também foi levado em conta o fato da matéria-prima ser a base de petróleo, sendo um material não renovável.



Figura 5. Protótipo 3D.

O segundo material utilizado foi o PLA (Figura 5) que não demonstrou problemas na impressão além possui um odor agradável e ser a base de amidos vegetais não agredindo o meio ambiente. Após concluímos a primeira impressão 3D foram feitos vários testes de resistência e praticidade do protótipo, sendo feitas correções para nova impressão, assim o ciclo de aprendizagem continua, onde é feita a avaliação da peça, análise e reprojeto.

4.2. Desenvolvimento do APP

A plataforma utilizada para o desenvolvimento do aplicativo foi o Android Studio. O APP está na fase de testes, apresenta a tela de seleção de aparelhos bluetooth e a programação da quantidade de movimentos de cada dedo individualmente (Figura 7a e 7b).

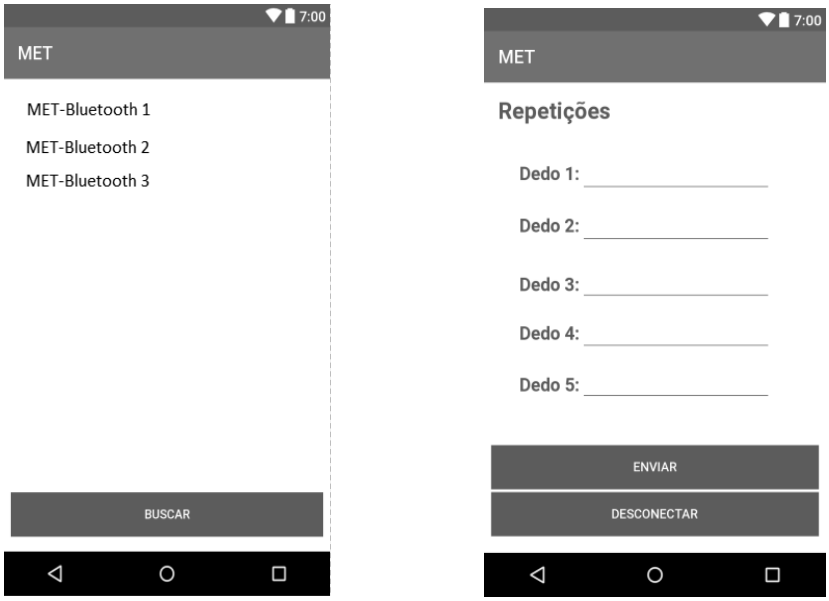


Figura 7a e 7b. Telas do aplicativo em comunicação bluetooth com o Arduino.

Além de efetuar a configuração dos motores via bluetooth, o aplicativo contará com cadastros de usuários, podendo ser um fisioterapeuta ou um paciente. O aplicativo é único para o fisioterapeuta e o paciente.

O fisioterapeuta poderá editar seu perfil e iniciar uma nova sessão de fisioterapia bem como buscar pelos seus pacientes, a fim, de verificar seus perfis e gráficos de evolução durante as sessões, apenas o fisioterapeuta pode cadastrar um novo paciente.

O paciente está limitado apenas ao acesso ao seu perfil e a visualização de gráficos de evolução que serão mais simplificados do que os visualizados pelo fisioterapeuta, já que este é voltado para pessoas leigas.

A tela de início da sessão apresenta ao fisioterapeuta as opções de realizar a fisioterapia com cada dedo individualmente ou com uma combinação, tanto quais dedos quanto a combinação são definidos pelo próprio fisioterapeuta, além da quantidade de movimentos que serão realizados.

4.3 Validação do protótipo

Ao término das etapas anteriores, será feito teste em clínicas de fisioterapias com pacientes, tendo o monitoramento essencial de um profissional qualificado. A partir dos questionamentos e sugestões fornecidas pelos usuários (pacientes e fisioterapeutas), será feito ajustes de acordo com as sugestões.

5. Considerações finais

No desenvolvimento deste trabalho, teve-se a oportunidade de observar que a robótica educacional, trabalhada em sala de aula de forma recreativa, pode levar o aluno a focar em soluções e novos contextos, para a criação de soluções e aplicações para o bem da sociedade. Assim focamos os esforços na área de fisioterapia, onde através de contatos com profissionais e pacientes, observou-se a necessidade de desenvolvimento de soluções de baixo custo, para um melhor atendimento. Através da necessidade do mercado, desenvolvemos uma solução para usando a plataforma Arduino.

A robótica na fisioterapia está ajudando a tornar os exercícios não apenas mais eficientes, mas também mais rápidos e práticos, tendo os movimentos sendo executados 25 vezes a mais do que nos aparelhos convencionais, em uma sessão convencional de 45 minutos um paciente consegue fazer 40 movimentos já com o auxílio de robôs, o paciente consegue fazer em média 1000 movimentos (dados aproximados) diz Hermano Krebs, diretor do laboratório de mecânica e reabilitação humana do Massachusetts *Institute of Technology* (MIT).

O trabalho está em fase de aplicação para coleta de resultados junto a fisioterapeutas e pacientes voluntários, nos dados preliminares estão se observando uma melhora significativa no uso da manopla, após a conclusão dos testes o projeto sofrerá ajustes e nova prototipação e aplicação, sendo está uma etapa cíclica.

Pensando em continuidade desse trabalho, pretende-se fazer uso de sensores flexíveis para monitorar de forma mais precisa os movimentos efetuados pelo usuário. Estes dados obtidos pelos sensores flexíveis serão usados para aumentar a qualidade dos diagnósticos feitos pelo fisioterapeuta. Ainda em uma etapa futura, será criado um robô para trabalhar com o estímulo visual dos pacientes, efetuando ações de acordo com o movimento, mesmo que involuntário, dos dedos.

Referencias

Amirabdollahian, F., Ates, S., Basteris A., Cesario, A., Buurke, J., Hermens, H., Hofs, D., Johansson, E., Mountain, G., Nasr, N., Nijenhuis, S., Prange, G., Rahman, N., Sale, P., Schätzlein, F., Schooten B. van and Stienen A. (2014). “Design, development and deployment of a hand/wrist exoskeleton for home-based rehabilitation after stroke - SCRIPT project”, https://www.cambridge.org/core/journals/robotica/article/design-development-and-deployment-of-a-handwrist-exoskeleton-for-homebased-rehabilitation-after-stroke-script-project/EF12AE5E8F800AF3B6C87287A27A63C1

Arduino (2017). https://www.arduino.cc/. Setembro.

Bodner, J., Augustina F., Wykypiela H., Fisha J., Muehlmanna G., Wetscherb G. e Schmid T. (2005) “The da Vinci robotic system for general surgical applications: a

critical interim appraisal", http://www.isir.upmc.fr/UserFiles/File/Jerome%20Szewczyk/da%20vinci.pdf

Bonatti, R. (2014) "A fisioterapia brasileira ante a realidade mundial", http://www.scielo.br/pdf/fp/v21n1/pt_1809-2950-fp-21-01-00002.pdf

Campos M.F.M and Pinto, S.A.P. (1999) "Uma Órtese Robotizada de Mão", http://fei.edu.br/sbai/SBAI1999/ARTIGOS/IV_SBAI_16.pdf

Foerster V. (2014) "Remote presence robots in telemedicine" https://www.health.qld.gov.au/__data/assets/pdf_file/0026/427229/wp188.pdf

Franco, M.A.S. (2005) "Pedagogia da pesquisa-ação" Revista Brasileira de Educação e Pesquisa 31(3), 483–502. http://www.scielo.br/pdf/ep/v31n3/a09v31n3.pdf

Freitas, M.T.A. (2005) "A abordagem sócio-histórica como orientadora da pesquisa qualitativa", *In*: Caderno de Pesquisa[on-line], número 116.

Miranda, L.C., Sampaio, F.F., Borges, J.A.S. (2010). "RoboFácil: Especificação e Implementação de um Kit de Robótica para a Realidade Educacional Brasileira" *In*: Revista Brasileira de Informática na Educação (RBIE), Vol 18, No 03

Neri, M., Pinto, A., Sores, W., Costilla, H. (2003) "Retratos da deficiência no Brasil", http://www.cps.fgv.br/cps/deficiencia_br/PDF/PPD_Sumario_Executivo.pdf

Neto, J.T.C, Macêdo, E.C.T., Gomes, F.C.F. "A Robótica como Instrumento de Ensino nas Escolas Públicas" *In*: 7º Workshop de Robótica Educacional (WRE 2016), Recife, PE

Pais-Vieira, M., Yadav, A. P., Moreira, D., Guggenmos, D., Santos, A., Lebedev, M. and Nicolelis, M. A. L. (2014). "A Closed Loop Brain-machine Interface for Epilepsy Control Using Dorsal Column Electrical Stimulation", https://www.nature.com/articles/srep32814

Pereira, P.H.C., Miranda, J.C., Alcântara, D.S., Gomes, J.ES., Lima Jr. J. (2016). A robótica como estilo de aprendizagem no curso técnico profissionalizante. *In*: 7º Workshop de Robótica Educacional (WRE 2016), Recife, PE.

Pistori H., Martins, P. Pereira, M. C., Jr., A., e. Neto, J. J. (2016) "Plataforma de apoio ao desenvolvimento de sistemas para inclusão digital de pessoas com necessidades especiais", http://www.gpec.ucdb.br/pistori/publicacoes/pistori_iberdiscap2006.pdf

Tarantino, M. (2014) "A Fisioterapia do Futuro", http://istoe.com.br/347011_A+FISIOTERAPIA+DO+FUTURO/

Thiollent, M. (2005), Metodologia da pesquisa-ação, Cortez Editora.

Tripp, D. (2005) "Pesquisa-ação: uma introdução metodológica" *In*: Revista Brasileira de Educação e Pesquisa.

Watson S. (2016) "7 Hand Exercises to Ease Arthritis Pain", https://www.healthline.com/health/osteoarthritis/arthritis-hand-exercises#WristStre

Yanco H. (1998) "Wheelesley: A Robotic Wheelchair System: Indoor Navigation and User Interface", http://www.cs.uml.edu/~holly/publications/PDF/ai-at-yanco.pdf

Sistema Robótico de Auxílio a Aprendizagem de Equações

Tanires Ribeiro[1] **e Algeir Sampaio**[2]

[1]Departamento de Matemática – Universidade Federal do Piauí (UFPI)
CEP 66.064 - 000 – Picos – PI – Brazil

[2]Departamento de Energia e Sustentabilidade
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) – Feira de Santana, BA – Brazil

thamyrc_2020@hotmail.com, sampaio@ufrb.edu.br

Abstract. *This work deals with a robotic system composed of software and robot, that will be used for solving second order polinomial equations, because its roots have fundamental importance for the locomotion of a robotic device. The goal is to contribute with the process of teaching-learning equations, motivating students, based on the fascination that robotics causes in young people. A robotic device, used as a technological resource, can increase the number of correct resolutions can improve the learning of this topic.*

Resumo. *Este trabalho visa implementar um sistema robótico composto de software e robô, para ser utilizado no processo de fixação dos métodos de resolução das equações do segundo grau, tornando suas raízes, elementos de locomoção de um dispositivo robótico. O objetivo é contribuir no processo de ensino-aprendizagem de equações, motivando os alunos, a partir do fascínio que a robótica exerce nos jovens. Um dispositivo robótico para ser usado como recurso tecnológico para aumentar a frequência das resoluções e provocar o acerto impulsionando o aprendizado deste tópico.*

1. Introdução

Nas últimas décadas as tecnologias tornaram-se cada vez mais presentes no cotidiano das pessoas, contribuindo de forma direta para a automação de tarefas mecânicas e repetitivas. Seus benefícios estendem-se desde a comunicação até a ciência básica. Neste trajeto aglutinador, a tecnologia invadiu também, a escola e lançou uma nova ordem. O ensino tecnológico pode ser considerado uma nova ferramenta dentro da escola tradicional.

A robótica educacional como base de um ensino tecnológico tem estimulado professores e alunos neste novo contexto. O ensino da matemática, como integrante desta realidade, não ficou de fora e recebe propostas inovadoras como forma de motivar os jovens que utilizam as novas tecnologias, diariamente. Novas ferramentas para aprender matemática estão surgindo, usufruindo das novas tecnologias.

Este artigo apresenta a construção de um sistema interativo formado por um robô e por um software específico, que tem utilização na disciplina de matemática no ensino fundamental 2. Foi desenvolvido um Sistema Robótico de Auxílio a Aprendizagem de Equações com o objetivo de apoiar a tarefa de resolução de equações. Além de despertar o interesse dos alunos, o sistema motiva a resolução de equações do segundo grau para que a partir daí, o aprendiz possa mover seu robô. Um dispositivo tecnológico como suporte para o ensino de equações no 9^o Ano do ensino fundamental 2.

2. Robótica Educacional

Há algum tempo, o processo ensino-aprendizagem dentro dos limites da escola tradicional vem sofrendo influências das novas tecnologias da informação e da comunicação. Neste contexto do século XXI, com uma sociedade tecnológica impondo limites e concedendo extensões, a escola e seus atores, tornam-se elementos de um panorama favorável a experimentações técnico-científicas. A robótica educacional é uma iniciativa que aponta para um paradigma de formação tecnológica com um leque amplo de possibilidades de exploração que tende a um considerável crescimento nos próximos anos.

O acolhimento de propostas educacionais centradas na utilização da robótica segue de encontro com os anseios que a era da informação suscita. O movimento e o ritmo da sociedade moderna exigem uma nova atitude da escola. Ao aportar na sala de aula, a robótica no seu viés educacional, traz consigo importantes características, para o ambiente de formação de crianças e jovens, que resultam numa nova forma de abordar problemas do mundo real.

Daí, a robótica educacional servir bem enquanto estratégia para o desenvolvimento do pensamento computacional. Um ótimo instrumento para o treinamento da habilidade de organizar logicamente o processo de resolução de problemas, identificando, analisando e implementando possíveis soluções. Nessa linha, a matemática serve bem à experimentação de dispositivos tecnológicos voltados para inovar a engrenagem ensino-aprendizagem. A resolução contínua de exercícios visando a fixação de um tópico é um procedimento usual na matemática, embora, muitos alunos se queixem que longas séries de exercícios, acabam perdendo o atrativo.

3. Robótica no Ensino da Matemática

O Ensino tradicional da Matemática tem enfrentado diversos percalços no tocante ao interesse dos alunos, principalmente de jovens e adolescentes. A dificuldade com o cálculo algébrico desmotiva certa parte do alunado e causa consequências em muitos casos, irreversiveis, em relação ao entendimento da matemática como um todo. Esse panorama acompanha alguns tópicos do conteúdo de forma mais ou menos significativa. O ensino de equações é um deles. Identificado por alunos e professores como um importante tópico dentro do conteúdo do nono ano do ensino fundamental das escolas brasileiras, as equações polinomiais de segunda ordem apresentam um certo grau de dificuldade no seu aprendizado e requer um treinamento contínuo em exercícios para fixação do processo de resolução.

O exercício contínuo para fixação do método de resolução de equações do segundo grau, torna-se cansativo e acaba por gerar desmotivações no aprendizado dos alunos. Frente a este contexto, os professores, queixam-se de perda de rendimento de seus aprendizes e queda de aproveitamento nas avaliações. O ensino tecnológico pode propor novas formas de abordagens ou inovar formas tradicionais, dentro de uma perspectiva de associação de novos recursos com os métodos antigos de resolução de equações. O problema é a forma como as inovações podem ser inseridas nesta realidade e a avaliação do quanto um novo recurso pode influenciar para aumentar o aprendizado das equações do segundo grau.

Um robô em sala de aula, não deixa de ser um elemento surpreendente para os alunos e se este é utilizado como suporte ao aprendizado, torna-se um aliado neste processo

de aprendizagem. No caso específico do processo de fixação dos métodos de resolução das equações do segundo grau, fazer com que suas raízes tornem-se, ingredientes indispensáveis para locomoção de um dispositivo robótico, impõe aos alunos uma jornada lúdica para iniciar o movimento do robô e daí, fazê-lo se locomover. Este trabalho se dispõe a prestar este auxílio, na tentativa de impulsionar o exercício da resolução de equações do segundo grau.

4. Trabalhos Relacionados

Alguns trabalhos foram desenvolvidos na tentativa de aliar a utilização da robótica à uma determinada aplicação na matemática. A união destes universos colabora para aumentar o interesse dos alunos nas atividades da matemática e desta associação, surgem relatos de professores que registram uma motivação extra por parte dos discentes. E uma dose maior de motivação na construção do conhecimento da matemática, deve ser sempre percebida como um ponto positivo dentro do processo ensino-aprendizagem.

[Silva, Silva e Silva, 2015] apresenta a experiência de uma aula realizada com alunos do sétimo ano do ensino fundamental 2, associando as áreas de matemática, robótica e educação no trânsito, que teve intuito de priorizar a fixação do conteúdo de números inteiros e a formação cidadã dos indivíduos. Foi utilizado um robô de demonstrações pré-programado pelo professor, responsável por simular situações de risco no trânsito, a partir de condições pré-determinadas envolvendo porcentagens de causas de acidentes no trânsito, onde os alunos calcularam tais valores resolvendo expressões numéricas com números inteiros.

[Ribeiro, Coutinho e Costa, 2011] relataram os quesitos que são ativados nos discentes que participam de uma aula que usufrui de metodologias envolvendo robôs, como: motivação e entusiasmo dos alunos, imaginação, criatividade, raciocínio lógico, pensamento abstrato e autonomia de aprendizagem. Neste trabalho foi usado a Plataforma Lego Mindstorms, sendo esta utilizada para solucionar problemas que envolviam multiplicação, divisão e proporcionalidade entre medidas de tempo, distância, rotação e ângulo. Foi aplicada uma série de questões aos alunos, que testavam os conhecimentos de matemática necessários para solucionar os problemas que lhes foram apresentados, deliberando uma aula participativa e atrativa.

[Almeida, 2007] desenvolveu um projeto com professores da rede pública de ensino, com o objetivo de informa-los sobre a robótica educacional e suas utilidades na educação, dando ênfase numa didática mais empolgante e econômica. Implantaram a criação de robôs de baixo custo feito pelos próprios professores e programados por eles, para assim realizar diversas atividades que exploravam conceitos de Matemática, como poliedros, polígonos, áreas, volumes, ângulos, e outros. O propósito foi treinar estes professores para ministrar aulas mais criativas sem deixar de cumprir seus planos curriculares.

[Araújo, Santos e Meireles, 2017] realizaram uma investigação no campo experimental da educação e matemática, na escola de educação básica do município de Santarém, localizado no Pará. Utilizaram o kit de robótica educacional LEGO Mindstorms para colocar o projeto em prática. Inicialmente montaram os robôs e os programaram para realizar algumas trajetórias, a partir de então foram realizados vários testes para encontrar as relações entre os movimentos e a matemática, em consequência disso foi

identificado padrões geométricos como, noções de ângulos, raio, diâmetro, cálculo da distância percorrida e regra de três simples. Criando problemas relacionados a isso para serem solucionados pelos alunos.

[Fagundes, Pompermayer, Basso e Jardim, 2005] ministraram um projeto com crianças entre 10 e 12 anos, buscando instruí-los sobre conceitos de matemática e física. Os principais assuntos estudados com o auxílio do kit de robótica educacional LEGO Mindstorms foram: aritmética e geometria em nível de sexto e sétimo ano do ensino fundamental, números positivos e negativos, frações, razão, rigidez e lógica. Eles desenvolveram esses temas construindo diversas interfases com o kit e deparando-se com termos de matemática, engenharia e física, como movimentos e deslocamentos que envolvem distâncias e amplitude de rotação.

5. Equações Polinomiais

Equações polinomiais monovariáveis são equações com uma variável e na forma:

$$a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + a_{n-2} x^{n-2} + \ldots + a_0 = 0$$

$$\text{com } a_n \neq 0 \text{ ou } \sum_{k=0}^{n} a_k x^k = 0$$

em que x é a incógnita, o número n, é chamado de grau da equação e os coeficientes a_k, são números reais ou complexos.

Resolver a equação consiste em encontrar quais são os elementos de x, que tornam a equação verdadeira. Estes elementos são chamados soluções ou raízes da equação polinomial.

Uma equação de grau n possui sempre n raízes, sejam elas reais ou complexas.Todas as equações de 1 e 2 grau com coeficientes racionais podem ser resolvidas por radicais.

5.1. Equações do 2^o grau

Segundo [Giovanni, Castrucci e Giovanni Jr, 2002], denomina-se equação do 2^o grau na incógnita x toda equação da forma:

$$ax^2 + bx + c = 0,$$

onde a, b, c são números reais e $a \neq 0$. Nas equações do 2^o grau com uma incógnita, os números reais a, b e c são chamados de coeficientes da equação. Uma equação do 2^o grau é válida, caso $a \neq 0$, podendo ser incompleta ou completa quando $b \neq 0$ e $c \neq 0$.

6. O Sistema Robótico

Entrevistas preliminares com alunos do 9^o Ano, apontam o tópico de equações do 2^o grau como um dos mais interessantes e difíceis do conteúdo de matemática visto durante o ano. A ideia de inserir um robô neste contexto de aprendizado, traz à tona o conceito de robótica educacional e ensino tecnológico. Apresentar este recurso como algo lúdico e ao mesmo tempo, desafiador e que seja capaz de despertar a atenção dos alunos para a aprendizagem deste tópico, está associada à observação do fascínio que a robótica exerce em crianças e adolescentes.

O Sistema proposto orbita dentro do espaço da robótica livre e é formado por um software de testes com estágios de controle e comunicação, além de um protótipo de um pequeno robô móvel construído para este fim. E este pequeno robô móvel é capaz de exibir sua mobilidade, seguindo para frente, para trás ou virando à direita ou à esquerda. Sua aplicação nos domínios da Matemática está aliada ao tema de resolução de equações do segundo grau.

Para auxiliar no aprendizado e fixação de conceitos de equações durante o 9^o Ano do ensino fundamental 2. O propósito é fazer com que este pequeno robô seja movido a equações. Para tal, foi desenvolvido um sistema que alimenta o robô com as raízes de equações do segundo grau, testando o conhecimento dos alunos. São características do sistema apresentado:

1. **Compatibilidade** Controlado por uma placa Arduíno;
2. **Facilidade** Construção descomplicada, a partir de uma plataforma móvel qualquer;
3. **Baixo custo** Em contraponto dos kits proprietários de robótica.

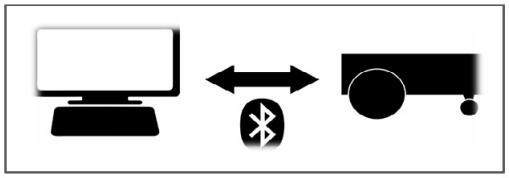


Figura 1. Modelo Simplificado do Sistema

6.1. Descrição do Sistema Robótico

A figura 1 apresenta o modelo simplificado do sistema robótico movido a equações. Na verdade, movido a raízes de equações do segundo grau. O sistema pode ser instalado em qualquer PC/Notebook ou Tablet que utilize o Windows como sistema operacional. O sistema é composto de um dispositivo físico (robô) e um software para geração de equações que recebe respostas que são transmitidas para o agente físico através de comunicação Bluetooth.

1. O sistema inicializa no ambiente de geração;
2. Ao ser acionado, o gerador randômico de equações:
    - Fornece uma equação para resolução;
    - Aguarda a resolução por um tempo determinado;
    - Recebe as raízes e verifica se a resolução está correta;
    - Uma vez a resolução estando correta, gera raízes para download, no intuito de abastecer o robô;
3. Uma vez abastecido corretamente, o robô se move.

A figura 2 apresenta a arquitetura do sistema robótico em questão. O Sistema é formado por uma interface dirigida ao aluno que apresenta o módulo de geração randômica de equações ao estudante e a partir da apresentação da equação na tela, começa a marcar o tempo de resolução. O módulo de solução de equações verifica se as raízes estão corretas. Uma vez, estando corretas, o módulo de comunicação transmite via Bluetooth para o robô que abastecido começa a se deslocar.

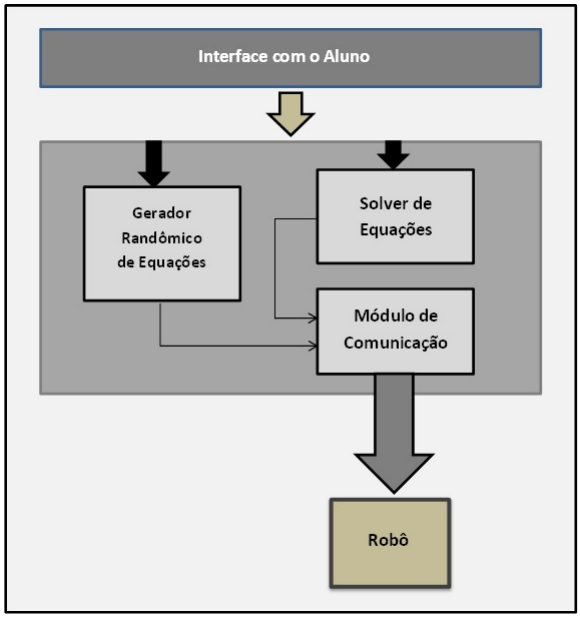


Figura 2. Arquitetura do Sistema Proposto

6.2. O Robô

O agente físico componente do sistema robótico aplicado ao ensino de equações do segundo grau é um pequeno robô móvel diferencial com três rodas, sendo duas tracionadas e uma roda cega. As rodas tracionadas são movidas por motores DC e controladas por uma placa Arduino. Na primeira versão a placa utilizada é um Arduino UNO e o módulo de comunicação Bluetooth é um módulo HC05.



Figura 3. Plataforma do EqBot

A figura 3 mostra a primeira versão do prótotipo de baixo custo implementado para o sistema.

Detalhes da Implementação

O Hardware do robô foi montado sobre uma plataforma de baixo custo adquirida na internet. O circuito é composto de um Arduino, um driver para os motores, um módulo Bluetooth para comunicação e a alimentação devida.

Descrição do Módulo de Comunicação

O circuito de comunicação é formado por um módulo Bluetooth HC-05. O

módulo de bluetooth HC-05 tem a peculiaridade de realizar comunicação via bluetooth de duas formas: como mestre ou como escravo. No robô construído para o sistema, utilizou-se o módulo como mestre, sendo este capaz de parear com outros dispositivos bluetooth. A finalidade do módulo no dispositivo é enviar os comandos para que o robô se mova, após o aluno resolver a equação corretamente e enviar as raízes através do sistema.

6.3. O Software

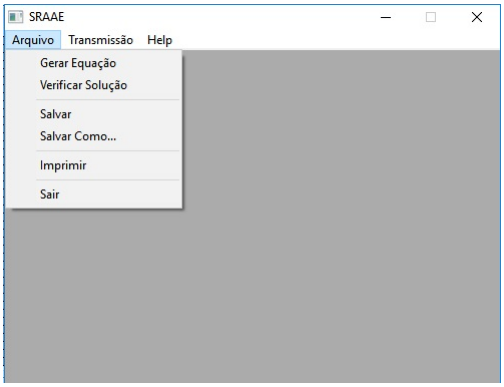


Figura 4. Tela 1

A figura 4 mostra a tela inicial e as opções de menu existentes no estágio atual da construção do software. O número limitado de opções não impede o funcionamento básico do sistema. Este software foi criado especificamente para que o aluno interaja com o robô, no intuito de motivá-lo no estudo de equações.

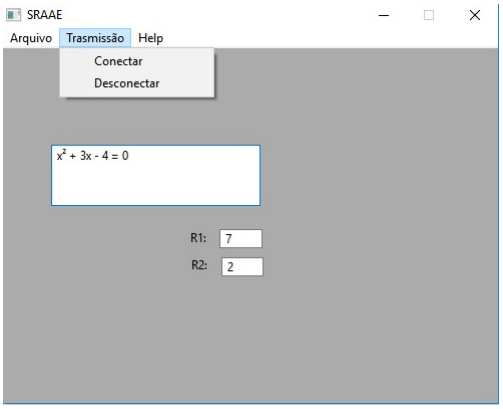


Figura 5. Tela 2

Ainda na figura 4, existem opções para ”Gerar Equações”, ”Verificar Solução”, ”Salvar”ou ”Imprimir”as equações resolvidas. É disponibilizado também a opção ”Help”para orientar o estudante sobre como usar o aplicativo do SRAAE - Sistema Robótico de Auxílio a Aprendizagem de Equações. Na opção ”Transmissão”, o aluno pode, uma vez resolvida a equação do 2^o grau e verificada, transmitir as raízes para o robô, conectado via bluetooth.

A figura 5 exibe uma equação proposta para resolução gerada pelo sistema. Ao resolver a equação proposta o aluno tem a oportunidade de checar o seu sucesso ativando

a opção de verificação disponibilizada na interface. Uma vez acolhida a sua resposta o sistema emite uma caixa de mensagem parabenizando o aprendiz pelo o acerto e ativa o modo de comunicação para que possa enviar as raízes para o dispositivo robótico. Nesse momento, vai estar abastecendo o robô para que o mesmo possa iniciar seu movimento.

7. Resultados Preliminares e Considerações Finais

Foram realizados testes de utilização do dispositivo com alunos de Matemática da Universidade. Realizou-se também, testes com alunos do 9^o Ano, da Escola Landri Salles. E o Sistema Robótico de Auxílio a Aprendizagem de Equações, causou muito boa impressão, estando ainda em sua fase experimental. Seu sistema foi recebido como um jogo que desafia os jogadores a resolverem as equações propostas para abastecerem o robô. O número de acertos nas equações propostas pelo sistema, torna o movimento do robô no plano físico, uma realidade.

A partir destes primeiros testes, foram colhidas impressões iniciais que vão realimentar o processo de refinamento do Sistema.

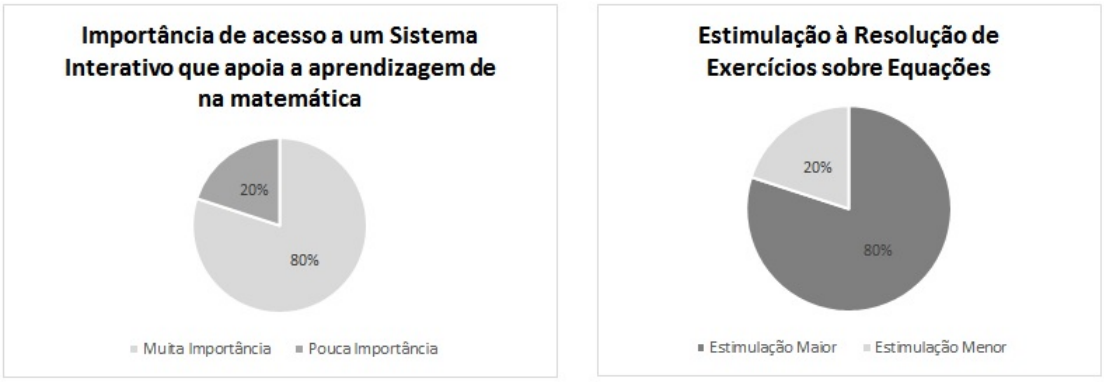


Figura 6. Importância de acessar um sistema interativo que apoia a aprendizagem de matemática e estimula a resolução de execícios de equações

A figura 6 mostra os resultados das primeiras avaliações feitas com alunos de nível superior, mas é preciso dizer que o foco de orientação dos trabalhos são alunos no nível fundamental II. O primeiro e segundo gráfico mostram a porcentagem de alunos que consideraram o uso desse sistema interativo importante e estimulante para o ensino, afirmam também ser nas escolas ou em casa uma forma de motivar o estudo de equações do 2^o grau.

A pesquisa em andamento, projeta testes na Escola, logo após a volta às aulas neste segundo semestre de 2017. Contatos prévios com professores de Escolas Públicas já foram feitos e o projeto apresentado para diretores, coordenadores e professores de Matemática. Espera-se que os alunos rendam-se ao fascínio da Robótica e demostrem interesse em conhecer o dispositivo proposto.

Foi observado o quanto os alunos se motivaram a competir utilizando o Sistema Robótico de Auxílio a Aprendizagem de Equações. A cada passo literalmente dado, o

robô traduzia o esforço dos alunos na resolução das equações do 2º grau. Para este segundo semestre, será adicionado o módulo Turbo com equações biquadradas que ao gerar quatro raízes como soluções, duplica a capacidade de locomoção do robô. Pretende-se disponibilizar o sistema para uso numa escola para os testes finais e verificação de ajustes que por ventura sejam necessários.

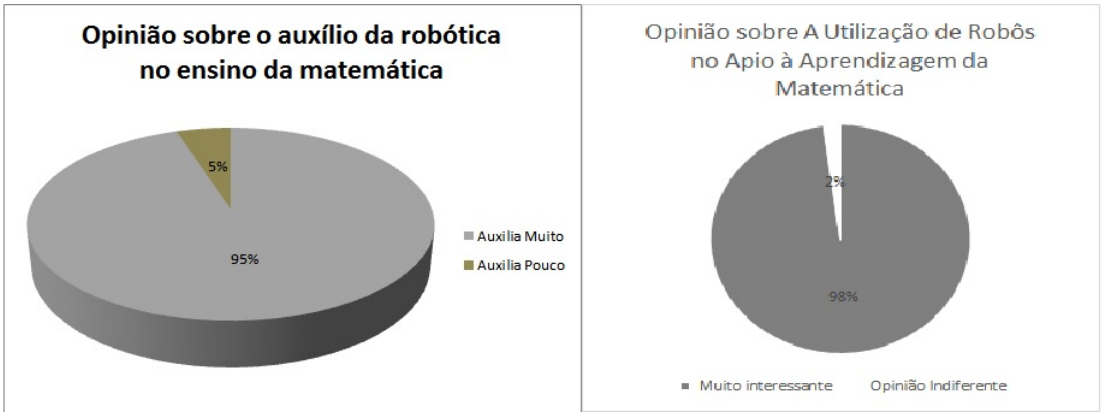


Figura 7. Opinião sobre o quanto a robótica auxilia no ensino da matemática e opinião sobre a utilização de robôs no apoio à aprendizagem da matemática

A figura 7 apresenta os gráficos, terceiro e quarto que mostram a porcentagem de alunos que consideraram a utilização do robô uma boa alternativa para auxilar na aprendizagem dos assuntos de matemática.

8. Agradecimentos

Os autores agradecem aos alunos do curso de Matemática da UFPI, do Campus de Picos pela disposição em participar das primeiras avaliações do sistema robótico proposto para o apoio ao ensino de equações. Um agradecimento especial ao aluno do curso de Sistemas de Informação, Natanael Miranda e à professora Luzia Custódio do ensino fundamental 2 por ter cedido os livros e o material do professor para nossa consulta.

Este trabalho foi desenvolvido no LIPPO - Laboratório de Investigação e Pesquisa em Poéticas Digitais do Curso de Sistemas de Informação da UFPI, no Campus do Junco, na cidade de Picos.

9. Referências Bibliográficas

C. A. P. Araújo, J. da P. Santos, J. C. de Meireles (2017). Uma proposta de investigação tecnológica na Educação Básica: aliando o ensino de Matemática e a Robótica Educacional. In Revista Exitus 7.2: 127-149. 2017.

H. R. Silva, S. F. Silva e J. R. Silva (2015). Robótica e Matemática na Formação para a Cidadania – Associando Números Negativos e Educação no Trânsito. Mostra Nacional de Robótica (MNR). 2015.

C.Ribeiro, C. Coutinho e M. F. Costa (2011). A Robótica Educativa como Ferramenta Pedagógica na Resolução de Problemas de Matemática no Ensino Básico. 2011.

C.A. N. Fagundes, E. M. Pompermayer e M. V. A. Basso (2005). Aprendendo Matemática com Róbotica. Novas Tecnologias na Educação. CINTED-UFRGS. Porto Alegre. 2005.

G. Castrucci e J. R. Giovanni Jr.(2002). A conquista da Matemática. Suplemento pelo manual do professor. São Paulo: FTD. 2002.

M. A. Almeida (2007). Possibilidades da robótica educacional para a educação. Curitiba, Paraná. 2007.

A ROBÓTICA EDUCACIONAL NAS ESCOLAS PÚBLICAS

José Torres Coura Neto[1], Euler Cássio Tavares de Macêdo[1], Fernando Costa Fernandes Gomes[2]

[1]Departamento de Engenharia Elétrica – Centro de Energias Alternativas e Renováveis (CEAR) – Universidade Federal da Paraíba (UFPB) - João Pessoa – PB – Brasil

[2]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB) Campus Picuí, Picuí – PB - Brasil

{jose.neto,euler@cear.ufpb.br, fernando.gomes@ifpb.edu.br

Abstract. *The present paper describes the implementation of an Robotics Introduction Course at the Federal Institute of Paraíba - João Pessoa Campus. All the work was based on active methodologies, which have a new teaching-learning processes to develop the critical sense and focus the process on the student. One of these processes is a learning based in problems, in which the student receives information to solve certain issues. In this course, an Arduino development board and an extra board (shield) were used for the teaching of educational robotics.*

Resumo. *O presente trabalho descreve a realização de um Curso de Introdução à Robótica realizado no Instituto Federal da Paraíba – Campus João Pessoa. Todo o trabalho foi baseado em metodologias ativas, que contam com novos processos de ensino-aprendizagem a fim de desenvolver o senso crítico e centrar o processo no aluno. Um desses processos é a aprendizagem baseada em problemas, na qual o aluno recebe informações para solucionar determinadas questões. Nesse curso, foi utilizado a placa de desenvolvimento Arduino e uma placa extra (shield) para o ensino de robótica educacional.*

1. Introdução

De acordo com Christensen, o modelo tradicional de ensino é caracterizado pela transferência de informação de um especialista (o professor) para os discentes, sendo a troca de experiências limitada a breves sessões de perguntas e respostas e pouca ou nenhuma interação entre os alunos (CHRISTENSEN et al. 1991). Entretanto, ainda de acordo com Christensen, quando o objetivo é o desenvolvimento do pensamento crítico ou a resolução de problemas, tanto professores quanto alunos devem modificar seus papeis e responsabilidades tradicionais. Esse processo requer que os estudantes se tornem ativamente envolvidos em seu próprio aprendizado, realizando suas próprias descobertas do que meramente aceitar falas e escritas. Este tipo de abordagem pedagógica é denominado aprendizagem ativa. O desenvolvimento desta capacidade de resolução de problemas pode ser estimulado com a utilização da robótica educacional.

A utilização da Metodologia Ativa pode ser considerada como a forma de desenvolver o processo de aprender utilizando experiências reais ou simuladas em diferentes contextos (BASTOS, 2006) e (BERBEL, 2011). Segundo Campos, a Aprendizagem Baseada em Problemas tem entrado em destaque como uma modalidade de aprendizagem ativa e como práticas inovadoras na educação (CAMPOS, 2011).

Dessa forma, com a proximidade da robótica na vida cotidiana, a mesma pode ser aliada no processo de aquisição do conhecimento, pois possibilita uma aprendizagem ativa, dialogal e participativa, na qual o aluno é o sujeito do seu processo de construção do conhecimento. Permite também, a união de vários recursos tecnológicos em situações de ensino-aprendizagem de uma forma lúdica e interessante. Além de disponibilizar oportunidades de estimular o pré-design, engenharia e habilidades de computação, desenvolvendo atividades altamente relevantes para o currículo escolar.

Apesar de estar cada vez mais sendo pesquisada, a Robótica Educacional ainda sofre com a falta de informação, especialmente, em língua portuguesa. Dessa forma, há grande importância em estudos e projetos relevantes nesse campo da tecnologia. Assim como, a região Nordeste, necessita do surgimento de novas tecnologias para alcançar o tão esperado desenvolvimento regional, sendo possível também por meio da capacitação de jovens alunos e do despertar de novos talentos no campo da tecnologia, especificamente, robótica.

Com esse fim, o presente trabalho justifica-se por apresentar a Robótica Educacional como uma alternativa ao processo de ensino-aprendizagem tradicional e ao desenvolvimento regional, como forma de desenvolvimento de habilidades e saberes.

Portanto, o projeto teve como objetivo a utilização da robótica educacional como instrumento de ensino nas escolas públicas, tendo como elemento motivador a organização de um Curso de Introdução à Robótica no Instituto Federal da Paraíba – IFPB Campus João Pessoa, a partir da utilização de kits alternativos de robótica e de baixo custo, baseada na placa eletrônica de desenvolvimento Arduino. Dessa forma, foram analisados os impactos da participação dos alunos e dos envolvidos nas atividades de robótica.

2. Metodologia

A metodologia utilizada foi baseada na aprendizagem baseada em problemas (Problem Based Learning - PBL), na qual o professor facilita a discussão do grupo, mediando o debate, e apontando os recursos didáticos para aprendizagem. Dessa forma, a aprendizagem passa a ser centrada no aluno.

O Curso de Introdução à Robótica foi ministrado no IFPB Campus João Pessoa, como uma das atividades ofertadas para a comunidade acadêmica e externa na Semana de Ciência e Tecnologia 2016. Uma imagem dos integrantes do Curso pode ser visualizada na Figura 1. Assim, o Curso de Introdução à Robótica foi sedimentado nos passos a seguir.



Figura 1 – Participantes do Curso de Introdução à Robótica no IFPB.

Para a realização do curso, foi desenvolvido uma placa adicional (*shield*) para que os objetivos fossem alcançados de um modo mais satisfatório. Dessa forma, contou-se com a utilização do software Proteus 8.0. Na Figura 2, encontra-se uma imagem do esquemático do *shield* proposto. Na Figura 3, há uma imagem das trilhas do *shield*. Na Figura 4, há uma vista superior do s*hield*. E, por fim, na Figura 5, uma imagem do *shield* em sua forma final.

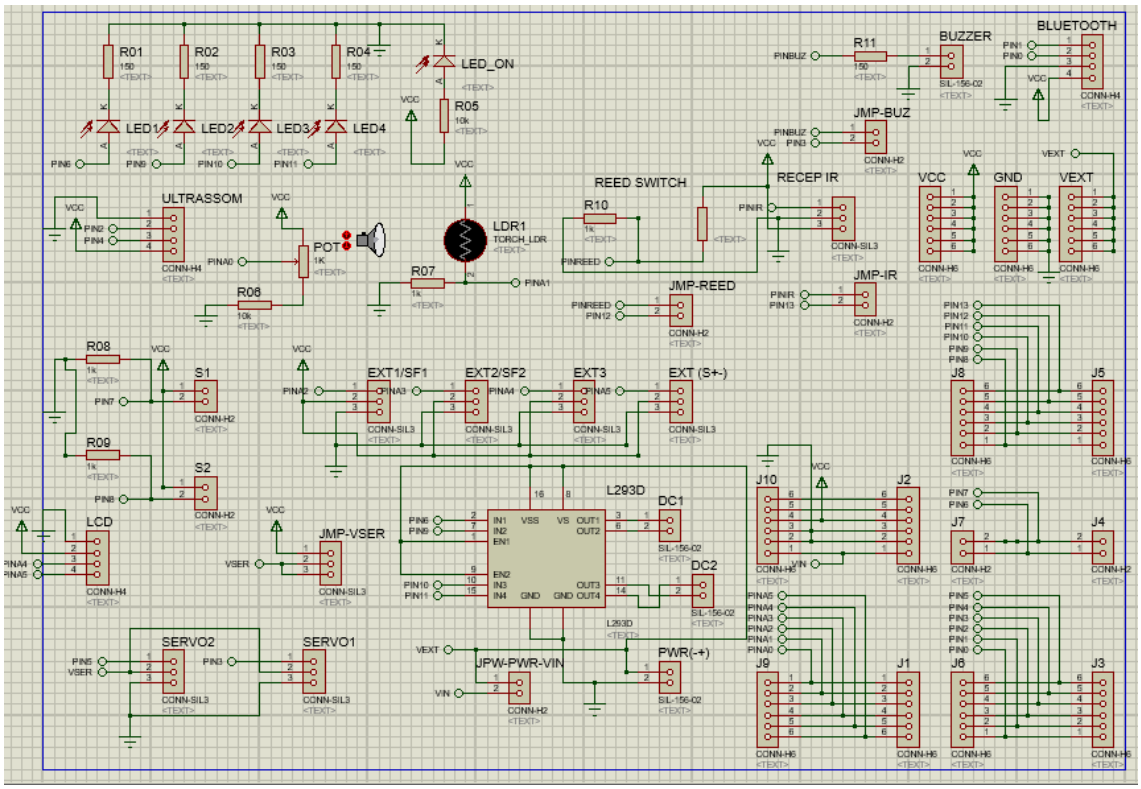


Figura 2 – Esquemático do *shield*.

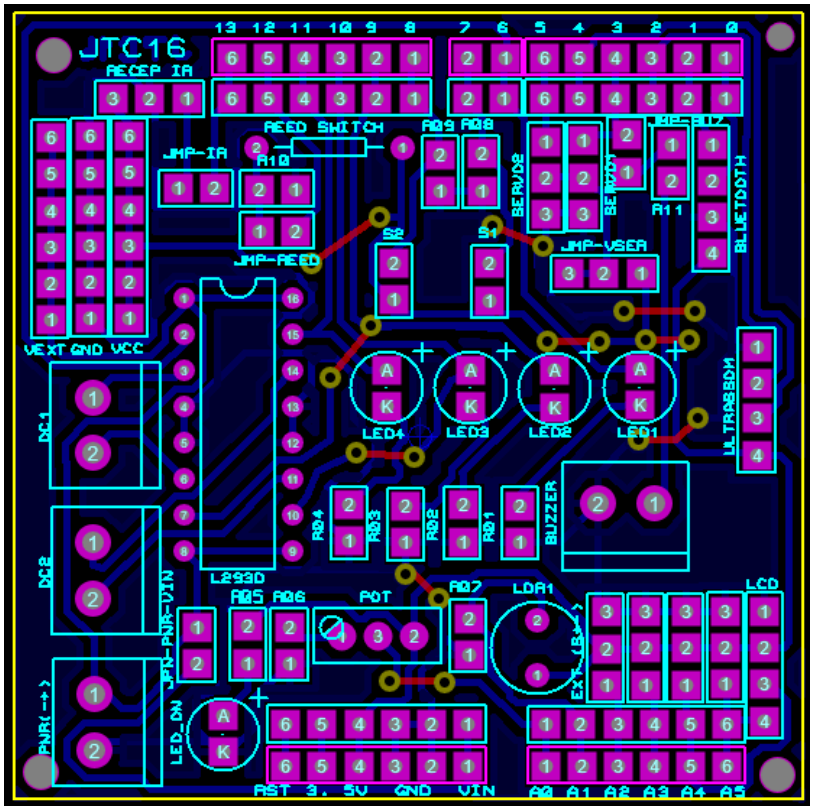


Figura 3 – Trilhas do shield.

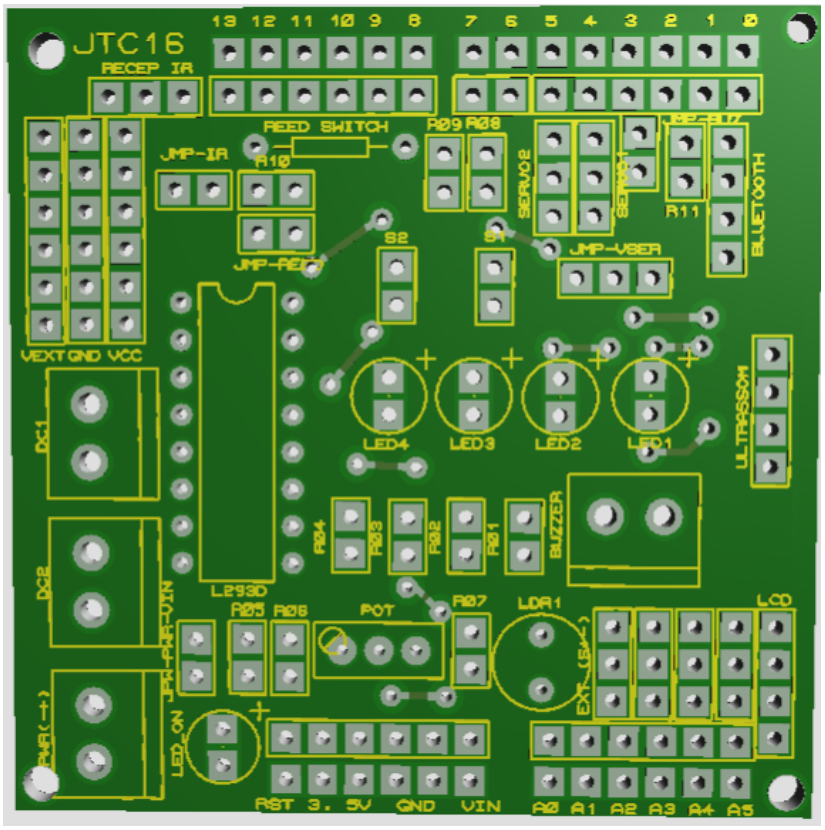


Figura 4 – Vista superior do shield.

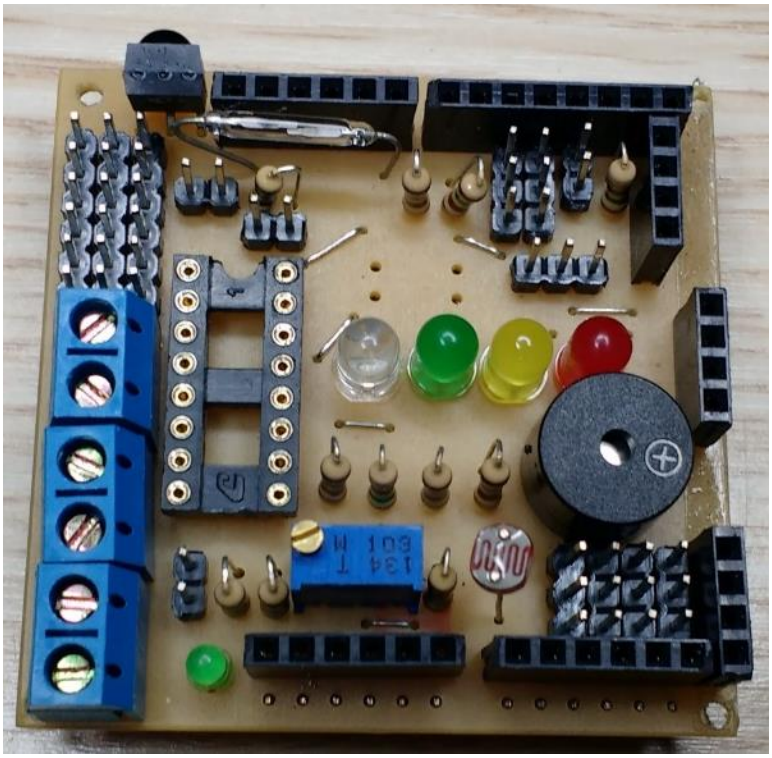


Figura 5 – Vista real do shield.

2.1. Conceitos Iniciais

Inicialmente, foram apresentados conceitos básicos de robótica e o kit de robótica educacional de baixo custo baseado na plataforma Arduino, tal kit foi desenvolvido e construído no Laboratório de Robótica do IFPB Campus Picuí com o intuito de facilitar o aprendizado de Robótica no âmbito do ensino médio. Uma imagem da placa Arduino Uno pode ser visualizada na Figura 6. Conforme a imagem, há a utilização de uma placa Arduino, plataforma de desenvolvimento baseado no microcontrolador ATMEGA328.

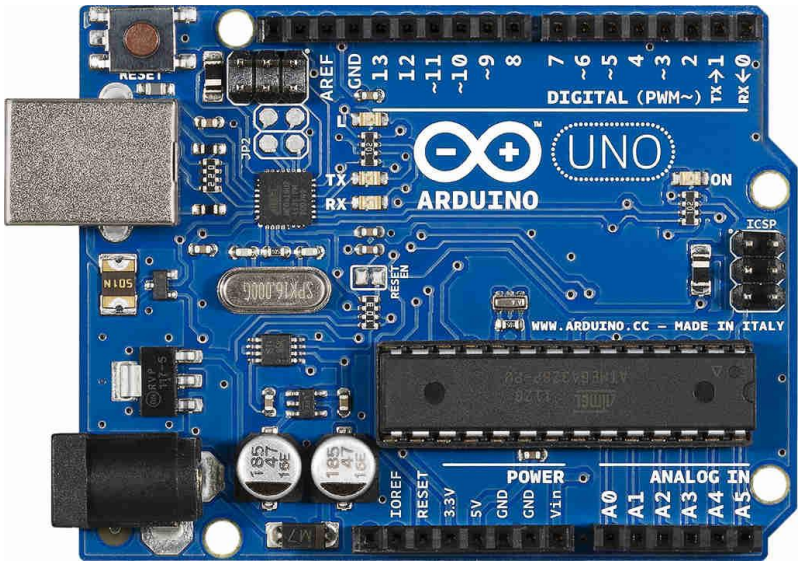


Figura 6 – Placa Arduino Uno.

O *shield* de robótica utiliza diversos componentes eletrônicos para a abordagem de conceitos básicos de automação, como os conceitos de entrada e saída. Para tanto, são utilizados os seguintes componentes:

- LED ON/OFF
- LEDs PWM (4x)
- Buzzer
- Botão (2x)
- Potenciômetro
- LDR
- Servo Motor (2x)
- Motor DC (2x) – CI L293N
- Alimentação Externa
- Bluetooth
- Ultrassom
- Reed Switch (Chave Magnética)
- Receptor Infravermelho (IR)
- Segue-faixa (2x)
- LCD/I2C
- Barramentos 5V, GND, Ext

2.2. Formação de Equipes e Apresentação do Problema

Os alunos foram dispostos em pequenos grupos e os problemas foram identificados e, por seguinte, elencados os objetivos de aprendizado a fim de que os problemas sejam solucionados. Dessa forma, uma das equipes pode ser visualizada na Figura 7.



Figura 7 – Exemplo de equipe formada no Curso.

2.3. Resolução de Problema

Os grupos trabalharam de forma independente na busca de informações e ferramentas (kits de robótica) disponibilizados pelo facilitador. Assim, todos conseguiram obter soluções para os desafios propostos.

2.4. Apresentação dos Trabalhos

E, por fim, os grupos apresentaram o conhecimento adquirido e as atividades propostas para discussão com todos no contexto da situação-problema. Um exemplo dessas apresentações está exposto na Figura 8.

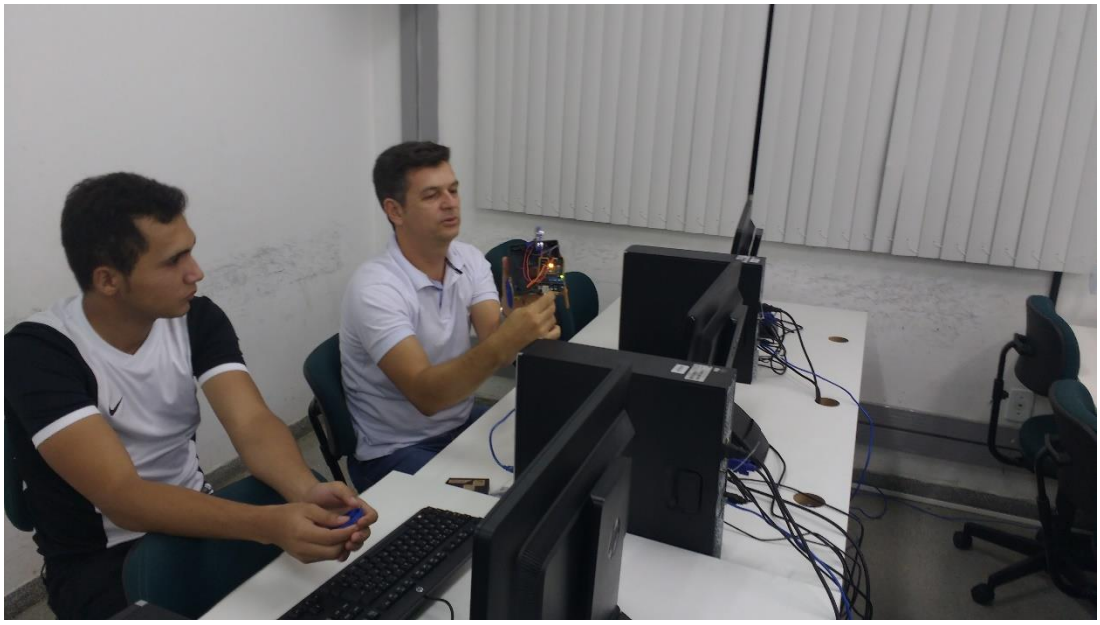


Figura 8 – Exemplo da apresentação de uma equipe formada no Curso.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O projeto teve como foco a apresentação de novos modelos de ensino-aprendizagem por meio da Robótica Educacional e o desenvolvimento regional por meio da capacitação e descobrimento de talentos de jovens da região do município de Picuí. Para tal, os seguintes resultados foram atingidos:

- Favorecimento de processos pedagógicos, apresentando e divulgando a Robótica Educacional como modelo alternativo de ensino-aprendizagem e desenvolvimento de habilidades em alunos de escolas públicas;
- Fortalecimento de Parcerias Sociais e intervenção social, capacitando jovens na área da Robótica no Instituto Federal da Paraíba, despertando interesse dos mesmo para o campo da tecnologia;
- Empreendedorismo social, por meio do desenvolvimento regional impulsionado pela inovação tecnológica em uma região com baixo poder aquisitivo;

- Sustentabilidade das referidas relações sociais e das ações propostas, através da disseminação do conhecimento adquirido com os resultados e as metodologias utilizadas em regiões com características semelhantes às da cidade de Picuí.

4. CONCLUSÃO

A Robótica Educacional é uma ferramenta muito importante na tentativa de tornar novas metodologias de ensino-aprendizagem como alternativas viáveis no atual sistema de ensino. Uma dessas metodologias é a aprendizagem baseada em problemas, na qual os alunos se toram o centro do processo e não apenas meros espectadores de uma aula.

Dessa forma, o Curso de Introdução à Robótica realizado no IFPB serve como validação dessa nova metodologia, possibilitando o favorecimento desses novos processos pedagógicos, o fortalecimento de novas parcerias sociais e intervenção social a medida que este projeto também é compartilhado com escolas públicas do município de Picuí. Assim como, proporciona o empreendedorismo social, despertando a possibilidade de jovens desenvolverem tecnologia em uma região socialmente carente.

Referências

Christensen, C. R., Garvin, D. A., Sweet, A. (1991). Education for Judgment: The Artist of Discussion Leadership. Harvard Business School Press.

Bastos, C. C. (2006) Metodologias ativas.

Berbel, N. A. N. (2011). As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. Ciências Sociais e Humanas.

Campos, L. (2011) Aprendizagem baseada em projetos: uma nova abordagem para a educação em engenharia. Anais: COBENGE 2011.

Aplicando Robótica Educacional no Ensino de Matemática do Ensino Fundamental 2

Kátia Santos[1], **Tanires Ribeiro**[2] **e Algeir Sampaio**[3]

[1]Faculdade de Educação – Universidade Federal do Piauí (UFPI)
Campus do Junco – Picos, PI – Brazil

[2]Departamento de Matemática – Universidade Federal do Piauí (UFPI)
Campus do Junco – Picos, PI – Brazil

[3]Departamento de Engenharia De Energia e Sustentabilidade (UFRB)
CETENS, Feira de Santana, BA – Brazil

katiakaline2011@hotmail.com, thamyrc_2020@hotmail.com, sampaio@ufrb.edu.br

Abstract. *Educational Robotics as a pedagogical resource has promoted an interesting challenge for teachers and students in the schools that have adopted this model. Technological teaching contributes to improving student motivation and interest. This work presents an experience of the SESI college in the city of Picos, in the state of Piauí, which explores through activities with robots, subjects of the various disciplines, using LEGO Mindstorms EV3 kits in high school 2. A workshop was held with students and the work developed by the teachers was analyzed. In the following, the pedagogical benefits with this experience were discussed.*

Resumo. *A Robótica Educacional como um recurso pedagógico tem promovido um estimulante desafio para professores e alunos, nas escolas que estão adotando este modelo. O ensino tecnológico desperta a motivação e o interesse dos alunos. Este trabalho apresenta um relato sobre a experiência do colégio SESI na cidade de Picos, no Piauí, que explora através de atividades com robôs, assuntos de algumas disciplinas, utilizando os kits da LEGO Mindstorms EV3, no ensino fundamental 2. Foi realizada uma oficina com os alunos e acompanhou-se o trabalho desenvolvido pelos professores, analisando posteriormente os benefícios pedagógicos com esta experiência.*

1. Introdução

Atualmente as tecnologias da informação e comunicação, ganham um espaço cada vez maior no nosso dia a dia, e de diversas formas, seja na automação de atividades industriais, seja nas residências em tarefas domésticas ou ainda, na escola, ajudando a transformar nossa vida. Na escola, auxiliam os professores nas novas metodologias que podem ser usadas para o ensino e aprendizagem dos alunos, proporcionando a eles, aulas mais dinâmicas e divertidas. O ensino tecnológico, aos poucos e de forma gradual, vem sendo assimilado pelos atores da escola.

Recursos pedagógicos com novas tecnologias, como computadores, tabletes, lousa digital e até mesmo robôs, começam a fazer parte da realidade de algumas escolas. Tais recursos podem ser uma ferramenta valiosa no ensino e possuem um papel importante

dentro desta nova educação. A robótica é um destes novos recursos e devido a sua possibilidade de promover a interdisciplinaridade entre as diversas matérias, torna o aprendizado dos alunos mais interessante devido a sua característica lúdica. Robótica Educacional é a área da Robótica que traz para a sala de aula, princípios da ciência robótica de forma educativa e atrativa.

A utilização da robótica educacional como recurso pedagógico tem estimulado e aumentado o interesse dos estudantes nas atividades letivas promovendo um maior aprendizado dos conteúdos escolares. Este artigo apresenta um relato sobre a experiência do colégio SESI na cidade de Picos, no Piauí, explorando através de atividades com robôs, assuntos das diversas disciplinas, utilizando os kits da LEGO. Algumas considerações são apresentadas a partir de uma oficina de experimentação realizada com alunos do ensino fundamental 2.

2. Robótica Educacional

A robótica educacional serve como estratégia para o ensino de computação e desenvolvimento do pensamento computacional.

Com uma proposta centrada no trabalho em equipe que torna a colaboração uma característica essencial para o sucesso do grupo. Além da base multidisciplinar apresentada pela própria característica da ciência robótica. Não, à toa, conteúdos de diversas disciplinas podem ser trabalhados dentro dos ditames da robótica educacional. E ao necessitar de programas computacionais para controlar seus kits, a robótica na sala de aula induz seus aprendizes ao manuseio e domínio de linguagens computacionais de diversas ordens que servem como forma de tradução de abstrações em modelos e simulações.

Em resumo, aderir a um projeto de execução com a robótica educacional é optar por um ensino tecnológico que centra na atividade de planejamento da utilização do agente físico robótico para propor intervenções parciais ou integrais de automação de resoluções para problemas do mundo real. Projetos de investigação e exploração. De acordo com a teoria construtivista, um conhecimento gerado a partir da ação do sujeito sobre a realidade. Os alunos vivenciam o trabalho coletivo, desenvolvem a capacidade de pensar, de serem criativos, tornando-se capazes de resolver problemas relacionados ao seu dia a dia.

3. Trabalhos Relacionados

[A. M. P. Rodrigues, J. F. Câmara, V. W. Nunes, 2015] fala sobre uma experiência do Clube da Robótica de uma escola de ensino particular do Rio de Janeiro, onde eles investigam como o uso da robótica educacional pode influenciar a aprendizagem dos alunos. Durante essa observação a robótica educacional foi encontrada em diversas disciplinas, como exemplos a física, ciências, matemática, informática, geometria, educação artística e programação. Nesse contexto, a pesquisa mostrou que os alunos que participam do clube da robótica apresentam maior rendimento nas disciplinas citadas. Durante as aulas também pôde-se observar que que eles buscavam soluções para as situações problemas sempre em conjunto, buscando trabalhar o raciocínio lógico e a criatividade.

[D. A. Peralta, M. C. Brito, J. P. de A. Prado, G. Morceli, 2015] abordam que as tecnologias digitais são agentes de transformação cultural que são incorporadas tanto

como recurso quanto como objeto da própria cultura. Tinham como objetivo investigar com professores quais são suas necessidades formativas para atuarem em contextos educacionais que admitam a robótica como prática pedagógica na Educação Infantil e contribuir com a discussão sobre processos de formação de professores para o uso de tecnologias digitais, mais especificamente a robótica, em sala de aula. De acordo com a pesquisa os autores concluíram que o uso dessas tecnologias facilitam e ajudam o professor com suas metodologias.

[E. J. S. de Oliveira, A. L. S. O. de Araújo, 2016] realizaram uma revisão bibliográfica no intuito de identificar as habilidades do pensamento computacional que podem ser estimuladas por meio da robótica educacional. Em seguida, planejaram uma oficina de robótica para alunos do ensino médio, no intuito de estimular as habilidades identificadas. A robótica educacional possui o benefício de desenvolver diversas competências nos estudantes. Pôde-se observar após as oficinas que houve uma grande melhora do raciocínio lógico dos alunos e na organização da solução, no qual apresentou uma sequência de passos ordenados.

[C. Pelisolli Cabral, 2012] aponta um breve histórico da inserção das novas tecnologias no meio escolar, onde destacam-se os computadores. Descreve também, como a robótica educacional(RE) iniciou-se no Brasil, fala da "Máquina de Ensinar" de B.F. Skinner e seu decorrente "estudo programado", nas décadas de 1950-60, a linguagem LOGO de programação, criada por Papert, e o Robotic Command Explorer (RCX). A RE é possibilitada no meio escolar pelo uso de kits semi-estruturados e um softwarede programação. Na época desta pesquisa11, o mercado brasileiro dispunha dos seguintes kits para comercialização: os kits LEGO Mindstorms®, o kit VEX e ainda a "Robótica Livre", que utiliza sucata e pode ou não se valer de interfaces como Gogo Board ou Cyberbox.

[T, N, dos Santos, E. Pozzebon, L. B. Frigo, 2013] apresenta algumas atividades propostas para aplicação da robótica educacional em algumas disciplinas da educação básica, como a matemática, física e informática, para mostrar como pode ser realizada a interação aluno X robô dentro da sala de aula. Esse trabalho compreendeu uma serie de atividades que foram realizadas semanalmente, com uma jornada de quatro horas, totalizando vinte horas semanais. Para a execução das atividades foram necessários oito crianças, sendo quatro sem deficiência e mais quatro com deficiência, na faixa etária dos seis ao oito anos, ou seja, alunos do 1 ao 3 ano do ensino fundamental e do ensino regular e do ensino especial.

[S. do Rocio, Zilii, 2004] analisou o uso da robótica educacional como recurso pedagógico, apontando as diversas formas como essa tecnologia é utilizada nas escolas particulares e públicas de Curitiba, avaliando as perspectivas em relação ao processo cognitivo. Nesse trabalho foi realizada uma pesquisa exploratória, com entrevista estruturada, onde o roteiro possui quinze perguntas, entre questões de caráter aberto e múltipla escolha. Observou-se que todas as escolas pesquisadas fornecem os kits para os seus alunos.

4. Tecnologia Aplicada

O ensino tecnológico que por hora está sendo implementado em boa parte das escolas privadas do mundo, segue as diretrizes da educação em STEM (Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática), inspirando os alunos a se envolverem numa aprendizagem



Figura 1. Visão Frontal do Bloco EV3

divertida e prática, acima de tudo. Os kits de Robótica Educacional do LEGO proporcionam a alunos e professores diversas maneiras de construção e instigam a criatividade dos alunos, além de servirem como base para o ensino de Física e Matemática e conjuntamente, fornecendo noções de programação. Esta seção descreve brevemente o instrumental utilizado como base para realização de experimentos, centrados na utilização da linha MINDSTORMS EV3.

Algumas características do LEGO que o tornam interessante e apropriado para a aplicação em laboratórios de robótica nas escolas:

- Interface amigável.
- Sistema de construção lúdico.
- Ferramenta disponível para investigação e experimentos científicos.
- Suporte profissional ao Professor.

4.1. Componentes do EV3

Segue, um resumo dos componentes do LEGO:

1. **Bloco EV3** que é o sistema de controle dos robôs;
2. **Motores** que são os atuadores dos robôs;
3. **Sensores** que são responsáveis pela percepção dos robôs.

4.1.1. Bloco EV3

Segundo o [Guia do Usuário], o coração do LEGO MINDSTORMS Education é o Bloco EV3, com o seu controlador ARM9 com 300 MHz que opera com sistema operacional Linux e tem 64MB de memória RAM. A resolução de tela no bloco é 178x128/Preto e Branco e o bloco se comunica com o PC host através de conexão USB 2.0. No bloco EV3 podem ser conectados até quatro sensores e três motores, e a sua conexão é sem fio, feita por Bluetooth ou Wi-fi.

O Bloco EV3 contém quatro portas de entrada, quatro portas de saída, um alto-falante e uma entrada para cartões micro SD para aumentar a memória disponível em até 32GB. O bloco utiliza uma bateria recarregável para alimentação. A Figura 1 apresenta, a visão frontal do bloco EV3.

4.1.2. Motores

Motor Grande

È dito ”inteligente”pois permite a programação de atividades robóticas precisas e potentes com o seu sensor de rotação embutido com 1 grau de rotação, e é otimizado para ser a base motriz dos robôs. Em algumas tarefas os motores grandes coordenam a ação simultaneamente.

Motor Médio

Mantém a precisão e, ao mesmo tempo, transfere parte da energia para oferecer resposta mais rápida em tamanho compacto. O motor médio é mais rápido do que o motor grande, porém, é menos potente e pode ser programado para ligar ou desligar, controlar seu nível de força, ou ainda para funcionar por uma quantidade específica de tempo ou rotações.

4.1.3. Sensores

Sensores são dispositivos que traduzem o mundo físico para o robô. È através dos seus sensores que um robô tem noção do ambiente ao qual está inserido. Os principais sensores utilizados pelo LEGO Mindstorms EV3 são:

Sensor ultrassônico

Sensor, capaz de captar a distância de um objeto à frente do robô, enquanto, envia ondas sonoras por um emissor e recebe essas ondas de volta, por um receptor, quando elas refletem em algum obstáculo. O sensor mede quanto tempo foi a duração da reflexão desta onda mecânica, calculando assim a distância até os objetos.

Sensor de cor

Nesse sensor existe uma pequena janela, onde passa uma luz ou uma determinada cor que pode ser detectada. Ele pode ser utilizado em três modos diferentes: Modo de Cores, Modo Intensidade da Luz Refletida e Modo Intensidade da Luz Ambiente.

Sensor de rotação

O Sensor de Rotação é um sensor digital que detecta o movimento rotacional em um único eixo. Girando o Sensor de Rotação na direção das setas no compartimento do sensor, este detecta a taxa de rotação, em graus por segundo. (O sensor mede uma taxa máxima de giro de 440 graus por segundo.)

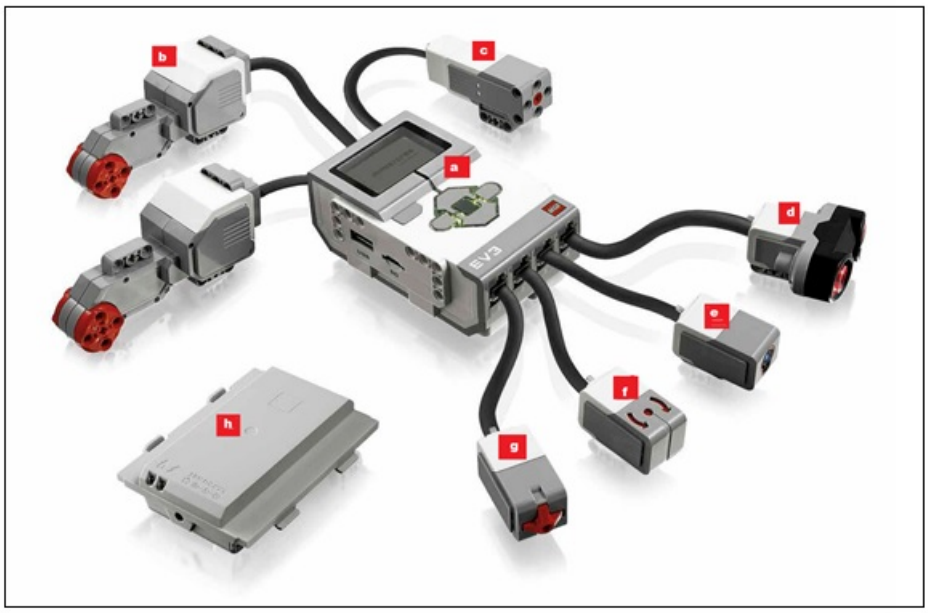


Figura 2. Bloco Lego Mindstorms EV3, (a) bloco EV3 (b) motor grande (c) motor médio (d) sensor ultrassônico (e) sensor de cor (f) sensor de rotação (g) sensor de toque (h) bateria recarregável

4.2. Conexão

Para que o Lego Mindstorns EV3 funcione, é preciso que todos os sensores e motores estejam ligados ao bloco e para que isso aconteça é preciso ligar os cabos às portas de entrada. Cada porta está designada para um sensor ou motor. E para fazer a programação é preciso conectar o bloco ao computador, essa conexão pode ser feita utilizando o cabo USB ou sem fio através do Bluetooth ou Wi-Fi. Se a programação for feita enquanto o bloco estiver conectado ao computador o software irá identificar automaticamente a porta que está sendo usada por cada sensor ou motor, já se estiver desconectado ele irá designar as portas padrões.

4.3. Software

Para utilizar o software, é necessário que o computador atenda alguns requisitos, como: 2 GB de RAM ou mais, ter um processador de 1.5 GHz ou mais rápido e a resolução de tela mínima suportada é de 1024 x 600. O software vem com edições tanto para o professor quanto para o aluno, tem a entrada, propriedades e estrutura do projeto, robô educador, programação de blocos e paletas, registro de dados, pagina de hardware, editor de conteúdo, e ferramentas. Utilizando todos esses recursos, principalmente com a programação, surge a possibilidade do robô executar alguma tarefa.

5. Trabalho desenvolvido

A metodologia adotada pelo Colégio SESI de Picos para todo o ensino fundamental 2 está baseada em atividades que tentam reproduzir uma situação real e a partir daí, apresentam um tema para discussão entre os alunos. Partindo deste tema, uma situação problema

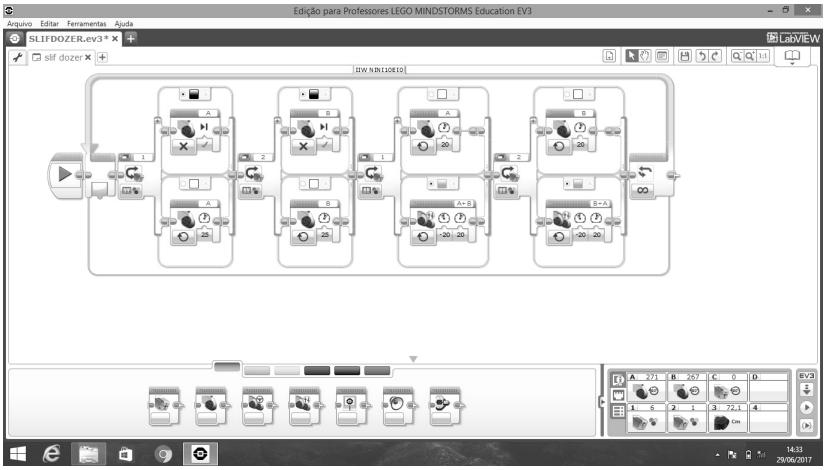


Figura 3. Interface do EV3

é apresentada e daí em diante, em cada unidade letiva, cinco atividades movimentam os grupos formados geralmente por quatro ou cinco alunos. Cada aluno nestes, grupos possui uma função específica. A figura 3 mostra a interface do EV3.

Depois de executadas as tarefas, um desafio é proposto no intuito de motivar a construção de um robô, utilizando as peças do kit LEGO, para resolver um problema em questão. Logo após a montagem, surge a necessidade de programação do dispositivo, fazendo com que a computação seja anexada ao conhecimento do grupo.

O roteiro segue da seguinte forma:

1. Planejamento da tarefa;
2. Montagem do Robô;
3. Programação com o software do EV3; e
4. Apresentação do protótipo.

Cada grupo dispõe de um tutorial com todos os passos com o procedimento de montagem do robô em questão, e tem aproximadamente 1 hora e 30 min, para montar. Foram acompanhados os trabalhos de três séries letivas do ensino fundamental 2. o 7^o Ano, o 8^o Ano e o 9^o Ano.



Figura 4. Montagem dos alunos do ensino fundamental

Na realização dessas atividades, os alunos construíram seus programas com sequências de comandos em blocos, utilizando a interface de controle do EV3. A figura 4 mostra a montagem dos alunos. Neste momento, cada equipe é assumida pelo seu desenvolvedor. Observou-se que este integrante apresenta maior capacidade para a atividade de programação. Blocos lógicos de repetições e de tomadas de decisão, são frequentes na construção dos programas. A utilização dessas estruturas e o teste realizado depois faz com que toda a equipe possa entender o programa e ver o seu resultado nas ações do robô.

6. Considerações Finais

Ao longo da oficina foi claramente perceptível o entusiasmo dos alunos com as atividades envolvendos os pequenos robôs. Na disciplina de matemática a aplicação da robótica é maior do que nas outras disciplinas, sempre tem uma determinada montagem de um robô que explora alguns conhecimentos específicos e desses, algumas disciplinas se adequam mais, por isso, é mais fácil trabalhar a matemática do que o português, por exemplo.

Ao final da oficina de experimentação com robótica, solicitou-se aos alunos e aos professores que respondessem a um questionário de avaliação da oficina. Segundo os professores, a maioria dos alunos (75%), mostram de forma bastante clara um maior interesse nas aulas, enquanto 25% são indiferentes. A figura 5 mostra esta constatação.



Figura 5. Interesse dos alunos pelas aulas, segundo os professores

A figura 5 mostra o gráfico que exibe o nível de conhecimento apresentado pelos alunos nas disciplinas envolvidas nas atividades com robôs, após a experiência robótica. Segundo as professoras, principalmente a professora de matemática e a professora de ciências, de forma notória, a partir do aumento do interesse, os alunos se esforçam mais e o rendimento nas avaliações cresce, exibindo o resultado em boas notas e maior participação em sala de aula.

A figura 6 mostra o gráfico que exibe a motivação dos alunos, segundo as respostas na avaliação. Dentre outros interesses em assuntos relacionados à tecnologia, pôde-se perceber que as aulas de robótica estimulam o interesse por ciência e boa parte do que diz respeito ao universo da engenharia e da computação.

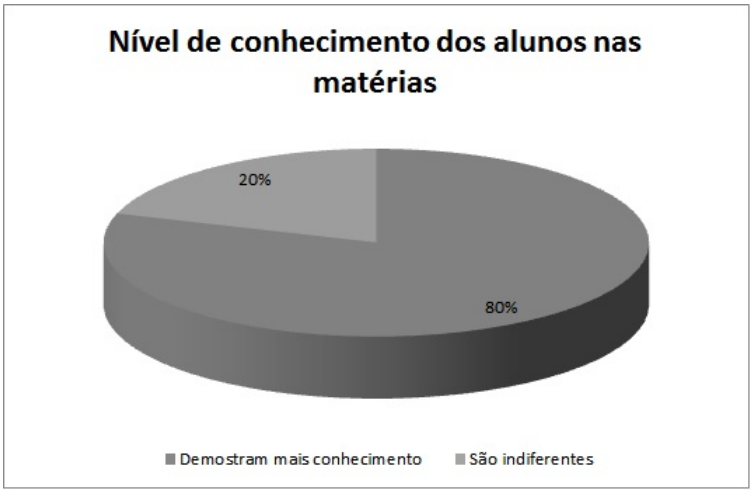


Figura 6. Conhecimento dos alunos após a experiência com Robótica, segundo os professores

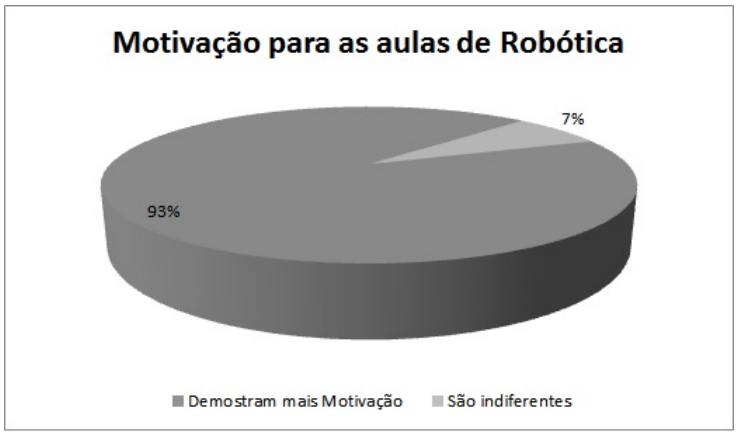


Figura 7. Motivação para assistir as aulas de Robótica, segundo os próprios alunos

Esta foi a primeira oficina de experimentação realizada com alunos do ensino fundamental 2 no olhar específico da Universidade para o ensino de jovens e adolescentes. O escopo deste projeto investiga além das ferramentas e tecnologias utilizadas, qual ou quais as consequências positivas que estes alunos podem ter em suas formações e como e o quanto estarão preparados para cursarem carreiras tecnológicas num futuro breve.

Boa parte dos alunos entrevistados pensam em seguir carreiras profissionais relacionadas a robótica, com exceção apenas de uma das alunas que tem no contato com a robótica, algo muito recente. As disciplinas que mais aplicam o uso da robótica são, matemática, física e ciências. A robótica educacional está promovendo uma forma de desenvolvimento da criatividade e ampliando a visão de mundo dos alunos, além de despertar o pensamento computacional e a capacidade de raciocinar de forma lógica e resolver problemas.

Esta experiência ocorrida no primeiro semestre deste ano foi bastante significativa. A partir da leitura dos resultados da análise desta oficina, planeja-se uma segunda

experiência neste segundo semestre, desenvolvendo agora, uma atividade mais específica para avaliar a influência da robótica com outras disciplinas, como o português e a geografia.

7. Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio do Colégio SESI de Picos que nos deu acesso aos seus alunos e professores. Agradecemos a Diretora Francisca Chagas e a coordenadora Ednelma Luz por abrirem as portas da escola e nos permitir acompanharmos as atividades desenvolvidas pelo corpo docente. Agradecemos também ao Professor Elvis Catão que desenvolve o trabalho de Robótica com os alunos do Ensino Fundamental 2.

Agradecemos ainda às professoras Kercia Carvalho de Língua Portuguesa, Neiliane Silva de Ciências e Irisneide Souza de Matemática por nos conceder diversas entrevistas, sempre esclarecedoras e colaborativas e não menos importante, agradecemos aos alunos do 9^o Ano, Helton de Oliveira e Kaio de Carvalho; aos alunos do 8^o Ano, Sophia Santos, Ryan Leal, Laylla Bezerra, Sara Costa e Jadson Sousa e aos alunos do 7^o Ano, Pablo Ramos, Kauã Oliveira, Otávio de Carvalho e João Victor Araújo pelo entusiasmo e colaboração conosco, mostrando-nos com empolgação e orgulho seus programas e montagens.

Este trabalho foi desenvolvido no LIPPO - Laboratório de Investigação e Pesquisa em Poéticas Digitais do Curso de Sistemas de Informação da UFPI, no Campus do Junco, na cidade de Picos e no Colégio SESI de Picos.

8. Referências

S. do Rocio, Zilii (2004). A robótica educacional no ensino fundamental: perspectivas e prática. Dissertação de Mestrado, UFSC – Centro Tecnológico, PPGEP, 2004.

C. Pelisolli Cabral (2012). Tecnologia e Educação: da informatização à Robótica Educacional. In Anais do VI Workshop de Robótica Educacional, (WRE 2012).

D. A. Peralta, M. C. Brito, J. P. de A. Prado, G. Morceli (2015). Robótica na Educação Infantil: necessidades formativas de professores. In Anais do VI Workshop de Robótica Educacional, (WRE 2015).

E. J. S. de Oliveira, A. L. S. O. de Araújo (2016). Pensamento Computacional e Robótica: Um Estudo Sobre Habilidades Desenvolvidas em Oficina de Robótica Educacional. In Anais dos Workshops do V Congresso Brasileiro de Informática na Educação, (CBIE 2016).

A. M. P. Rodrigues, J. F. Câmara, V. W. Nunes (2015). Robótica Educativa no Ensino Fundamental. In Resumos Expandidos do VI Seminário Mídias & Educação do Colégio Pedro II: "Dispositivos Móveis e Educação" Número 1.

T. N. dos Santos, E. Pozzebon, L. B. Frigo (2013). A utilização de robótica nas disciplinas da educação básica. Revista Técnico Científica do IFSC 1.5, 2013.

LEGO Group (2013). Guia do Usuário: The LEGO Mindstorms EV3. 2013.

Arte e robótica educacional na criação de um ambiente de colaboração criativa

Rosângela Pacífico Matias[1], José Pacheco de Almeida Prado[2] e Gustavo Morceli[2]

[1]Grupo de Pesquisa em Educação e Artes Visuais - GPAV/UFPB – João Pessoa – PB – Brazil

[2]PETE – Robótica Educacional – São Carlos – SP – Brazil

rosartematias@gmail.com,{pacheco,gustavo}@pete.com.br

Abstract. *This paper describes the creative processes in visual arts classes with educational robotic kits. This document describes the experience in creating a creative collaboration environment where a group of k-12 students from Joao Pessoa-PB workes together to build a artistic artifact.*

Resumo. *Este artigo descreve os processos criativos em aulas de artes visuais com o uso de kits de robótica educacional. Este documento descreve a experiência na criação de um ambiente de colaboração criativa onde um grupo de alunos do Ensino Fundamental do município de Joao Pessoa-PB trabalharam em conjunto na construção de artefatos artísticos. Na atividade proposta são combinados os conceitos de artes visuais e de robótica educacional criando um ambiente desafiador e motivante para os alunos envolvidos.*

1. Introdução

Este artigo aborda processos criativos em aulas de artes visuais com o uso da robótica educacional. A pesquisa tem por objetivo averiguar as possíveis colaborações estabelecidas pelo uso de recursos robóticos em processos de criação de imagens.

As atividades foram realizadas com estudantes do 4° ano da Escola de Ensino Fundamental Américo Falcão, pertencente à Rede Municipal de João Pessoa/PB. Os recursos tecnológicos utilizados foram o Kit ALPHA Mecatrônica de robótica educational (Figura 1), os computadores do laboratório de informática da escola, o ambiente de programação, baseado em blocos, LEGAL B, além de outras possibilidades de recursos visuais, tais como: cartolinas, colas e lápis de cor.

2. Motivação e Contextualização

O presente artigo esboça importantes relações entre o ensino de artes visuais e a robótica educacional, estabelecendo parcerias significativas em processos de criação de imagens. Ao desenvolverem esboços para a criação de robôs, os estudantes têm a preocupação em projetar, pensar as soluções e rabiscá-las para um melhor desempenho final. Ao programar as ações dos robôs os estudantes projetam possibilidades do plano mental para o físico, ampliando, desse modo, habilidades criativas ao associar comandos aos movimentos esperados. Os robôs projetados e construídos pelas crianças são aqui compreendidos como os "artefatos visuais" descritos por Rosângela Matias em [Matias 2017]. Uma vez que estes são carregados de significados, associando aspectos culturais, históricos e sociais de seus

idealizadores, pois neste desafio educacional os estudantes partem de suas vivências como mote na criação de desenhos com o uso da robótica.

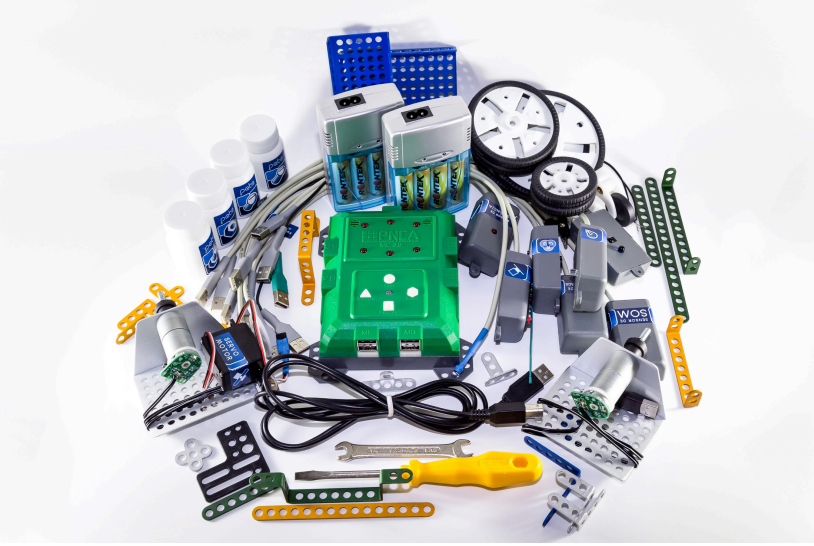


Figure1. Kit ALPHA Mecatrônica.

A arte é um campo do conhecimento contemplado como componente curricular da proposta educativa no Brasil. São saberes articulados na leitura, apreciação, contextualização e processos de criação. O fazer artístico realizado nessa pesquisa tem o caráter da coletividade e da socialização. Estes elementos fazem parte do conceito de Colaboração Criativa descrito por R. Ricarose em [Ricarose 2012].

A atividade realizada permitiu que as crianças fossem protagonistas na escolha do tema trabalhado. Esse fato nos remete à ideia de que temáticas relacionadas com o contexto vivenciado pelos alunos podem gerar uma participação mais eficaz. O entendimento da importância de que projetos com temáticas significativas possam contribuir positivamente para o trabalho escolar não é algo recente: este entendimento já era defendido por Paulo Freire em [Freire 1981] e, também, pode ser observado nas pesquisas do professor Seymour Papert ao relatar que *"as crianças aprendem melhor quando elas estão ativamente envolvidas na construção de algo que tenha significado para elas, seja um poema, um robô, um castelo de areia ou um programa para computador"* [Papert 2008].

Verifica-se consideráveis subsídios na parceria entre a Robótica Educacional e o ensino das Artes Visuais, no cumprimento de atividades bem planejadas, os estudantes são motivados para um processo de construção do próprio conhecimento, a partir de abordagens que potencializem o fazer artístico, a fruição, a contextualização e a criticidade nos diálogos e produções estabelecidas nesse processo.

3. Experiência

A seleção do público alvo dessa pesquisa se deu pelo envolvimento da autora, Matias, como professora de Artes Visuais da turma selecionada, o que facilitou as relações e as percepções analisadas no percurso.

Os estudantes têm seus processos criativos enriquecidos quando planejam a programação e a construção de robôs, assim como as diferentes escolhas para se colocar em prática o que foi pensado para os robôs. As percepções sobre a presença de tecnologias, robótica educacional, na construção do conhecimento em artes visuais, foram elencadas por Pimentel em [Pimentel 2002] ao retratar que: *O uso das tecnologias possibilita aos alunos desenvolver sua capacidade de pensar e fazer arte contemporaneamente, representando um importante componente na vida dos alunos e professores, na medida em que abre o leque de possibilidades para seu conhecimento e expressão*.

Os estudantes precisam ser motivados às experiências de criação em artes visuais de modo individual, coletivo e socializado, em diversos ambientes e com diferentes técnicas e recursos. Essa proposta do

ensino de artes dialoga com as do professor Saymour Papert [Papert 2008], que destaca a importância da construção conjunta, da reavaliação e da criticidade em grupo. Procuramos explorar todos estes aspectos na atividade desenvolvida e aqui descrita.

A atividade proposta para a turma foi organizada a partir de etapas e procedimentos fundamentais para a organização do processo. Para isso a turma foi organizada em equipes com responsabilidades distintas e após esta divisão tivemos seis momentos específicos:

3.1 Primeiro momento

Foi realizado o contato inicial do percurso criativo. Neste passo ocorreu a seleção do livro e do conto a ser trabalhado. Foi dada ao grupo uma caixa contendo vários livros de contos e poemas. As crianças foram selecionando suas escolhas e por fim houve uma votação para a que melhor contemplou as decisões dos estudantes. O cuidado em realizar a escolha, deu-se pela vontade de motivar os pequenos a partir da valorização de seus gostos.

A obra elencada pelo grupo foi “Carolina”, escrita por Walcyr Carrasco e ilustrada por Eduardo Burato. Houve um pequeno diálogos sobre as profissões de ilustradores e escritores para uma melhor compreensão da importância da seleção realizada.

3.2. Segundo momento

Esse passo trata da conversa realizada com os alunos sobre os processos de criação e dos recursos artísticos para serem utilizados. As crianças perceberam a existência e a variação de procedimentos e técnicas que são utilizados por artistas, ilustradores e todos que trabalham com a criação visual. Discussões sobre o manuseio e soluções criativas foram somadas às primeiras possibilidades de experimentação para a criação de desenhos a partir da temática abordada pelo livro. Os estudantes escolheram suas técnicas e recursos preferidos para utilizar nas soluções em seus projetos. As técnicas e os recursos que as crianças viram e experimentaram, culminaram em esboços, Figura 2, que foram expostos na sala como registro das etapas do projeto artístico.



Figura 2. Criação dos esboços pelos alunos.

3.3. Terceiro momento

Cada equipe escolheu um trecho da história contada para representar na forma de desenho. Os desenhos feitos foram os mais coloridos possíveis. As equipes exploram os recursos apresentados e criaram verdadeiros desafios para os robôs. Pois a proposta era a de criar imagens para serem redesenhadas pelos dispositivos. Desse modo, o desafio do "robô desenhista" é o de recriar as imagens representativas da cenas selecionadas pelos discentes. Tendo como recursos o uso de canetas coloridas, adaptando-as às

formas dos robôs e utilizando papel disposto no chão como suporte artístico das máquinas programadas para rabiscar.

3.4. Quarto momento

Nesta etapa cada equipe construiu e programou o seu robô. A Figura 3 mostra duas das equipes construindo seus robôs desenhista.



Figura 3. Início do processo de construção dos robôs desenhistas.

Para programar os robô foi utilizado a linguagem LEGAL B. Esta linguagem segue o modelo de blocos como o utilizado pela linguagem Scratch, definida por J. Maloney em [Maloney 2010].

Os programas no LEGAL B são criados como um conjunto de blocos que representam instruções, expressões e estruturas de controle, Figura 4. As formas dos blocos sugerem como eles se encaixam e o sistema de arrastar e soltar não permite que o aluno conecte os blocos de maneiras que não teriam sentido dentro da sintaxe da linguagem.

No LEGAL B, a gramática visual na forma de blocos e suas regras de combinação desempenham o papel de sintaxe em uma linguagem baseada em texto.

A simplicidade do LEGAL B viabilizou o seu uso nesta atividade onde os alunos tinham diferentes níveis de conhecimento em robótica educacional.

Enquanto os alunos montavam os robôs, o chão da sala foi forrado com papeis brancos e os robôs posicionados sobre as folhas para a criação dos desenhos, Figura 5. Concomitantemente, as crianças também foram interferindo no suporte e rabiscando imagens diversas. Muitas linhas e traços coloridos feitos pelas máquinas serviram de encaminhamentos para a elaboração inicial de imagens realizadas pelos estudante.



Figura 4. Exemplo de programa em LEGAL B.

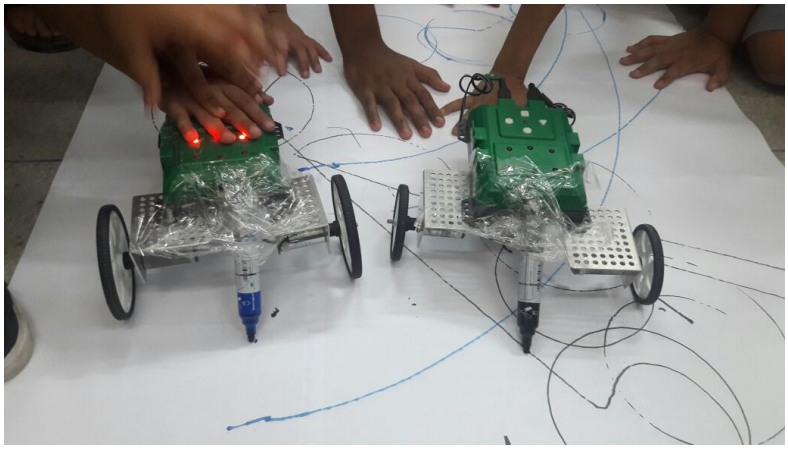


Figura 5. Primeiros testes com os robôs.

3.5. Quinto momento

Após a produção das imagens houve o momento de coloração visando ampliar os alcances expressivos vivenciados na interação entre máquinas e crianças. Logo depois, as equipes foram organizadas como uma espécie de público. O objetivo dessa ação foi conduzir o momento de apreciação significativa. No qual cada equipe pôde apresentar e também observar as produções de seus colegas. Esse procedimento gera atitude de valorização e respeito pelas atividades dos colegas e oportuniza ensaios de diferentes modos de ver e refletir sobre os processos criativos realizados em conjunto.

Em uma outra ação importante que foi realizada no desafio proposto, cada equipe foi encorajada a identificar a cena retratada pelos demais colegas e seus robôs. Segundo O'Donnell em [O'Donnell 2016], ao interpretar uma obra, a criança expõe seus sentimentos, demonstrando a influência cultural recebida e suas formas de perceber o mundo a partir da oralidade, expondo suas considerações pessoais.

3.6. Sexto momento

Ao final do processo, as crianças também criaram novas possibilidades de enredos, reorganizando a sequência das imagens, após a socialização das produções.

As releituras da história original que aconteceram nesta etapa foram fortemente influenciadas pela realidade de cada criança. Este envolvimento se demonstrou ser uma maneira eficiente aumenta o interesse dos alunos na atividade.

Este maior interesse não só pode promover o engajamento, mas pode envolver ampla participação dos alunos como defendidas por S. Papert, [Papert 2008].

4. Resultado e discussão

Desta união entre o ensino de artes e a robótica educacional foi possível criar um ambiente de colaboração criativa como o descrito por Ricarose em [Ricarose 2012]. Pois a atividade propiciou aos alunos um ambiente que incentivava a colaboração e construção onde os jovens podiam aprender e criar juntos.

A colaboração enfatiza o aprendizado com os outros, ao mesmo tempo em que destaca a aprendizagem ao projetar e construir um objeto físico ou digital. Muitos pesquisadores e designers analisaram o apoio à colaboração ou à criação, mas há relativamente poucos esforços para combinar ambos.

Ao relacionarmos atividades de áreas diferentes como a robótica, que envolve aspectos como construção e programação, com a criação visual, que abarca habilidades e técnicas estéticas como: colagem, pintura, entre outras, criamos um ambiente propício para a colaboração e a troca de

conhecimentos, além de momentos de apreciação significativa em todo o percurso, porém destacando os resultados de criação como ponto máximo dessa apreciação coletiva de visualidades.

Neste ambiente as múltiplas habilidades das crianças são valorizadas em diferentes formas de criação. No projeto é enfatizado o aprendizado do outro, ao mesmo tempo em que se destaca o aprendizado obtido ao se projetar, construir e programar os robôs.

Na atividade os aluno com uma maior vocação para a área de exatas foram desfiados e seduzidos a fazerem criações artísticas e, da maneira semelhante, os alunos com uma maior vocação para a área de humana terminaram a atividade construindo e programando robôs.

Segundo O'Donnell, [O'Donnell 2016], trabalhar com os outros para alcançar significados e objetivos compartilhados pode promover muitos benefícios para os alunos. Entre estes podemos destacar os resultados da aprendizagem social, motivacional e emocional. Nas configurações da sala de aula, a colaboração tem sido utilizada para ajudar os alunos a aprenderem conceitos em áreas de assuntos como a matemática e aprender práticas valiosas como a resolução de problemas.

Outro aspecto presente nesta atividade e relevante à colaboração criativa é o aspecto *Making*. Construir objetos físicos dá aos alunos a motivação para aprender, a oportunidade de descobrir o que eles precisam aprender, a oportunidade de usar a ciência para fundamentar cientificamente seus projetos, e a oportunidade de testar seus conhecimentos e capacidades [Wenger 2014].

O construcionismo é uma abordagem que alavanca a criação de apoio à aprendizagem e ao ensino. O construcionismo argumenta que as pessoas aprendem de forma mais eficaz quando estão construindo ativamente artefatos pessoais ao compartilhar e trabalhar com outros em uma comunidade [Papert 2008]. Os artefatos físicos e digitais desempenham um papel importante na construção do conhecimento. Quando os jovens criam artefatos, eles também estão refletindo sobre seus pensamentos e criando novas ideias.

5. Considerações finais

Acreditamos que atividades como a descrita neste artigo, que combina criação artística e robótica educacional propicia aos estudantes um ambiente que estimula a colaboração criativa e estimula a autonomia dos estudantes.

Segundo Paulo Freire, [Freire 1996] a autonomia é processo de aprender e ensinar mutuamente, tendo como exigência elementos, tais como: pesquisa, criticidade, novidade, valorização cultural, estética e ética, entre outros.

Diferente de atividades de robótica que são implementadas no contexto de competições, com foco em resolver problemas de engenharia, os quais podem ser interessante para alguns, mas não para outros. O contexto da atividade descrita neste documento surge da escolha do grupo e tende a envolver a todos.

Defato, Rusk em [Rusk 2008] argumenta que as atividades de robótica podem ser ampliadas para incluir interesses narrativos e artísticos, motivados por temas, em vez dos desafios apresentados pelas competições tradicionais de robótica.

Na atividade proposta os processos criativos são estabelecidos na criação dos desenhos, levando em consideração toda as demais etapas e suas influências diretas na criação visual: escolha temática, construção de robôs, programação e socialização das produções.

Referências

Freire, P. (1981) "Pedagogia do oprimido." Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1981 (coleção leitura).

Freire, P. (1996) "Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa". São Paulo: Paz e Terra, (coleção leitura).

Maloney, J. (2010) “The Scratch Programming Language and Environment”. In: ACM Transactions on Computing Education, Vol. 10, No. 4, Article 16, Pub. date: November.

Matias, R. P. (2017) “Visualidades interativas dos robôs paraibanos na RoboCup Jr Dance (OnStage).” Dissertação (mestrado) – Programa Associado de Pós-Graduação em Artes Visuais. Universidade Federal da Paraíba e universidade Federal de Pernambuco. João Pessoa.

O’Donnell, A. M. (2016) “The Role of Peers and Group Learning” In P. A. Alexander & P. H. Winne (Eds.), Handbook of educational psychology (2nd ed., pp. 781–80”2). Mahway, NJ:Lawrence Erlbaum.

Pimentel, L. G. (2002) “Tecnologias contemporâneas e o ensino de Arte”. In: BARBOSA, Ana Mae (org.). Inquietações e mudanças no ensino da arte. São Paulo: Cortez, p. 127-137.

Papert, S. A. (2008) “Máquina da Criança: repensando a escola na era da informática.” ed. rev. Porto Alegre: Artmed

Ricarose R. (2012) “Making together: Creative collaboration for everyone”. Masters thesis, MIT, 2012.

Rusk, N., Resnick, M., Berg, R., & Pezalla-Granlund, M. “New Pathways into Robotics: Strategies for Broadening Participation”. Journal of Science Education and Technolog, 17(1), 59–69. 2008.

Slavin, R. E. (1990) “Cooperative Learning”. Review of Educational Research, 50(2), 315–342.

Wenger, E. (2014) “Communities of practice: Learning, meaning, and identity”. New York: Cambridge University Press.

Controle de Sistemas Robóticos Através de Reconhecimento de Fala Usando Gramática

Ênio dos Santos Silva[1], **Douglas Hemkemaier**[1]

[1]Laboratório de Instrumentação e Controle - LABICON
Coordenação de Engenharia de Controle e Automação
Instituto Federal de Santa Catarina - IFSC
Chapecó, Santa Catarina, Brasil

enio.silva@ifsc.edu.br, douglas_hemkemaier@hotmail.com

Abstract. *This research paper presents the development of a automatic speech recognition system (ASR) applied to a robotic system. Particularly, here the robotic system is represented by a mobile robot. Specifically, the robot is controlled by speech commands interpreted by an ASR system. The approach of different research areas such as signal processing and control and automation, enables the investigation of major issues of engineering. In this context, mathematical concepts difficult to understand can be better assimilated when applied in a physical system. The results obtained through the analysis of the responses of the robot to speech commands, allow us to infer about the quality of the ASR system and the accuracy of the robot's movements, thus proving the effectiveness of the system developed in this article.*

Resumo. *Este trabalho de pesquisa, apresenta o desenvolvimento de um sistema de reconhecimento automático de fala (automatic speech recognition - ASR) aplicado em um sistema robótico. Particularmente, aqui o sistema robótico é representado por um robô móvel. Especificamente, o robô é controlado por comandos de fala interpretados por um sistema de ASR. A abordagem de diferentes áreas de pesquisa, como processamento de sinais e controle e automação, permite a investigação de importantes temas da engenharia. Nesse contexto, conceitos matemáticos de difícil compreensão podem ser melhor assimilados quando aplicados em um sistema físico. Os resultados obtidos, através das análises das respostas do robô aos comandos de fala, permitem inferir acerca da qualidade do sistema de ASR e da precisão dos movimentos do robô, comprovando assim a eficácia do sistema desenvolvido neste artigo.*

1. Introdução

Sistemas robóticos controlados por comandos de fala podem ser considerados como uma aplicação da área de inteligência artificial (*artificial intelligence* - AI). Particularmente, a AI pode ser associada com o desenvolvimento de sistemas que apresentem características do comportamento humano relacionadas com a inteligência, tais como o aprendizado, o raciocínio e a solução de problemas [Yu and Deng 2015]. Para a robótica, a AI consiste na investigação de agentes (inteligentes) que recebem sinais de percepção de um ambiente e executam determinadas ações de acordo com o sinal recebido, isto é, implementam funções que mapeiam sequências de percepções em ações.

Ainda na área de AI, a aplicação de sistemas de reconhecimento automático de fala (*automatic speech recognition* - ASR) vêm ganhando um grande destaque nas últimas

décadas [Neto et al. 2011, Ranieri et al. 2014, Yu and Deng 2015]. Especificamente, os sistemas de ASR estão presentes em diversos equipamentos do nosso cotidiano. A popularização desses sistemas tem sido fortemente incentivada pela difusão das funções de ASR presentes em dispositivos como, por exemplo, *smartphones* e *tablets*; e dos sistemas de ASR disponíveis em servidores remotos [Google 2017].

Na literatura, diversos projetos envolvendo sistemas robóticos podem ser encontrados. Em [Kibler et al. 2011] e [Williams 2003], a abordagem da robótica no contexto educacional é investigada. Segundo [Williams 2003], um ganho considerado é obtido no aprendizado dos alunos quando envolvidos no desenvolvimento de projetos robóticos. Já em [Lopez et al. 2015], a introdução de competições robóticas é discutida, tais competições surgem como uma forma interessante para aprofundar os conceitos associados a sistemas de controle e automação.

Neste artigo, o desenvolvimento do sistema robótico tem como objetivo incentivar e fomentar os estudos e as pesquisas nas áreas da mecânica, computação, engenharia elétrica e linguística. Acredita-se que, a partir deste trabalho de pesquisa, os estudantes sejam incentivados a projetar e construir robôs com habilidade de interação com um locutor através de comandos de fala.

2. Desenvolvimento do Robô Móvel

O desenvolvimento de um robô móvel pode ser dividido em três estágios: percepção, planejamento e locomoção. Tais estágios representam as ações necessárias para o funcionamento de um robô móvel.

No estágio de percepção, é realizada a coleta de informações através de sensores. Essas informações representam o ambiente externo que cerca o robô e são fundamentais para a sua orientação. No estágio de planejamento, os dados recebidos no estágio anterior, são utilizados como parâmetros de referência para as técnica de AI aplicadas ao sistema. Particularmente, neste trabalho, a técnica de AI é representada por um sistema de ASR que interage com o robô móvel, determinando a ação futura de locomoção do robô. No terceiro estágio, o de locomoção, tem-se início a locomoção do robô através do acionamento do sistema de potência. Nesse estágio, realiza-se a movimentação determinada no estágio de planejamento. Posteriormente, o ciclo retorna ao primeiro estágio, atualizando os dados adquiridos nas iterações anteriores.

3. Reconhecimento Automático de Fala (ASR)

Em resumo, o objetivo de um sistema de ASR é estimar satisfatoriamente as informações contidas em um sinal de fala. O principal propósito desse sistema é a conversão de um sinal de fala em texto [Ênio Silva 2016].

Um sistema típico de ASR é composto por dois principais blocos de processamento, o *front-end* e o *back-end*. Na etapa de *front-end*, o sinal de entrada é recebido e o processo de extração de vetores de observação, contendo informações codificadas da fala, é efetuado. Na etapa de *back-end*, é realizada a decodificação dos vetores de observação e processada a "busca" das informações linguísticas, por exemplo, fonemas e/ou palavras, contidas no sinal de fala [Yu and Deng 2015]. Especificamente, o bloco referente ao *back-end* é composto pelos blocos de dicionário fonético, modelo acústico, modelo de linguagem (aqui representado por uma gramática) e pelo decodificador, conforme ilustrado na Figura 1.

O *front-end* extrai segmentos do sinal de fala e os parametriza em um vector $\mathbf{o}$ de dimensão L. Supõe-se aqui que T quadros são organizados em uma matriz $\mathbf{O}$, de dimensão

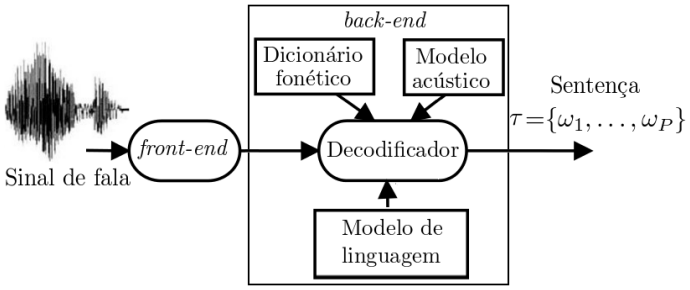


Figure 1. Diagrama de blocos de um sistema de ASR.

$L \times T$, para representar uma sentença. O modelo de linguagem de um sistema de ASR fornece a probabilidade $p(\tau)$ de ocorrer uma sentença $\tau = \{\omega_1, \ldots, \omega_P\}$ de P palavras [Ênio Silva 2016]. Conceitualmente, o decodificador visa encontrar a sentença τ^* que maximize a probabilidade *a posteriori* dada por

$$\tau^* = \arg\max_{\tau} p(\tau|\mathbf{O}) = \arg\max_{\tau} \frac{p(\mathbf{O}|\tau)p(\tau)}{p(\mathbf{O})} \tag{1}$$

onde $p(\mathbf{O}|\tau)$ representa a verossimilhança acústica entre a matriz de observação $\mathbf{O}$ e as palavras da sentença τ. Essa verossimilhança é determinada por um modelo acústico previamente treinado [Ênio Silva 2016], [Huang et al. 2001]. Visto que $p(\mathbf{O})$ não depende de τ, (1) é equivalente a

$$\tau^* = \arg\max_{\tau} p(\mathbf{O}|\tau)p(\tau). \tag{2}$$

Geralmente, os sistemas de ASR usam estruturas de dados, tais como árvores lexicais hierárquicas, quebrando sentenças em palavras e palavras em unidades básicas como fones ou trifones [Huang et al. 2001]. O mapeamento das palavras para as unidades básicas e vice-versa é realizado através de um dicionário fonético. A Tabela 1 apresenta um conjunto de palavras que compõem o dicionário fonético utilizado neste trabalho.

Table 1. Exemplo do Dicionário Fonético Adotado

Palavras	Símbolos Fonéticos						
direita	/dZ/	/i/	/r/	/e/	/j/	/t/	/a/
esquerda	/e/	/s/	/k/	/e/	/R/	/d/	/a/
voltar	/v/	/o/	/w/	/t/	/a/	/X/	

Resumidamente, após o treinamento dos modelos, o ASR na fase de teste usa o *front-end* para converter o sinal de entrada em vetores (discriminativos) de observação e o *back-end* para estimar a sequência de palavras (e/ou fonemas) τ mais compatível ao sinal de entrada $\mathbf{O}$. Neste artigo, os coeficientes cepstrais em escala mel (*mel frequency-cepstral coefficients* - MFCC) [Young et al. 2006] foram adotados para a etapa de *front-end*.

4. Construção de Modelos Matemáticos para o ASR

Em (2), $p(\mathbf{O}|\tau)$ e $p(\tau)$ são determinados a partir dos modelos acústicos (MA) e de linguagem, respectivamente.

4.1. Gramática Adotada no Robô Móvel

Neste trabalho, para a representação do modelo de linguagem $p(\tau)$, adotou-se um modelo não probabilístico, com base em gramáticas livres de contexto (*context-free grammars* - CFG). A escolha pela utilização de CFG se deve ao fato de tais modelos serem adequados para implementações similares às de comando e controle. A Figura 2 ilustra a CFG adotada no robô móvel.

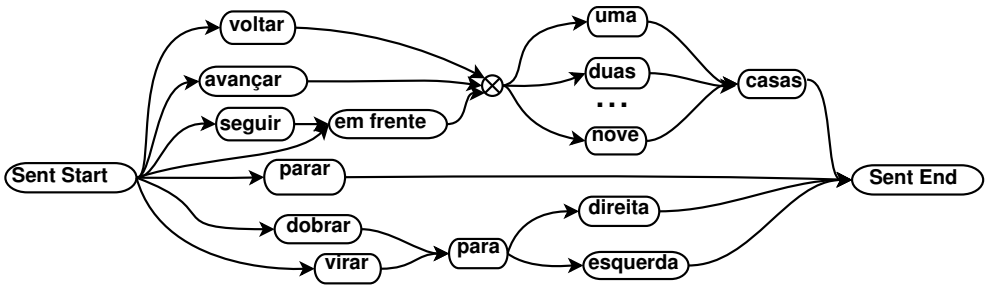


Figure 2. Gramática adotada para o robô.

4.2. Modelagem Acústica

Em resumo, o papel do reconhecedor é efetuar um mapeamento entre as sequências de vetores (MFCC) do sinal de fala e a adequada sequência de símbolos subjacentes. Tais símbolos são modelados matematicamente de forma a assemelharem-se ao máximo de suas representações acústicas. Tipicamente, a modelagem acústica é efetuada através de modelos escondidos de Markov (*hidden Markov models* - HMM) [Young et al. 2006]. Além dos HMM, a função densidade de probabilidade gaussiana é comumente adotada. Nesse contexto, melhores resultados são obtidos quando se utiliza uma combinação de várias funções gaussianas, isto é, quando utilizam-se modelos de misturas de gaussianas (*gaussian mixture models* - GMM) [Young et al. 2006]. Neste trabalho de pesquisa, são utilizados, como modelos matemáticos dos sinais de fala (associados às palavras, fonemas ou trifones[1] [Huang et al. 2001]), os modelos probabilísticos HMM-GMM. A Figura 3 ilustra a representação matemática de um modelo HMM-GMM.

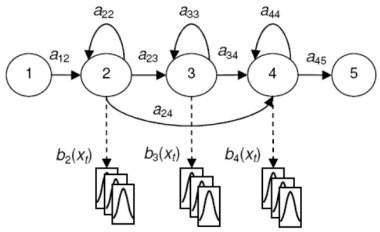


Figure 3. Exemplo de um HMM com GMM.

Formalmente, um HMM consiste dos seguintes parâmetros:

1. **Número de estados (K)**: Os estados são denotados por $S = S_1, S_2, S_3, ..., S_K$ e o estado no instante t por q_t.
2. **Número de símbolos de observação distintos por estado (N)**: Os símbolos de observação correspondem à saída física do sistema sendo modelado, e são denotados por $V = V_1, V_2, V_3, ..., V_N$.
3. **Matriz de distribuição de probabilidades de transição de estados**: $A = a_{ij}$, onde $a_{ij} = P[q_{t+1} = S_j | q_t = S_i]$, $1 \leq i, j \leq K$, isto é, a_{ij} é a probabilidade de transição do estado no tempo $t + 1$ para o estado j, dado que o estado no tempo t tenha sido o estado i.
4. **Matriz distribuição de probabilidades dos símbolos de observação no estado j**: $B = b_j(k)$, onde $b_j(k) = P[V_k, t | q_t = S_j]$, $1 \leq j \leq K$, $1 \leq k \leq N$, isto é, $b_j(k)$ é a probabilidade da ocorrência do símbolo V_k no instante t, dado que nesse

[1]Definie-se trifone como a coarticulação entre um fonema posicionado à esquerda (-), um central e um fonema à direita (+), por exemplo: o trifone $/k - a + s/$ da palavra "**cas**a"

instante o sistema encontra-se no estado S_j. Particularmente, a probabilidade $b_j(k)$ é representada pela função densidade de probabilidade usando GMM.

5. **Matriz distribuição de estado inicial**: $\pi = \pi_j$, onde $\pi_j = [q_1 = p_j]$, $1 \leq j \leq K$, isto é, p_j é a probabilidade de o estado inicial ser o estado j.

Comumente, usa-se a notação $\lambda = (A, B, \pi)$ para referenciar um modelo HMM completo [Young et al. 2006]. Adicionalmente, em sistemas de ASR, são utilizados HMM de 1^a ordem. Os HMM de 1^a ordem possuem duas hipóteses extremamente importantes. A primeira é a hipótese markoviana, isto é, em cada instante de observação t, ocorre uma transição na cadeia, de acordo com a probabilidade de transição, a qual depende somente do estado anterior. A segunda hipótese é a de independência de geração de saída, isto é, a probabilidade de observação de saída depende somente do estado em que se encontra o modelo no instante t.

5. Resultados e Análise de Desempenho

O processo de locomoção do robô é iniciado via um comando de fala emitido por um locutor, obedecendo a CFG apresentada na Seção 4.1. Em seguida, o sinal de fala é recebido pelo bloco de ASR, aqui desenvolvido e implementado em um computador (*desktop*). Após o reconhecimento do comando contido no sinal de fala, uma instrução de locomoção é enviada ao robô. Posteriormente, o robô obtém, por meio de seus sensores de orientação, sua localização em referência a instrução recebida. Então, com a instrução reconhecida pelo sistema de ASR e a localização obtida pelos sensores, o robô inicia sua movimentação. A Figura 4 apresenta o robô controlado por reconhecimento de fala.

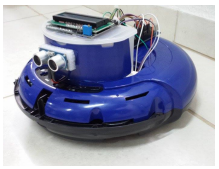


Figure 4. Robô controlado por comandos de fala.

Para que seja possível a obtenção de taxas aceitáveis de erro, o estado da arte de ASR, usando MA baseados em HMM-GMM, necessita de um *corpora* de fala com grande variabilidade acústica. Por essa razão, a disponibilidade de *corpora* é um fator primordial para o desenvolvimento de MA precisos. Um *corpora* típico possui arquivos de fala com as suas transcrições associadas, grande quantidade de textos escritos e um dicionário fonético. Para atender tais requisitos, o desenvolvimento da etapa de ASR utiliza o *corpora* de fala e o dicionário fonético disponibilizados em [Ynoguti and Violaro 2008] e [Neto et al. 2011], respectivamente. E, para o treinamento dos MA com HMM-GMM, utilizou-se o software HTK [Young et al. 2006], conforme as etapas descritas em [Ênio Silva 2016]. Finalmente, para a etapa de decodificação do sinal de fala, utilizou-se o *software Julius*. Abaixo seguem alguns detalhes sobre as configurações utilizadas:

- Comprimento do quadro igual a 20 ms com sobreposição de 10 ms.
- Coeficientes por quadro contendo valores de energia, 12 coeficientes cepstrais em escala mel e suas primeiras e segundas derivadas.
- MA baseado em HMM contínua de 5 estados e topologia esquerda-direita. Modelagem de trifones *cross-word* computados a partir de 38 monofones. GMM com 8 misturas de gaussianas.

6. Conclusão e Comentários Finais

Neste trabalho de pesquisa, um sistema robótico controlado por reconhecimento de fala foi apresentado. Tal sistema foi representado por um robô móvel desenvolvido a partir de uma estrutura mecânica (previamente disponível) e da implantação de um microcontrolador Arduino. Especificamente, a movimentação do robô foi determinada por comandos de fala reconhecidos por um sistema de ASR desenvolvido aqui neste artigo. Visando o incentivo de novos trabalhos de pesquisa na área de processamento de fala, os fundamento teóricos do ASR foram apresentados. Dessa forma, espera-se que a aplicação de sistemas de ASR em robôs móveis auxiliem estudantes no processo de aprendizado de diversas técnicas relacionadas a AI. Finalmente, os resultados de avaliações subjetivas (quanto a execução correta dos comandos de fala) confirmaram um desempenho satisfatório tanto do reconhecimento do sistema de ASR, apresentando taxas de acerto de aproximadamente 90%, quanto na orientação do robô, mantendo sua trajetória em linha reta e garantindo ângulos de rotações precisos.

References

Google (2017). Cloud speech api. visited in june, 2017.

Huang, X., Acero, A., and Hon, H.-W. (2001). *Spoken Language Processing: A Guide to Theory, Algorithm, and System Development*. Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, USA.

Kibler, S. G., Hauer, A. E., Giessel, D. S., Malveaux, C. S., and Raskovic, D. (2011). IEEE micromouse for mechatronics research and education. In *IEEE Int. Conf. on Mechatronics (ICM)*, pages 887 – 892, Istanbul.

Lopez, G., Ramos, D., Rivera, K., del Valle, K., Rodriguez, A., and Rivera, E. I. O. (2015). Micromouse: An autonomous robot vehicle interdisciplinary attraction to education and research. In *Front. in Educ. Conf. (FIE), IEEE*, pages 1–5, El Paso, TX.

Neto, N., Silva, P., Klautau, A., and Trancoso, I. (2011). Free tools and resources for brazilian portuguese speech recognition. *J. of the Brazilian Computer Society*, 17, no. 1:53–68.

Ranieri, C. M., Alves, S. F. R., Silva, I. N., and Filho, H. F. (2014). Navegação assitida de robôs baseada em reconhecimento e síntese de fala. In *Proc. XX Congresso Brasileiro de Automática - CBA*, pages 79–84, Belo Horizonte, MG.

Williams, A. B. (2003). The qualitative impact of using lego mindstorms robots to teach computer engineering. *IEEE Trans. on Education*, 46, no. 1:206–2010.

Ynoguti, C. A. and Violaro, F. (2008). A brazilian portuguese speech database. In *Anais XXXI Simpósio Brasileiro de Telecomunicações (SBrT)*, pages 15–20, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Young, S., Evermann, G., Gales, M., Hain, T., Kershaw, D., Liu, X., Moore, G., Odell, J., Povey, D., Valtchev, V., and Woodland, P. (2006). *The HTK Book for HTK V3.4*. Cambridge University Press, Cambridge, ENG.

Yu, D. and Deng, L. (2015). *Automatic Speech Recognition: A Deep Learning Approach (Signals and Communication Technology)*. Springer, New York, USA.

Ênio Silva (2016). Extensão artificial de largura de banda usando classificação fonética. Master's thesis, Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, SC, Brasil.

Resource allocation through mobile autonomous robots using the LEGO® Mindstorms educational platform

Douglas Vitor do Nascimento[1], Paulo Felipe Leal B. da Cruz[1], Rafael S. Mendonça[2], Iury V. Bessa[3]

[1]Departamento de Engenharia Mecânica – Universidade Federal do Amazonas
Manaus, AM, Brazil

[2]Departamento de Petróleo e Gás – Universidade Federal do Amazonas
Manaus, AM, Brazil

[3]Departamento de Eletricidade – Universidade Federal do Amazonas
Manaus, AM, Brazil

{dougvnascimento,pauloflbcruz,mendoncarms,iurybessa}@ufam.edu.br

Abstract. *This paper presents a proposal about the use of autonomous robots from LEGO® Mindstorms Kit on a resource allocation problem into an indoor field. The project employs robots with four kinds of sensors, three actuators, programming logic, and a mechanical design, all conceived by undergraduate mechanical engineering students from UFAM. During the process of navigation and capture of the resources, the robots communicate with each other through bluetooth connection. The resources must be allocated in sectors and separated by color into an indoor map, which was designed to meet the project's limitations due to the number of sensors and actuators each robot supports. This was developed during a complementary academic education project performed in the College of Technology from Federal University of Amazonas (UFAM).*

1. INTRODUCTION

The development of autonomous robots with abilities such as intelligent reasoning and interaction with the environment in which they are inserted, is an area that has recently attracted the attention of a large number of researchers [1].

There are areas where the ability of a single agent is not sufficient or efficient to perform a task. In some of these cases as patrolling, surveillance, rescue or exploration, the most indicated is the application of multi-robotic systems. Multi-robotic systems are systems where autonomous robots work cooperatively in order to fulfill a mission, and there may be interaction between them or not [1]. A great challenge to the development of such systems is to guarantee flexibility and adaptability to the robots behaviour [2].

Robots are ideal vehicles for testing cognitive theories regarding learning, adaptations, and classification of environmental stimuli. Most robots are built around a central processor in charge of dealing with the motor output and the sensory input. To that end, in 2006 LEGO released a new programmable brick, the LEGO MINDSTORMS NXT. This brick, equipped with four sensor inputs and three motor outputs, has 256 kilobytes of flash memory in which files can be stored. It can run programs compiled for the brick (files ending with the .rxe extension and compiled for this system using LEGO LabVIEW

or third-party compilers such as NBC or NXC). The versatility and low cost of this brick has made it an ideal vehicle for developing robotic projects. Then it evolved to EV3, a newer version.[5]

The robots built with the LEGO® Mindstorms kit can be used to arouse students interest in areas such as robotics and programming. This is something not widespread in the country's educational network, but that would stimulate students in a dynamic way into learning disciplines belonging to several areas. After all, students tend to learn what is taught to them in a way that corresponds to their learning style that each one has or developed over time [3].

Although this learning method stimulates a lot, the majority does not have access to this kind of educational platform. In addition to the technical-scientific concepts, students have the opportunity to know and practice another important concepts like teamwork and group communication, which are essential to the professional network in the current market. The task of exploring an unknown indoor environment continues to be the one with the greatest focus in the searches of autonomous robots [4].

The proposal of this project refers to the use of LEGO® Mindstorms robots, which comes with its sensors, actuators, a controller, joints, gears and beams, all integrated idealizing an intelligent mechanical design of mechanisms (among various possibilities), seeking to adapt in the solution of the problem within an indoor planned scenario and resources to be allocated, with format and colors defined, in order to fulfill the objective of the project respecting the limitations of the robots sensors.

In this article, the main objective is to develop strategies that allow an allocation of resources, and consequently to design mechanisms that act together with the robots' defined programming, considering their actuators and sensors limitations.This project, due to its wide range of multidisciplinary areas and also involving the dissemination of educational tools in robotics in the academic environment, proves its importance and distinction, since it enables the teacher to vary the didactic resources in classes that cover programming, gears, mechanisms and mobile robotics. It is possible to design and build robotic devices through the LEGO® Mindstorms platform, making it innovative in the application of scientific knowledge.

This smart toy, known also as an educational platform, brings the LEGO® toy company to the market bringing innovation and versatility in the Mindstorms kit, along with a variety of mounting combinations, a programmable controller, actuators, and a various set of sensors. Collaborating in the learning of school/college subjects related to robotics in the education network, all this in a dynamic and interesting way to the students, motivating them to learn about the area, engage in projects, bonding with this area that remains in continuous development on a national and global scale.

2. SCENARIO AND PLANNING

For the execution of the allocation task, the robots must attend to certain specifications e requirements. In this project it was defined the robot must obey four specifications, they are as follows:

The first specification determines that during task's execution the robots should avoid a collision with each other and, in an eventual collision, this event should not sig-

nificantly interfere with the allocation task. The second one states that robots carrying a resource should not collide brusquely with other resources. An abrupt collision with a resource in the field may interfere with the overall execution of the allocation task. The third one to be obeyed deals with the possible event in which the robots might try to capture the same resource at the same time. This event must be avoided, because if this happens, the execution of the task will be compromised. The fourth and last specification to be met is that robots must never exceed the boundaries of the field, performing the task of allocation always inside of it.

Three requirements were defined so the task of allocating resources were successfully fulfilled. The first requirement stipulates that the two autonomous mobile robots must work cooperatively, harmoniously, without one robot interfering with the other's execution. The second requirement defines that resources and their quantities should be finite. The third and final requirement estimates that robots should allocate the resources according to the identified color.

The environment for the task of allocating resources was designed and built with the purpose to meet all specifications and requirements determined in this project, see figure 1. The scenario was built of wood, consisted of a rectangular plane area with approximately 5 square meters, bounded by wood bulkheads also. The bulkheads purpose is to stablish a physical barrier to make sure the robots are executing the task inside the field, allowing the use of the robots' touch sensor, removing one of the first problems found in the strategies to the task's execution(how to make the robots stay in the field executing the task), and also assuring them to meet the forth specification.

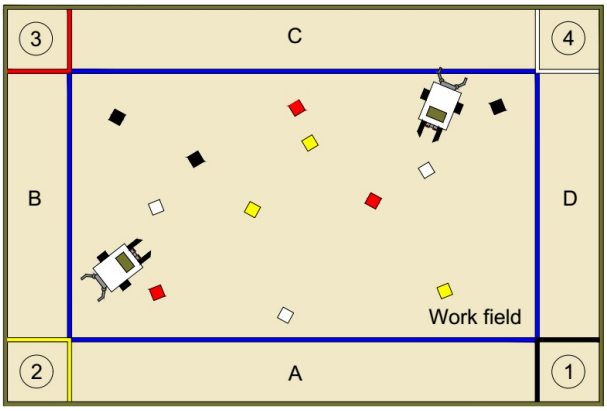


Figure 1. Work field

The scenario is divided into zones and each zone has a specific function. The field of work is the zone bounded by the blue bands. In it, the resources will be randomly arranged and the robots will execute the search, identification, capture, and complete the first part of the transport to one of the zones A, B, C or D. Areas A, B, C and D are corridors where the robots will travel in order to reach the areas destined for the allocation of resources.

In this project, the resources chosen for the allocation task are cubic pieces made of wood with 4 cubic centimeters, which wasn't by accident. The robot's structure plus the positioning of the sensor that recognizes the type of resource captured, allowed only

pieces with such height being ideal. The difference among the types of resource is basically their color, since it was defined previously in the project that it would have 4 types of resource and that each type would have three units arranged randomly in the work field, totaling 12 pieces to be allocated. The cube dimensions were designed so the robots can recognize its presence and the kind of resource found, without mistakes. In the event of robots finding a resource out of the project's pattern, this resource will be considered as an obstacle, and the robot will dodge it.

Therefore, the colors defined for the cubes were: black, yellow, red, and white. In each corner of the scenario, there is a zone delimited by the same colors to differentiate the resource types and identified in figure 1 by 1, 2, 3 and 4.These areas are destined for the allocation of resources, a task which must be performed by the robots according to the color recognized by the color sensor after the capture procedure. This means that the black cubes will be allocated in zone 1, the yellow ones in zone 2, the reds in zone 3 and the whites in zone 4. This zones are pre-defined in the robots' programming and must never let a mistaken allocation of resource happen. When the robots conclude an allocation task, they must return to the field looping their programming until all resources are allocated.

The communication between the robots is done in a "Master-slave" mode. The master captures a resource, recognizes the color and increments the count on the counter. The slave when capturing another resource, also recognize its color and send this information to the master, which increments to the counter again. When the total os resources captured and allocated equals 12, the task is finished. The master-slave hierarchy was defined due to the robots communication in the allocation of resources, as a test intending to use this same communication standard in future projects.

3. STRATEGY AND ALGORITHM

The strategy adopted in this work depends on the robots performing the four basic objectives mentioned previously. According to these objectives, the operating diagram shown in figure 2 2 was implemented in the robots. This guided the physical construction of the robots where the location of their sensors and actuators were chosen, respecting their technical aspects, specifications and the requirements imposed in this work.

Prior to the start of the allocation task execution, the resources are arranged in the work field randomly. After the resources are disposed in the field, the robots are inserted inside the scenario, positioned anywhere in it. The robots are then turned on, running the program, that goes into standby mode, waiting for the operator start command.

The robots programming was done using a master and slave structure. For them to work correctly, it was necessary to implement in their program, codes of communication. The difference between the master robot programming and the slave is that the master will be responsible for receiving the operator start command, communicating right after with the slave so that the two begin the task at the same time. In addition, the master is the one responsible for counting the allocated resources. Thus, when all resources are allocated, the master robot will send a command to the slave robot for both to know that the allocation task was completed.

The robot program was written with lines of code that run in parallel. The two robots have similar programming parts, which are responsible for the control, the execu-

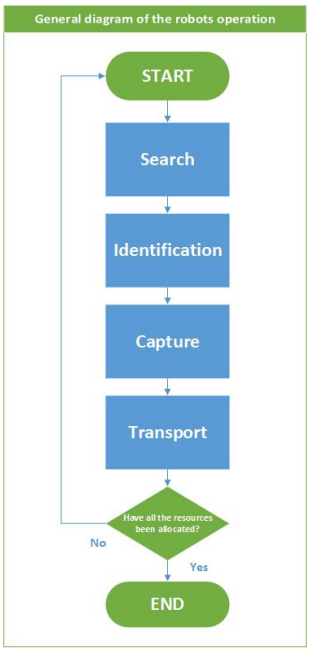


Figure 2. State Machine

tion of four basic objectives and the communication between them. The basic objectives in the communication between the robots is that the master robot commands when the slave must begin and finish its allocation task while counting the general resources allocated. In order to perform these two communication tasks, the robots switches numerical values that are stored in variables in their programming and, according to the programming logic it is determined their behavior/next move.

As can be seen in figure 2, the general diagram of the robots operation is composed by 4 states: search, identification, capture and transport. Robots will repeat these states in sequence until all resources are allocated. Depending on the data sent and received, the robots's behaviours change during the allocation task. A third line of code is responsible for counting allocated resources, working in conjunction with the communication code line and is present only in the master robot program.

4. HARDWARE

For the robots' physical construction the LEGO® Mindstorms educational kit was used. The kit is composed by plastic parts for the assembly of robot structures, a controller, motors and sensors. The robot's physical structure consists of a chassis supporting the controller, sensors, motors, side fairings, the capture mechanism and a front mechanism for collision detection.

In the robots' front structure were assembled the sensors of color, touch, ultrasonic and compass. These sensors were assembled in locations so as to facilitate the execution of the resource allocation task.

The function of the color sensor is to identify the type of resource captured. The color sensor is capable of measuring the color or light intensity of the environment. The touch sensor, mounted on the robot's front mechanism, is used to send a signal to the

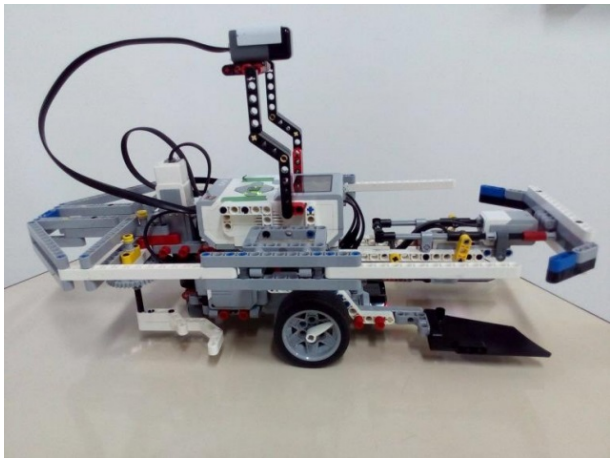


Figure 3. Robot overview

controller, which is interpreted as an information that the robot has hit an obstacle. It is possible to notice in the figure 3 that this mechanism is located above the ultrasonic sensor structure. This mechanism was designed this way so the resources could fit into the lower front structure while the robots are in search mode. Below the front mechanism is the structure that supports the ultrasonic sensor.

This structure was designed so the resources would fit and be front faced with the ultrasonic sensor and this one would be able to determine the distance between the robot and the resource accurately, then sending a signal corresponding to the value of this distance to the controller, thus the program would process this data and send an output signal to the motors causing the robots to be positioned so that the top face of the resource would be centralized with the color sensor reading face, allowing identification of the resource's type.

The last sensor used is a compass sensor. The function of this sensor is to provide a value corresponding to the angle at which the robots are positioned relative to the magnetic north of the earth. This value is sent to the controller and processed by the program for maneuver and location purposes. Three engines are used by the robots: two for their motion and one for their capture mechanism.

The functions of the side fairings is to prevent resource allocation from being compromised in the event of a collision between the robots. In the case of a collision between robots or the scenario bulkheads, there will be no damage to the robots or their structure, because the speed of the robots has been configured in such a way as to prevent accidents causing any serious physical damage and that compromise the execution of the program.

5. PROGRAMMING

The robots programming was realized using the software LEGO® Mindstorms. The program is wrote in the software in a graphic way, using blocks that have specific functions such as: blocks that perform mathematical operations, program flow blocks, communication blocks, program flow blocks, and input and output blocks. To facilitate the construction of the robots program, the main line of the code was divided into four sections

according to the state machine proposed in this project.

5.1. Search

This program state commands the electric motors responsible for the robots motion. This part of the program causes the robots to randomly search the field until they find a resource or an obstacle. At this stage of the allocation task, the only obstacles are the scenario bulkheads and the other robot. When a robot collides with an obstacle, the touch sensor sends a signal to the controller that, according to the program, causes the robot to dodge the obstacle and continue searching for the resource. The front structure of the robot was built in a way that the resource would fit into an exact position through which the robot could detect the resource's proximity through the ultrasonic sensor. When robots detect the presence of the resource, they stop their movement to execute the next section.

5.2. Identification

This state is responsible for the identification of the type of resource found by the robots and is executed in parallel with the code line responsible for the communication between the them. This section of the program registers the type of resource found by the robot, so it can determine the area of allocation of this resource and proceed with its logic. The sensor responsible for the signal sent to the controller that will register the type of resource found in the program is the color sensor. After this registration, a communication between the robots happens that alerts that one of them is about to make the capture of a resource. The communication between robots is done via bluetooth connection, which is embedded in the controller.

5.3. Capture

This state is responsible for maneuvers that will be made by the robot in order to capture the resource. The robot's first maneuver is a short straight reverse movement where the robot leaves the resource free in the work field. The second maneuver is a 90-degree rotation of the robot around its own axis. This rotation can be done both clockwise and counterclockwise, being defined by the angular position of the robot in relation to the magnetic north of the earth. This section of the program reads the value of this relative position through the compass sensor and defines the direction of rotation. The third maneuver is a short reverse movement, straight, in order to approximate the capture mechanism to the resource. In the last maneuver, the code causes the controller to send a command signal to the motor of the capture mechanism for its closing. The mechanism closes, involving the resource and allowing the program to execute the next step of the allocation task.

5.4. Transport

In this step, the robot transports the resource to its allocation area. The transport starts with a rotation of the robot around its own axis pointing its front part to one of the bulkheads. Each bulkhead is related to a cardinal point. The bulkhead(red line, look figure 1) near to transport zone A is to the east, the bulkhead near the transport zone B is to the south, the one near transport zone C is to the west and the bulkhead near transport zone D is to the north.

According to the type of resource captured, the robot goes straight to one of these directions. In case the robot finds a resource while it is transporting another one, the

program tells the robots to make an evasive maneuver without colliding abruptly with the resource found, obeying the second restriction. During this maneuver, the resource will be smoothly moved by the robot.

After the evasive maneuver, the robot proceeds with the transport and continues until reaching a bulkhead. When the robot reaches the bulkhead, it triggers the touch sensor positioned at the front informing the controller that it has reached a bulkhead. The robot then makes a curve maneuver that can be left or right, depending on the type of resource being transported. After the curve, the robot travels straight through zones A, B, C or D to the allocation area.

While one robot is carrying one resource, the other continues to search the field and supposing it finds a resource, it stops its movement and waits for the other robot to finish the allocation in order to avoid possible collisions between them. It is important to emphasize that this stop occurs only if the other robot is already carrying a resource. In the event the robot doesn't find a resource while the other one also realizes the transport process, the search for resources continue.

When the robot arrives at the allocation area, it performs a maneuver to leave the resource within this area through turns and the opening of the capture mechanism. After delivering the resource, the robot will beep warning the operator that the resource has been delivered. After the signal, in case the slave robot has just allocated a resource, it sends a message to the master robot informing that the resource has been allocated, so that the master counter is incremented.

If it is the master robot that has just finished an allocation, it only increments the counting variable. After updating the allocated resource counting, the robot that has just allocated the resource returns to the work field by restarting its allocation program until the counter reaches the number of allocated pieces equals to the total of resources that were initially set in the scenario.

6. OPERATIONAL ANALYSIS

In the practical tests, the mobile autonomous robots successfully performed the task of allocating resources after some adjustments. The greatest difficulties discovered in the tests were errors in the reading of the color sensors and the occurrence of anomalies generated in the magnetic field near the compass sensors by the motors of the robots, which interfered with the precision of the compass sensors direction indication. The error in the color sensors reading has been corrected calibrating their light sensitivities. After this calibration, the problem was satisfactorily bypassed.

In the first tests the compass sensors were positioned close to the robots' motors. This positioning was causing errors in the sensors' course readings, negatively influencing the navigation of the robots as they were transporting the resources across the field. This problem was solved by changing the positioning of the sensors to an area in which the magnetic noise generated by the motors did not interfere with the compass sensors data reading.

After these adjustments, new tests were performed and the robots successfully completed the allocation task. The developed programs ran without errors or crashes. Due to randomness of the resources disposed across the field, the robots did not have an exact

time to fulfill the allocation of all resources. On average, each resource was allocated within the time interval of two to three minutes, but the fulfillment of the general task, allocating the 12 pieces, had the shortest time approximately 12 minutes, and the largest was around 20 minutes.

7. CONCLUSION

This multidisciplinary project aimed at mobile robotics using a didactic platform allowing a strong practical experience for engineering undergraduate students. This project shows that a smart toy can be used as a teaching resource in the current educational system to motivate students into robotics, mechanical design, programming logic and automation in a entertaining and hands-on way.

This work has successfully fulfilled all the proposed objectives and, in particular, disseminated knowledge about the LEGO® Mindstorms educational tool among the students of various engineering areas from the Federal University of Amazonas through the presentation of this work in a seminar and through an exhibition of the system working. This work also allowed the application of several techniques learned through the project such as designing mechanisms, programming and sensorying in autonomous mobile robots and developing strategies for solving seemingly complex problems or with several stages. Also aroused interest in freshmen students in the engineering course, which contributed to new possibilities and new projects to be realized using this educational tool.

References

[1] PESSIN, Gustavo et al. Desenvolvimento de um sistema multi-robótico com controle inteligente aplicado na identificação e combate de incêndios em áreas florestais.IN: OBSERVATÓRIO, 2007

[2] CORREIA, Leandro Coelho. Socialbots: Um mecanismo de aprendizado multiagente para sistemas multi-robôs, III Encontro de Robótica Inteligente, p. 230-239, 2006

[3] WILLIAMS, Andrew B.The qualitative impact of using LEGO® Mindstorms robots to teach computer engineering, IEEE Transactions on Education, v. 46, n.1 p. 206, 2003

[4] LUO, Cai et al. Multi-robot search and rescue team. In: Safety, Security, and Rescue Robotics (SSRR), 2011 IEEE International Symposium on. IEEE, 2011. p. 296-301.

[5] COUSINEAU, Denis. Controlling Robots Built with the LEGO® Mindstorms NXT Brick, The Mathematica Journal, 2013. p.1

Um Experiência de Utilização do Ambiente W-Educ em uma Sala de Aula com Kits de Robótica Distintos

Erika Yanaguibashi[1], Samara Revoredo[1], Francinaldo Almeida[1], Sarah T. de L. Sá[2], Luiz Marcos G. Gonçalves[3]

[1]Escola de Ciências e Tecnologia
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) - Natal, RN ? Brasil

[2]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN)
Natal, RN - Brasil

[3]Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Computação - PPGEEC
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) - Natal, RN ? Brasil

{falmeida,sarah,lmarcos}@dca.ufrn.br

Abstract. *This article presents an experience of concurrent use of more than one robotics kit in a classroom. For this, a methodology of assembly and programming was adopted using the W-Educ environment and its modules that allow the use of several hardware to be performed using only one programming language.*

Resumo. *Este artigo apresenta uma experiência de utilização simultânea de mais de um kit de robótica em uma sala de aula. Para tal foi adotada uma metodologia de montagem e programação fazendo uso do ambiente W-Educ e seus módulos que possibilitam que a utilização de diversos hardwares seja realizada utilizando apenas uma linguagem de programação.*

1. Introdução

Atualmente a sociedade é marcada pelos avanços tecnológicos onde o conhecimento se tornou de fácil acesso nas mais diversas áreas. É importante ressaltar que as inovações estão em todos os campos da sociedade e tem reflexo direto na vida do ser humano e principalmente na sua formação acadêmica e profissional.

A cultura tecnológica em que vivemos nos leva a uma nova modalidade de pensamento, comunicação e de ação que o indivíduo deverá assimilar para responder aos novos desafios. A resposta para estes novos desafios vão exigir novas modalidades de aprendizagem e metodologias.

Por esse motivo vemos que a tecnologia e todos os seus recursos devem estar cada vez mais próxima do ser humano. A familiarização com as novas tecnologias nos faz querer conhecer cada vez mais.

Diante desse contexto e com a introdução das novas tecnologias abordaremos da utilização de mais de um tipo de hardware de robótica em uma aula visa. Este artigo, então, descreve uma experiência de utilização de mais de um kit de robótica educacional em sala de aula fazendo do ambiente de programação W-Educ.

2. Robótica Educacional

A robótica educacional caracteriza-se o uso de kits didáticos(hardwares para robótica), computadores e um ambiente de programação aplicados ao processo de ensino-aprendizagem de matérias técnicas ou não-técnicas(obrigatórias), de uma forma dinâmica para atrair a atenção dos alunos, levando-os a inclusão digital e a aquisição do conhecimento.

Segundo Silva(2010), a robótica pedagógica, como uma inovação tecnológica do século XXI, aparece também como uma?possibilidade de inserção sócio-digital. O fazer pedagógico precisa estar concordância com as necessidades sociais emergentes, uma delas é a urgência na inclusão digital de alunos provenientes de escolas públicas.

O aluno, com a robótica educacional, passa a ter a possibilidade de se tornar um produtor de técnicas e tecnologias que alcançam vários âmbitos da vida social [da Silva 2010].

Por estar presente em muitos aspectos da vida cotidiana, a robótica pedagógica se destaca dentre as demais tecnologias por proporcionar a aprendizagem de uma forma diferente, ampliando habilidades e competências distintas, e mudando as relações entre os professores, alunos e as provas/trabalhos escolares [Zilli 2004].

3. W-Educ

É notória a busca por ferramentas com uma maior versatilidade de hardware e ambientes de programação gratuitos que oferecem suporte para difusão da robótica nas escolas [de Lima Sá 2016].

Com o objetivo de auxiliar o uso da robótica educacional nas escolas, foi utilizado o W-educ: um ambiente de programação Web que utiliza uma linguagem simplificada para robótica, denominada R-Educ e faz a conversão para a linguagem adequada de acordo com o kit robótico utilizado.

Por ser um ambiente web completo, não exige que o computador tenha programas instalados para realizar a programação. Além disso, essa ferramenta também dispõe de professores online para fazer códigos pré-prontos, funções e auxiliar em algoritmos mais complexos.

4. Hardware para Robótica

No mercado estão disponíveis dos mais variados hardwares para robótica, desde os mais robustos aos mais simples, dos mais caros aos mais econômicos, e dos mais didáticos aos mais avançados. Alguns desses kit's são: LEGO NXT, LEGO EV3 e M-BOT.

O kit lego NXT, composto por 431 peças, dentre elas engrenagens, rodas, sensores, motores, entre outros, possui uma comunicação USB com o computador pelo cérebro do robô? e sua programação é baseada em blocos [Diniz and dos Santos 2014]. O kit robótico EV3 é similar ao NXT, porém possui algumas características técnicas superiores, como o processador, por exemplo.

O M-BOT feito pela Makeblock é diferente dos demais kit's robóticos por utilizar uma microcontrolador baseado em Arduino (ATMEGA 328). Esse hardware abrange

conceitos de eletrônica e programação baseada em C porém dispensa a utilização de solda na montagem.

Esses três hardwares para robótica educacional são bastante utilizados pelas escolas por serem os mais didáticos do mercado. Segundo Zilli (2004) os kits da LEGO Mindstorms foram feitos especificamente para possibilitar uma educação moderna e evolutiva, para estudantes com mais de oito anos de idade e com um objetivo mais pedagógico.

5. Experiência de Utilização de Múltiplos Kits de Robótica

A experiência de utilização de múltiplos kits de robótica se deu em oficinas de robótica ministradas para professores da rede pública de ensino. As oficinas foram programadas a fim de contemplar todas as competências necessárias para a boa formação dos professores. Para isso, disponibilizamos uma maior carga horaria do curso de capacitação de professores para as etapas de montagem e programação dos robôs.

Os professores foram divididos em grupos, contendo três ou quatro participantes em cada. Foram formados quatro grupos, dois com três participantes, um com dois participantes e um grupo com quatro integrantes.

5.1. Processo de Montagem

No processo de montagem disponibilizamos três tipos de hardware diferentes:

- LEGO MINDSTORMS EV3;
- LEGO MINDSTORMS NXT;
- M-bot v 1.1.

Dos kits apresentados dois grupos optaram por trabalhar com o LEGO NXT, um grupo com o LEGO EV3 e o outro grupo restante com o M-bot.

Após a divisão dos grupos passamos para a etapa de montagem dos robôs escolhidos. Essa etapa foi mediada por um manual de montagem e o auxílio dos instrutores, onde os professores acompanharam o passo a passo de como cada peça deve ser encaixada. Esse processo requisitou dos professores algumas competências bastante importantes como a concentração, trabalho em equipe, determinação e paciência. A Figura 1 apresenta um grupo no processo de montagem do robô.

5.2. Processo de Programação

O processo de montagem durou a parte da manhã e logo em seguida passamos para a etapa de programação dos robôs. Nessa fase os grupos formados para a montagem permaneceram para a etapa de programação, sempre trabalhando em equipe. Para começar a programar os professores foram capacitados com aulas e exercícios práticos, além de ser apresentado a ferramenta que possibilitará a programação dos três tipos de hardware.

A ferramenta utilizada para a programação de robôs foi o ambiente de desenvolvimento web multiplataforma configurável para aplicações em robótica educacional W-Educ. Desenvolvido por pesquisadores do laboratório Natalnet na Universidade do Rio Grande do Norte, possibilita a programação de qualquer robô programável utilizando a linguagem R-Educ. A linguagem R-Educ por sua vez, permite que os usuários programem em uma linguagem mais simples similar ao português, tornando o processo mais intuitivo e prático.



Figure 1. Processo de Montagem dos Robôs

A utilização do ambiente W-Educ no curso, possibilitou a programação dos três tipos diferentes de hardware sem que fosse necessário ensinar uma nova linguagem de programação aos professores. O que seria uma tarefa um pouco complicada, caso o contrário ocorresse, visto que para cada hardware existe uma linguagem de programação específica. Com isso, ganhamos mais horas de curso com o foco em programação, além de proporcionar aos professores a experiência de trabalhar com três kits de robótica educacional diferentes. Ao iniciar a etapa de programação os professores foram desafiados a executar diferentes tarefas com vários níveis de dificuldade, como podemos observar na Figura 2.

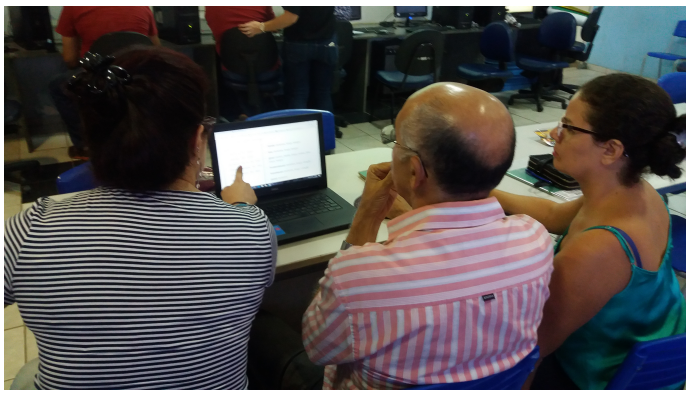


Figure 2. Programação dos Robôs

O período de programação foi a etapa mais complexa do curso, visto que a maioria dos professores nunca programaram ou se quer sabiam o que era uma linguagem de programação. Porem, no decorrer do curso eles foram se familiarizando com a nova metodologia e quebrando as barreiras econtradas ao programarem pela primeira vez.

Para tornar o processo de construção dos códigos mais eficiente contamos com uma equipe de monitores para auxiliá-los nos desafios e proporcionar um melhor desempenho no decorrer do curso. A cada atividade realizada os professores eram ainda mais motivados por saber que o seu trabalho em equipe e os conhecimentos adquiridos estavam obtendo resultados. As atividades propostas aos professores eram divididas em níveis de dificuldade que precisavam ser solucionados para progredir no curso. A tabela

1 representa algumas das atividades propostas aos professores e seus diferentes níveis de dificuldade.

Table 1. Atividades propostas e seus diferentes níveis de dificuldade

Atividade	Nível	Observação
Robô caminhar fazendo um quadrado	1	——
Robô caminhar fazendo um quadrado	2	Utilizar a estrutura de condição IF
Robô caminhar fazendo um quadrado	3	Utilizar a estrutura de repetição WHILE
Robô controle remoto	4	Utilizar as estruturas de condição e repetição
Robô seguidor de linha	5	Utilizar as estruturas de condição e repetição

No decorrer do processo de construção dos códigos os professores foram adquirindo confiança no que estavam fazendo, sempre dispostos a solucionar o novo desafio que viria.

6. Resultados e Experiências

Após finalizar o curso disponibilizamos aos professores um questionário contendo alguns quesitos para avaliação do curso e o progresso da aprendizagem de cada um. Entre alguns quesitos avaliados um deles perguntava a respeito dos hardware utilizados: Q10 - Você julga importante utilizar mais de um tipo de robô em aulas de robótica?. Os resultados foram bastante satisfatórios como podemos observar no gráfico da Figura 3.

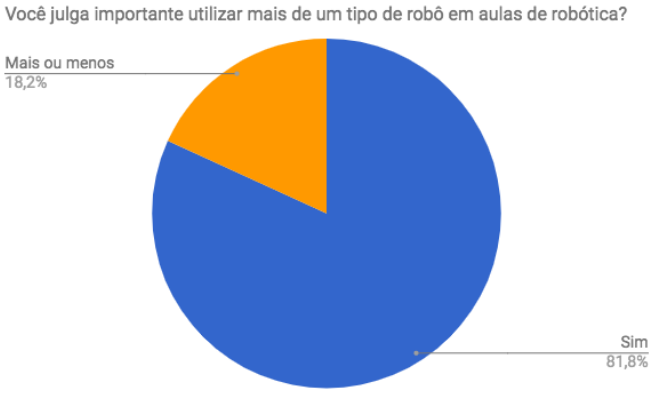


Figure 3. Quesito 10 do Questionário

De acordo com os onze professores que preencheram o questionário, 81,8% alegaram ser importante o uso de mais de um tipo de robô em sala de aula. Esses dados nos mostram a importância de proporcionar experiências aos professores sobre a existência de vários kits de robótica educacional, sem se ater a um único hardware, mas abrir os olhos para a variedade de kits de robótica que temos disponíveis no mercado. Além de conhecer algumas das variedade de hardware, os professores puderam conhecer as suas aplicações, a diferença entre os kits e como cada um pode contribuir para o auxílio em sala de aula.

7. Conclusão

Neste artigo apresentamos uma experiência de utilização de mais de um kit de robótica em sala de aula utilizando uma única ferramenta de desenvolvimento. Os resultados

mostraram que os professores que fizeram parte desta experiência acharam válido utilizar mais de um kit.

Com a utilização da ferramenta W-Educ e variados kits em sala de aula a robótica educacional ganha mais um recurso. Pretendemos disseminar este trabalho com vídeo aulas e manuais para que a experiência relatada possa ser replicada em outras instituições.

References

da Silva, A. A. R. S. (2010). *Robótica e Educaćão: Uma Possibilidade de Inserćão Sócio-Digital*. PhD thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

de Lima Sá, S. T. (2016). *W-Educ: Um Ambiente Web, Completo e Dinâmico para Robótica Educacional*. PhD thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Diniz, R. H. N. and dos Santos, M. S. (2014). A utilizaćão da robótica educacional lego nas aulas de física do 1 ano do ensino médio e suas contribuićões na aprendizagem. In *Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación*.

Zilli, S. (2004). A robótica educacional no ensino fundamental: Perspectivas e práticas. Master's thesis, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, SC.

Escola Itinerante de Robótica e Desenvolvimento de Games: Uma Solução de Baixo Custo para a Educação Básica em Escolas Brasileiras

Anselmo Pestana Ribeiro Costa[1], Cremilda Barreto Couto[2]

[1] Programa de Pós-Graduação em Informática - Núcleo de Computação Eletrônica - Universidade Federal do Rio de Janeiro
20001-970, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

[2]Faculdade Professor Miguel Ângelo da Silva Santos – FeMASS
27943-370, Macaé, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

anselmopestana@ufrj.br, cremildabcouto@gmail.com

Abstract. *This article describes the development and application model of a low cost toolkit capable of providing an educational environment composed of robotics and game development, based on block language, using open source tools, aligned with BNCC, making possible training for teachers and students of public elementary schools, supported by the PBL method. The primary goal is to bring robotics technology and games to elementary and junior high school teachers based on the STEAM model through mobile, low-cost structures.*

Keywords: Educational Robotics, National Common Curricular Base (NCCB), Project-Based Learning (PBL), Science, Mathematics, Engineering and Mathematics + Arts and Design (STEAM).

Resumo. *Este artigo descreve o desenvolvimento e o modelo de aplicação de um conjunto de ferramentas de baixo custo capaz de prover um ambiente educacional composto por robótica e desenvolvimento de games, baseados em linguagem de blocos, com utilização de ferramentas open source, alinhados a [1]BNCC, possibilitando a capacitação de docentes e discentes de escolas públicas de ensino fundamental, apoiado no método [2]PBL. O objetivo principal é levar tecnologia de robótica e games para professores do ensino fundamental e jovens de escolas públicas baseados no modelo [3]STEAM, através de estruturas móveis e de baixo custo.*

[1] Base Nacional Comum Curricular.

[2] Sigla para Aprendizagem baseada em projetos

[3] Sigla para ciência, tecnologia, engenharia e matemática + artes e design.

Palavras chaves: Robótica Educacional, Base Nacional Comum Curricular (BNCC), Aprendizagem Baseada em Projetos (PBL), Ciência, Matemática, Engenharia e matemática + Artes e Design(STEAM).

1. Introdução

Atualmente, a maioria dos alunos faz parte de uma geração que convive cotidianamente e há muito tempo com os avanços tecnológicos nas mais variadas atividades. Porém, nem sempre as escolas públicas oferecem um ambiente, estrutura e metodologias, alinhados com a modernidade. Este sujeito em formação precisa estar apto a criar soluções para a vida em sociedade, para o seu desenvolvimento pessoal, o dos outros e do local onde vive e, ainda, fazer uso inteligente dos recursos tecnológicos que fazem parte de seu dia-a-dia (PAPERT, 1985), outros estudiosos da área se debruçam na temática, especificamente com a introdução da robótica na educação com práticas construcionistas, como (MOREIRA, CAVALCANTE E MEIRELES, 2017).

O construcionismo (PAPERT, 1994) enfatiza o contato direto do aluno com o concreto. Manipular, interagir, errar, superar os erros por meio da interação com os objetos em uso, com o colega ou por meio da mediação feita pelo professor. O papel do professor na proposta construcionista é definido como um mediador, facilitador, provocador de situações, ambientes de aprendizagem, onde o aluno constrói seu conhecimento através da ação sobre coisas concretas. Cabe ao educador favorecer o aprendizado do aluno promovendo situações onde o educando possa construir sua aprendizagem.

Nos últimos anos, a robótica vem sendo introduzida na educação escolar em todos os segmentos, seja como uma atividade de aprendizagem interdisciplinar, baseada em projetos ou como uma atividade de aprendizagem focada em disciplinas escolares, como Ciência, Matemática, Informática e Tecnologia. O uso da robótica na educação garante um ambiente de aprendizagem que permite que os alunos controlem o comportamento de um modelo tangível por meio de um ambiente virtual, que os envolvem ativamente na resolução de problemas e incentiva-os a realizar experiências e criar seus próprios artefatos programáveis (RESNICK, 1996).

Atualmente é crescente o uso de novas tecnologias para auxiliar o processo de ensino e aprendizagem. Neste contexto, a robótica educacional e o desenvolvimento de games aliados aos modelos de construção através de blocos, que dispensa o conhecimento e utilização de linguagem computacional, têm mostrado notáveis progressos em uma diversidade de ambientes educacionais. Apesar da utilidade e da versatilidade dessas ferramentas educacionais ainda não são utilizadas em larga escala em nosso país, principalmente pelo custo elevado, falta de capacitação docente e a falta de acesso às tecnologias.

A falta de uma política adequada de distribuição de recursos tecnológicos, capacitação docente, modelo educacional interdisciplinar e uso de tecnologias

em escolas públicas, aliados ao alto custo de kits tecnológicos educacionais disponíveis no mercado, inviabiliza, nos moldes atuais, o processo de inclusão de tecnologias que poderiam facilitar o desenvolvimento pessoal, através de um modelo de aprendizagem Baseada em Projetos BPL, embarcados em um movimento que vem crescendo de/no mundo denominado STEAM. Até porque o modelo de escola pública oferecida aos jovens atualmente, não condiz com as vivências tecnológicas por eles experimentadas em outros lugares que transita. O formato de escola brasileiro está aquém da curiosidade e possibilidade dos estudantes e essa estratégia contribuiria em muito com as ausências nela observadas.

Diante disto, este artigo tem como objetivo a apresentação de uma proposta de desenvolvimento de uma solução de baixo custo, com utilização de hardware e software livre visando implementar a robótica educacional e a prática de desenvolvimento de games através de ferramentas de blocos em escolas brasileiras de forma itinerante, a partir de uma “nova” perspectiva de aprendizagem.

2. Aprendizagem baseada em projetos (PBL)

A Aprendizagem Baseada em Projetos é uma abordagem abrangente de ensino e aprendizagem que envolve os aprendizes em pesquisas sustentadas e cooperativas (BRANSFORD & STEIN, 1993).

Os projetos se concentram na criação de um produto ou desempenho e geralmente convidam os alunos a escolher e organizar suas atividades, realizar pesquisas e sintetizar informações. De acordo com a pesquisa atual (THOMAS, MERGENDOLLER E MICHAELSON, 1999; BROWN & CAMPIONE, 1994), os projetos são tarefas complexas, baseadas em questões desafiadoras que servem para organizar e dirigir atividades, o que, em conjunto, equivale a um projeto significativo. Eles dão aos alunos a oportunidade de trabalhar de forma relativamente autônoma durante longos períodos de tempo e culminam em produtos realistas.

Os ambientes PBL envolvem tarefas autênticas de avaliação, suporte de professores, mas não direção, trabalho colaborativo e reflexão a nível individual e de grupo (HAN e BHATTACHARYA, 2001). Este formato de trabalho pedagógico favorece a construção de um ambiente coletivo não só para os alunos, mas também para os professores, tendo em vista a ampliação da concepção de produção de conhecimento, anteriormente oriunda de disciplinas independentes e agora como resultado do diálogo com outras. Assim, a perspectiva em torno do planejamento, do currículo, da metodologia em sala de aula e formação do professor muda, pois o lugar de centralidade não é mais do professor, nem mesmo do aluno, mas do conhecimento gerado na interação do aluno com o ambiente e da mediação do professor neste processo.

3. STEAM

Um movimento que vem angariando muito adeptos no mundo todo e está relacionado a esta temática é chamado STEAM - sigla para ciência,

tecnologia, engenharia e matemática + artes e design. Este movimento que é liderado pelo pesquisador John Maeda e pela Rhode Island School of Design (RISD) propõe a integração de arte e design na educação de ciência, tecnologia, engenharia e matemática para a produção de pensamento critico e de inovação. Eles explicam que, por um lado artistas e cientistas fazem “grandes perguntas” e por outro, designers e engenheiros fornecem soluções inspiradas. De acordo com eles, “arte e design estão prontos para transformar nossa economia no século 21 como a ciência e tecnologia fizeram no século passado” (STEAM, 2012).

Em uma sociedade caracterizada por constantes mudanças, conectividade e rápida velocidade de circulação da informação, a escola básica rediscute o seu papel na formação dos estudantes, uma vez que, compreende o conhecimento de forma compartimentada significa representar a realidade em fragmentos. Valsiner (1991) enfatiza que as sociedades e os seres humanos devem ser entendidos como “sistemas complexos constantemente submetidos a processos de desenvolvimento”, que ao recriarem a cultura, geram mudanças no conhecer, no comunicar e no integrar. A organização tradicional do conhecimento em sequências rígidas e ordenadas em disciplinas não incorpora as interações que possibilitam as relações de aprendizagem (HERNANDEZ e VENTURA, 1998), conduzindo à formação exclusiva de capacidades cognoscitivas e à visão “reducionista das múltiplas dimensões que intervêm nas situações educativas” (ZABALA, 2009).

Diferentemente, o enfoque globalizador do conhecimento propõe a organização dos conteúdos de modo interligado, ressignificando a aprendizagem, seus ambientes e os papéis dos sujeitos que o constituem, já que estes passam a atuar sobre o processo e também sobre os resultados. A ideia de um currículo que pense os conteúdos entrelaçados, como em uma metáfora de rede ou mesmo de uma teia, leva a construção de uma educação coerente com os avanços tecnológicos do século XXI. Nesse contexto, a escola comprometida com os processos de desenvolvimento busca integrar o conhecimento científico e alcançar a compreensão mais completa da realidade (OLIVEIRA, 2005). Inspirado pelo movimento Maker e incorporando saberes de Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática, o STEAM (do inglês, Science, Technology, Engineering, Arts and Maths) é apresentado como uma proposta de ensino globalizador, baseado em projetos, que, a partir de problemas reais, relaciona os conteúdos disciplinares para que, integrados à estrutura de conhecimento do indivíduo, assumam significado em uma situação concreta.

A construção e a implementação da proposta STEAM como parte da educação básica é um desafio que representa, dentre outras, mudanças na concepção do currículo escolar e, merece estudo com suporte teórico robusto.

3. Construção de Ambiente Computacional de Baixo Custo

A proposta de construção de um ambiente educacional baseia-se na utilização de estruturas de hardware de baixo custo, com tecnologia [4]raspberry controladas por software livre, sistema operacional [5]Raspian e ferramentas de programação livres como: [6]IDE Arduino, [7]Scratch, [8]DuinoBlocksforKids, [9]Blockly Games, [10]Fritizing e outros que se façam necessários, baseado nas necessidades específicas do público atendido.

Servidor WEB local construído e implementado através de software livre dispensando o uso de acesso a internet para projetos de robótica, programação e games e access point (rede sem fio) não necessitando estrutura física de rede.

3.1. O Kit Educacional

O Kit educacional conforme demonstrado na Figura 1 é composto de todos os recursos necessários para o desenvolvimento de games através de linguagem de blocos e realização de experimentos de robótica de forma modular e substituível, desenvolvidos em placas, visando atender todos os anos do ensino fundamental de escolas Brasileiras.

A forma modular e substituível, refere-se à possibilidade de substituição do painel de experimentos que compõe o Kit (Figura 1), o qual poderá representar diversas atividades de robótica. Parte destes experimentos foram desenvolvidos por discentes do Curso de Graduação e aplicados em oficinas internas com um público específico de alunos de ensino fundamental e médio de diversos anos, sendo verificada a aceitação do método aplicado em comparação com o método tradicional de ensino, fazendo com que os alunos deixassem de ser apenas espectadores, passando à condição de coadjuvantes do seu próprio aprendizado.

Além da possibilidade de manipulação de experimento representado no painel do Kit Educacional previamente desenvolvidos pelos discentes de graduação,

---

[4] Raspberry Pi é um computador de baixo custo e que tem o tamanho de um cartão de crédito desenvolvido no Reino Unido pela Fundação Raspberry Pi.

[5] Raspbian OS é uma distribuição Linux criada para rodar nos Raspberry Pi.

[6] Arduino IDE é uma aplicação multiplataforma escrita em Java derivada dos projetos Processing e Wiring.

[7] Linguagem de blocos desenvolvida pelo MIT.

[8] Linguagem de blocos voltada para anos iniciais do ensino fundamental, desenvolvida pela Equipe do PPGI – UFRJ.

[9] Blockly Games é uma série de jogos educativos que ensinam programação. É projetado para crianças que não tiveram experiência prévia com a programação de computadores.

[10] software open source para ajudar a modelar circuitos usando arduino, raspbery pi.

o aluno poderá desenvolver novas atividades através de conexão com a [11]*protoboard* (Figura 1) e a placa Arduino.

A construção em maletas gera um caráter itinerante que permite a divisão do investimento em microrregiões, reduzindo significativamente os custos de aquisição e manutenção dos kits. O conceito de utilização de software livre elimina o custo de aquisição de software.

O modelo PBL em consonância com o movimento STEAM, aliados a BNCC, possibilitarão a criação de games e protótipos robóticos que servirão de modelo, disseminando a tecnologia, integrando discentes de graduação com alunos da educação básica.



Figura 1: Protótipo de Kit Educacional.

5. Modelo de Atividades Educacionais

Nesse projeto os alunos das escolas públicas terão contato direto com computadores de baixo custo, criados com tecnologia raspberry e robótica utilizando tecnologia Arduino e ferramentas de desenvolvimento de games com programação em blocos, onde serão estimulados a buscarem conhecimento por meio da resolução de problemas.

Dessa forma, serão propostas situações que incentive os alunos e professores das escolas da rede pública a desenvolverem conhecimento através da robótica e criação de games, preferencialmente de forma interdisciplinar.

Como modelo de atividades Educacionais pode-se citar a aplicação da metodologia destinada ao ensino fundamental com ênfase na produção do conhecimento, na qual a proposta baseia-se na introdução de modelos articulados com as disciplinas curriculares, para na sequência cada aluno construir o seu próprio protótipo e games que comporão o kit educacional.

6. Ferramentas Livres Aplicadas ao Projeto

6.1 IDE Arduino

Arduino, é uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre e de placa única, projetada com um micro controlador [12]Atmel AVR com suporte de

[11] Uma placa de ensaio ou matriz de contato, é uma placa com furos e conexões condutoras para montagem de circuitos elétricos experimentais.

entrada/saída embutido, uma linguagem de programação padrão, a qual tem origem em [13]Wiring, e é essencialmente [14]C/C++. O objetivo do projeto é criar ferramentas que são acessíveis, com baixo custo, flexíveis e fáceis de usar por artistas e amadores. Principalmente para aqueles que não teriam alcance aos controladores mais sofisticados e de ferramentas mais complicadas.

Tal plataforma pode ser usada para o desenvolvimento de objetos interativos independentes, ou ainda para ser conectada a um computador hospedeiro. Uma típica placa Arduino é composta por um controlador, algumas linhas de E/S digital e analógica, além de uma interface serial ou USB para interligar-se ao hospedeiro, que é usado para programá-la e interagi-la em tempo real.

A interface do hospedeiro é simples, conforme demonstrado na Figura 2, e possibilita a escrita em várias linguagens. A mais popular é a [15]Processing.

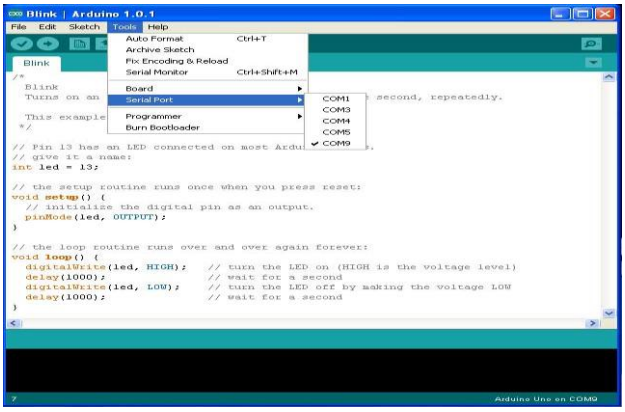


Figura 2: Ambiente de Desenvolvimento Arduino

6.2 DuinoBlocksForKids

O Software DB4K é um Ambiente de Programação Visual em Blocos para plataforma de prototipagem eletrônica Arduino (Figura 3), desenvolvido pelo PPGI por Queiroz, Rubens Lacerda (2017), utilizando Tecnologia Livre e materiais de baixo custo para o exercício do Pensamento Computacional no Ensino Fundamental I por meio do aprendizado de programação aliado à Robótica Educacional, O ambiente desenvolvido é composto por uma proposta metodológica, uma série de atividades e um conjunto de materiais de robótica que serão incorporados ao Kit Educacional proposto.

---

[12] AVR é um micro controlador RISC de chip único com uma arquitetura Harvard modificada de 8-bit (µC), desenvolvido pela Atmel em 1996.

[13] Wiring é uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre composta por uma linguagem de programação, um ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) e um microcontrolador de placa única.

[14] Linguagem de programação de nivel médio, imperativa, orientada a objetos e genérica de uso geral.

[15] Processing é uma linguagem de programação de código aberto e ambiente de desenvolvimento integrado (IDE), construído para as artes eletrônicas e comunidades de projetos visuais.

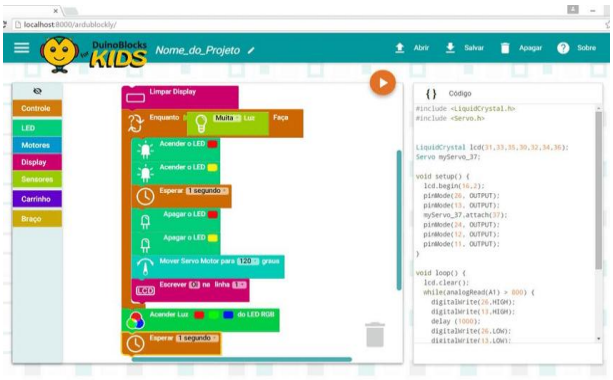


Figura 3: Ambiente de desenvolvimento DuinoBlocksForKids

6.3 Fritzing

O Fritzing é um software de código aberto no qual você pode desenhar seus circuitos em dois modos: esquemático (Figura 4) e protoboard, podendo até rotear trilhas para fazer uma placa de circuito impresso (PCB – *printed circuit board*). O software é completamente intuitivo, fácil de obter e instalar.

É importante observar que o Fritzing não é um simulador, o seu objetivo é disponibilizar uma interface para criação do desenho dos circuitos.

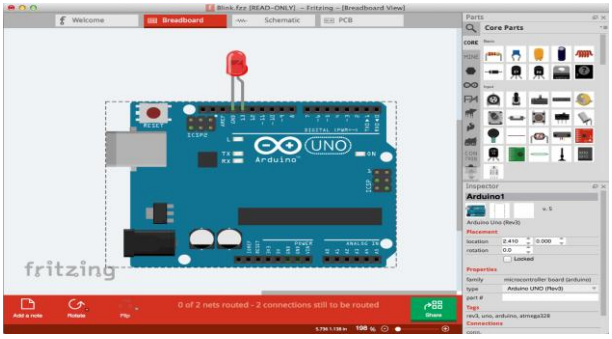


Figura 4: Ambiente Fritzing em modo esquemático

6.4 Scratch

O software Scratch foi desenvolvido por uma equipe do MIT e tem como objetivo “introduzir noções de linguagem de programação como uma primeira experiência. Além disso, ele pretende facilitar a introdução de conceitos de STEAM, instigando o pensamento criativo, o raciocínio sistemático e o trabalho colaborativo.” WEBBER (2016, p.3).

Além de proporcionar recursos básicos para realizar operações matemáticas, manipulação das coordenadas cartesianas, construções de figuras geométricas, raciocínio lógico e movimento de objetos/scripts. Também permite o desenvolvimento da criatividade, construções de programas que coordenam ao mesmo tempo textos, animações e gráficos, possibilitando o compartilhamento de suas construções na web (VENTORINI, 2014).

Assim ele estimula à atenção para a realização das atividades de forma lógica. Com isso torna-se possível a integração deste software com os modelos PBL e

STEAM. Atualmente, acredita-se que é um software que pode ser utilizado por todas as faixas etárias, pois, não exige conhecimentos prévios de linguagem de programação.

Para ser possível a implementação do software nesta proposta educacional, optou-se pela versão *off-line* do game, conforme ilustrado na figura 5. De modo a propagar as atividades realizadas no software é possível a integração dos games desenvolvidos, com a versão *on-line,* possibilitando o compartilhamento com outras unidades educacionais, tanto públicas quanto privadas.



Figura 5: Ambiente de desenvolvimento Scratch – modo *off-line*

7. Considerações Finais

Este projeto encontra-se em processo de implantação em escolas de ensino fundamental nos Municípios de Macaé e Rio das Ostras, no Estado do Rio de Janeiro, onde o desenvolvimento dos Kits e a elaboração das metodologias educacionais contam com a participação de docentes e discentes de Engenharia e educação da Cidade Universitária de Macaé.

Foram construídos dez kit´s educacionais (Figura 1) que poderão atender até vinte alunos por aula. Alunos de Graduação em matemática construíram games com utilização da ferramenta scratch, alinhados aos modelos educacionais preconizados na BNCC para todos os anos do ensino fundamental que servirão como modelo e poderão ser adaptados. Alunos de escolas municipais técnicas, de ensino médio regular e fundamental, foram convidados e auxiliaram docentes e discentes de graduação na construção de vinte placas de prototipação que servirão como modelo e base para implantação de conceitos de robótica.

Alunos do centro universitário integrantes do projeto em conjunto com docentes de graduação e com participação de docentes de escolas municipais desenvolvem o conteúdo que será sugerido como roteiro inicial na introdução do projeto nas salas de aula do ensino fundamental. A ideia de roteiro inicial sugerido serve como norte na condução das atividades educacionais, podendo sofrer mudanças de acordo com as habilidades e competências do público atendido.

7. Referências

BRANSFORD, J.D., Stein, B.S. (1993): The Ideal Problem Solver (2nd Ed). New York: Free-man.

DEMO, P. Educar pela Pesquisa, 3ª ed. Campinas, São Paulo: Autores Associados, 1998.

HAN, S., BHATTACHARYA, K. (2001): Constructionism, Learning by Design, and Project-based Learning. Disponível em http://epltt.coe.uga.edu/index.php?title=Constructionism%2C_Learning_by_Design%2C_and_Project_Based_Learning acessado em 05 de junho de 2017.

HERNÁNDEZ, F. & VENTURA, M. A organização do currículo por projetos de trabalho: o conhecimento é um caleidoscópio. Porto Alegre: ArtMed, 1998.MORIN, E. O problema epistemológico da complexidade. Lisboa: Publicações Europa-América. 1996.

PAPERT, S. A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.

PAPERT, S. Construcionismo, logo, computadores e educação. São Paulo: Brasiliense, 1985.

QUEIROZ, R. L. DuinoBlocks4Kids : utilizando Tecnologia Livre e materiais de baixo custo para o exercício do Pensamento Computacional no Ensino Fundamental I por meio do aprendizado de programação aliado à Robótica Educacional. Rio de Janeiro, PPGI-UFRJ, 2017.

MOREIRA, L R., CAVALCANTE F. L. L., MEIRELES A. M. R. Tecnologias educacionais: um cenário para uma prática pedagógica Inovadora – Revista Expressão Católica, PCRS, 2017.

RESNICK,M., Martin, F.G., Sargent, R., Silverman, B. (1996): Programmable bricks: Toys to think with. IBM Systems Journal, 35 (3&4), 443-452.

THOMAS, J. W., MERGENDOLLER, J.R., MICHAELSON, A. (1999): Project-based learning: A hand-book for middle and high school teachers. Novato, CA: The Buck Institute for Education.

VAN DER VEER, R.; VALSINER, J. Vygotsky: uma síntese. São Paulo: Loyola, 1991.

VENTORINI, André Eduardo; FIOREZE, Leandra Anversa. O software scratch: uma contribuição para o ensino e a aprendizagem da matemática. Escola de Inverso de Educação matemática. 2014. Anais. IV EIEMAT. Disponível em: http://w3.ufsm.br/ceem/eiemat/Anais/arquivos/ed_4/MC/MC_Venturine_Andre.pdf. Acesso em 02 junho 2017.

WEBBER, C. G. Reflexões sobre o software scratch no ensino de Ciências e matemática. CINTED-UFRGS, 2016.

ZABALA, A. Os enfoques didáticos. In: COLL, C. et al, O construtivismo na sala de aula. 6ª ed. São Paulo: Ática, 2009.

Inteligência Artificial Aplicada em Robôs Autônomos para a Solução de Labirintos Dinâmicos

Ênio dos Santos Silva[1], **Douglas Hemkemaier**[1]

[1]Laboratório de Instrumentação e Controle - LABICON
Coordenação de Engenharia de Controle e Automação
Instituto Federal de Santa Catarina - IFSC
Chapecó, Santa Catarina, Brasil

enio.silva@ifsc.edu.br, douglas_hemkemaier@hotmail.com

Abstract. *This research paper presents the development of an artificial intelligence (AI) system applied to the navigation of autonomous robots. Particularly, here the AI system is represented by the reinforcement learning (RL) technique applied to the solving of dynamic mazes. The approach of different research areas such as AI, signal processing and control and automation, allows the investigation of major issues of engineering. In this context, this work provides a RL framework in robotics. The results obtained through the RL strategies, allow to infer about the quality of the implemented AI system and prove the effectiveness of the framework developed in this article.*

Resumo. *Este trabalho, apresenta o desenvolvimento de um sistema de inteligência artificial (IA) aplicado na navegação de robôs autônomos. Particularmente, o sistema de IA, aqui desenvolvido, é representado pela técnica de aprendizado por reforço (AR) aplicada para a solução de labirintos dinâmicos. A abordagem de diferentes áreas de pesquisa, como IA, processamento de sinais e controle e automação, permite a investigação de importantes temas da engenharia. Nesse contexto, este trabalho disponibiliza um framework de AR em robótica. Os resultados obtidos através das estratégias de AR, permitem inferir acerca da qualidade dos sistema de IA implementado e comprovam a eficácia do framework desenvolvido neste artigo.*

1. Introdução

Em [Russell 2014], defini-se inteligência artificial (IA) como o conjunto de instruções inseridas em uma máquina (também nomeada de agente) a fim de transmitir alguma habilidade que simule a inteligência humana. Para a área da robótica, a IA consiste na investigação de agentes (inteligentes) que recebem sinais de percepção de um ambiente e executam determinadas ações de acordo com o sinal recebido, isto é, implementam funções que mapeiam sequências de percepções em ações [Silva and Silva 2016]. A aplicação de IA em robôs móveis é uma das áreas de grande destaque na robótica [Sakib et al. 2014]. Dentre as diversas aplicações disponíveis na literatura, encontram-se os robôs de resgate[1], cujo objetivo é encontrar a vítima e identificar sua localização em meio a uma estrutura que simula um ambiente de desabamento.

Um problema semelhante, ao encontrado com robôs de resgates, é a solução de labirintos, considerado como um problema clássico quando se trata de robótica móvel. Segundo [Coppin 2004], quando pessoas entram em labirintos, o mais comum é vagarem randomicamente em busca da saída, o que normalmente resulta em locomoverem-se em círculos. Uma possível solução para o problema do labirintos, é a "técnica da mão esquerda", na qual a pessoa desloca-se mantendo a parede à esquerda como referência [Russell 2014]. Evidentemente, a aplicação da "técnica da mão esquerda" apresenta maior eficiência quando comparada à

[1]modalidade presente em competições da *RoboCup Rescue Robot League* (http://www.robocup.org/)

locomoção randômica. No entanto, ambas as soluções não utilizam, como referência, quaisquer informações adicionais de localização no labirinto durante o trajeto do agente até o destino desejado. Na literatura, a solução de labirintos pode ser obtida através de técnicas associadas à solução de problemas denominados *grid world* e de caminho mais curto [Russell 2014], [Gupta and Sehgal 2014]. Nesse contexto, podem ser usadas as seguintes técnicas de IA: aprendizado por reforço (AR), programação dinâmica, redes neurais, algoritmos genéticos, entre outras [Sakib et al. 2014], [Gupta and Sehgal 2014], [Tijsma et al. 2016]. Particularmente, a busca por soluções inteligentes para o problema do labirinto ainda é um tópico ativo do estado da arte.

Neste trabalho de pesquisa, a aplicação de IA usando simulações de robôs autônomos é investigada. Especificamente, adota-se aqui a simulação de labirintos dinâmicos como ponto de partida para as investigações de técnicas de IA. Nesse contexto, uma estratégia usando AR é utilizada com base na experiência adquirida pelo robô a cada época de exploração em um dado labirinto. Assim, a solução ótima é obtida através do aprendizado do melhor caminho.

Espera-se com este trabalho, incentivar e fomentar as pesquisas sobre IA aplicadas em sistemas robóticos, facilitando as atividades dos que desejam atuar em IA, mas que atualmente devem vencer diversas barreiras para a configuração de um sistema básico. Acredita-se que, a partir deste trabalho de pesquisa, os estudantes sejam incentivados a projetar e construir robôs com habilidades de interação com o ambiente ao qual estão inseridos.

2. Robôs Autônomos

O desenvolvimento de um robô autônomo pode ser dividido em três estágios: percepção, planejamento e locomoção. No estágio de percepção, é realizada a coleta de informações através de sensores. Essas informações representam o ambiente externo que cerca o robô e são fundamentais para a sua orientação. No estágio de planejamento, os dados adquiridos são utilizados como parâmetros de referência para a realização do mapeamento do ambiente e da definição da ação a ser tomada. No terceiro estágio, o de locomoção, realiza-se a movimentação determinada no estágio de planejamento. Posteriormente, o ciclo retorna ao primeiro estágio, atualizando os dados adquiridos nas iterações anteriores [Silva and Silva 2016].

O objetivo fundamental de um robô autônomo é ser capaz de construir um mapa e usá-lo para localizar-se no ambiente ao qual está inserido. Tal objetivo é comumente denotado como localização e mapeamento simultâneos (*simultaneous localization and mapping* - SLAM). Um problema adicional importante é determinar se o robô está em uma parte do ambiente já armazenada ou nunca visitada. Nesse contexto, as estratégias determinísticas, como a navegação randômica e a "técnica da mão esquerda", não satisfazem os problemas de SLAM. Para contornar tal situação, faz-se necessário um planejamento aprimorado das trajetórias realizadas pelo robô, permitindo que o robô alcance o seu objetivo de maneira eficaz e eficiente.

De fato, a solução de labirintos pode ser obtida através de técnicas determinísticas, onde uma heurística predefinida conduz a locomoção do robô. Tal estratégia apenas obedece as instruções de uma programação estática (inflexível). No entanto, neste artigo, as técnicas de IA são utilizadas no estágio de planejamento de um robô autônomo. Dessa maneira, os robôs agem de acordo com as previsões provenientes do conhecimento adquirido do ambiente ao qual estão inseridos, sem nenhum conhecimento *à priori*. Particularmente, em IA o agente nem sempre parte de um objetivo conhecido e sequer conhece o ambiente ao qual está inserido, ele apenas interage e aprende com esse ambiente ao longo de suas experiências "vividas" (épocas). Em [Coppin 2004], o aprendizado sempre tem a ver com o autoaprimoramento do comportamento futuro, baseado em experiências passadas.

A ideia de que podemos aprender através da interação com o meio ao qual estamos

inseridos, é provavelmente a primeira ideia em mente quando pensamos sobre a natureza do aprendizado. Quando uma criança brinca, explorando o ambiante que a cerca, não há explicitamente um professor para ensinar-lhe como reagir ao ambiente, mas há uma conexão motora-sensorial direta com esse ambiente. Experimentar essa conexão (ligação) produz uma riqueza de informações importante sobre causa e efeito, sobre as consequências das ações, e sobre o que fazer, a fim de alcançar certos objetivos. Ao longo de nossas vidas, tais interações são, sem dúvida, uma fonte importante de conhecimento sobre o nosso ambiente e sobre nós mesmos. Aprender com a interação é uma ideia fundamental subjacente a quase todas as teorias de aprendizagem e inteligência [Sutton and Barto 1998].

3. Aprendizado por Reforço

Para a solução do problema de planejamento e SLAM, dois conceitos importantes são utilizados, a memória e o processo de decisão de Markov (PDM) [Sutton and Barto 1998]. A memória associa, essencialmente, as tentativas de solução do problema realizadas previamente, sendo elas falhas ou corretas. Assim, em processos futuros, ela pode ser utilizada para a solução de problemas similares, baseando-se ou não em um modelo estimado (a cada época) do ambiente.

Particularmente, a utilização ou não de um modelo $\hat{\mathrm{M}}$ estimado do ambiente é denominada *model-based* e *model-free*, respectivamente. Em ambos os casos, nenhum conhecimento *à priori* sobre o modelo é disponível. Dessa forma, o método *model-based* estima explicitamente o modelo a partir da experiência do agente usando algoritmos de programação dinâmica [Sutton and Barto 1998]. Já o método *model-free* "aprende" a solução diretamente do ambiente (sem a necessidade de $\hat{\mathrm{M}}$), requerendo um custo computacional menor comparado ao método *based-model*, todavia podendo resultar em um aprendizado mais lento.

Considerando a estrutura de um labirinto, os obstáculos (paredes) e os corredores (espaços livres) são associados ao modelo real M do ambiente. Cada posição ("célula" do labirinto) é definida como um estado s possível e as ações a são definidas como a decisão do agente sobre qual será o seu estado futuro s_{t+1} (posição futura).

Para a solução do cenário supracitado, contendo estados finitos e múltiplas ações, adota-se o conceito de PDM. Particularmente, a estratégia de aprendizado por reforço (AR) é formalmente descrita por um PDM. Assumi-se que um processo estocástico Y é considerado *Markoviano* se, e somente se, $P(Y_{t+1}|Y_t = i, Y_{t-1} = k_{t-1}, ..., Y_1 = k_1, Y_0 = k_0) = P(Y_{t+1} = j|Y_t = i)$, sendo o estado atual s_t estatisticamente suficiente para a estimação do estado futuro s_{t+1}.

No labirinto, cada estado s é considerado uma posição diferente do robô. E, em cada estado s é associado um valor de recompensa r que é diretamente relacionado com a obtenção do objetivo final do robô (que nesse caso é encontrar a saída do labirinto). Portanto, um PDM é um processo de recompensa de *Markov* dependente de decisões. Assim, todos os estados são *Markovianos* e a navegação no labirinto é dividida em estágios (ou passos). A cada passo, uma nova ação a é tomada considerando apenas o estado atual s_t.

Matematicamente, um PDM é definido como uma tupla (S, A, T, R, γ), onde:

- $\mathbf{S}$ é o conjunto de estados finitos. O labirinto é dividido em células, quadradas de proporções iguais, e cada uma das células representa um estado diferente;
- $\mathbf{A}$ é o conjunto de ações finitas. Para ocorrer a mudança de estado, o robô deve realizar uma ação de movimento, por exemplo, ir para a esquerda, frente ou direita;
- $\mathbf{T}$ é a matriz de probabilidades de transição de estados $T(s_{t+1}|s_t, a_t)$. Probabilidade de ir à um estado futuro s_{t+1}, dado que no estado atual s_t será realizada a ação a_t;
- $\mathbf{R}$ é a função de recompensas que atribui o valor da recompensa fornecida ao robô quando o estado s é alcançado, $R(s, a) = E[r|s, a]$;
- γ é um fator de desconto que indica a importância das recompensas futuras, $\gamma \in [0, 1]$;

Dessa forma, o objetivo do agente é percorrer o ambiente e capturar o máximo (ou o mínimo) de recompensas possíveis até a chegada ao seu destino final, para isso, tal agente deve aprender uma política de aprendizado π que determine qual a ação ótima deve ser tomada em cada estado. A política π pode ser avaliada pela soma total das recompensas de um estado inicial s_0 até o estado atual s_t. Essa soma é representada pela função valor $V^{\pi}(s)$ na Equação (1).

$$\begin{array}{l} V^{\pi}(s) = r_t + \gamma r_{t-1} + \gamma^2 r_{t-2} + ... = E\{\sum_{k=0}^{\infty} \gamma^k r_{t-k} | s_0 = s, \pi\} \\ V^{\pi}(s) = \sum_{a_t} \pi(s_t, a_t) \sum_{s_{t+1} T(s_t, a_t, s_{t+1})} [R(s_t, a_t, s_{t+1}) + \gamma V^{\pi}(s_{t+1})] \end{array} \quad (1)$$

Adicionalmente, a função $Q^*(s,a) = r(s,a) + \gamma \sum_{s_{t+1} \in S} T(s_t, a_t, s_{t+1}) V^*(s_{t+1})$, é definida para obter o valor atribuído a escolha da ação a no estado s, seguindo a política ótima π^*. Assim, em AR, a estimação da função Q^* consiste no aprendizado de uma solução de um PDM.

Neste artigo, foram utilizados os algoritmos de AR denominados *Q-learning* e *Dyna-Q*, que são estratégias baseadas em *free-model* e *based-model*, respectivamente [Sutton and Barto 1998, Tijsma et al. 2016]. Para a politica de decisão $\pi(s)$, adotou-se a estratégia ϵ-*greedy* apresentada na Equação (2), onde existe uma probabilidade ϵ de escolha aleatória da ação em cada estado, tal estratégia é mantida para que o agente sempre possa ter a possibilidade de explorar novos caminhos no ambiente. Caso $\epsilon = 0$, o agente sempre escolherá a ação que retorna o máximo valor de $Q(s,a)$.

$$\pi(s) = \begin{cases} a_{aleatório} & se \;\; \text{rand} < \epsilon, \\ \arg\max_a Q(s,a) & demais \;\; casos \end{cases} \quad (2)$$

3.1. *Q-Learning*

O algoritmo *Q-learning* é um método de aprendizado *free-model*, isto é, o processo de aprendizado independe da estimação de um modelo $\hat{\mathrm{M}}$ do ambiente e é realizado interativamente a cada passo do agente, estimando, assim, continuamente a função Q para cada par estado-ação, de acordo com a Figura 1(a) e a Equação (3).

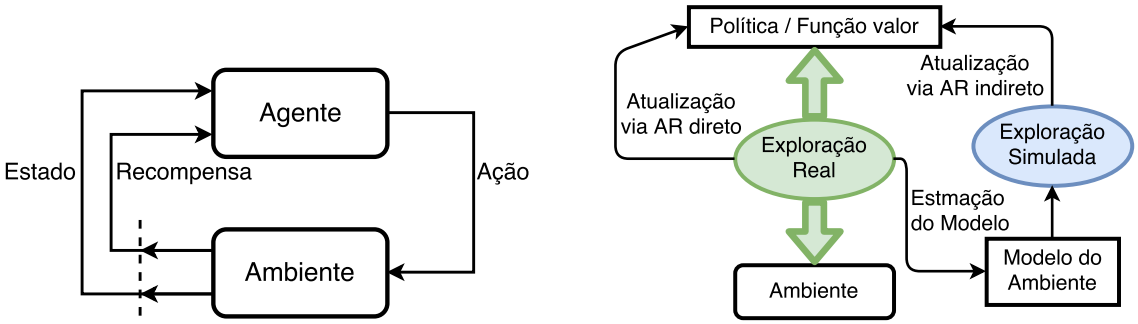
$$Q_{t+1}(s_t, a_t) = Q_t(s_t, a_t) + (1 - \alpha)[r_{t+1} + \gamma \arg\max_a Q_t(s_{t+1}, a_{t+1})] \quad (3)$$

Onde α representa a taxa de aprendizado, indicando o quanto que as novas interações atualizam o que foi aprendido até o instante t.

3.2. *Dyna-Q*

O algoritmo *Dyna-Q* é um método de aprendizado *model-based* com simulação de ações. Nesse algoritmo, o aprendizado e as ações são adquiridos a partir, tanto da exploração do ambiente real, quanto da exploração de um ambiente simulado através de um modelo estimado $\hat{\mathrm{M}}$. A cada instante de exploração, novas informações são descobertas pelo agente e usadas para a estimação do modelo $\hat{\mathrm{M}}$ do ambiente, permitindo um aprimoramento na política π de tomada de decisões.

Logo, para cada passo de exploração real no ambiente, existem dois estágios de aprendizagem. Esses estágios são denominados de *model-learning* e de AR direto, sendo usados para aprimorar a estimação do modelo $\hat{\mathrm{M}}$ do ambiente (ou seja, torná-lo mais preciso e parecido com o ambiente real) e para aprimorar diretamente a função Q^* como no algoritmo *Q-learning*. As relações entre a exploração do ambiente, o modelo $\hat{\mathrm{M}}$ e a função Q^* são apresentadas na Figura 1(b). Note que a exploração do ambiente pode aprimorar a estimação da função Q^*, tanto diretamente (AR direto) quanto indiretamente (AR indireto), via o modelo estimado $\hat{\mathrm{M}}$ do ambiente.



(a) Q-Learning. (b) Dyna-Q.

Figure 1. Estratégias utilizadas nos algoritmos

4. Implementação dos Algoritmos de AR

Do quadro a seguir, nota-se que o método *free-model* Q-*learning* abrange as linhas de 1 a 6 do algoritmo. Já o método *based-model* Dyna-Q contempla todas as linhas do algoritmo, com destaque especial para a linha 7, representando a etapa de *model-learning*, e as linhas de 8 a 13 que implementam as etapas do planejamento (simulação) de n ações.

Algoritmo 1: Q-LEARNIG (LINHAS DE 1 A 6) E DYNA-Q (TODAS AS LINHAS)

1 **para** *épocas* $= 1$ *até* N_{epocas} **faça**
2 **para** *passos* $= 1$ *até* N_{passos} *(Exploração Real)* **faça**
3 $s_t \leftarrow$ o estado atual
4 $a_t \leftarrow$ a ação tomada para ϵ-$greedy(s_t, Q_t)$
5 Executa a_t, obtém a recompensa imediata r_{t+1} e o estado futuro s_{t+1}
6 $Q_{t+1}(s_t, a_t) = Q_t(s_t, a_t) + (1 - \alpha)[r_{t+1} + \gamma \arg_{a_{t+1}} \max Q_t(s_{t+1}, a_{t+1})]$
7 $\hat{M} \leftarrow r_{t+1}, s_{t+1}$ (Estimação do Modelo)
8 **para** *simulação* $= 1$ *até* $n_{simuladas}$ *(Exploração Simulada)* **faça**
9 $s_t \leftarrow$ aleatoriamente um estado previamente observado
10 $a_t \leftarrow$ a ação previamente tomada em s_t
11 $r_{t+1}, s_{t+1} \leftarrow \hat{M}$
12 $Q_{t+1}(s_t, a_t) = Q_t(s_t, a_t) + (1 - \alpha)[r_{t+1} + \gamma \arg_{a_{t+1}} \max Q_t(s_{t+1}, a_{t+1})]$
13 **fim**
14 **fim**
15 **fim**

Dessa forma, as estratégias discutidas na Seção 3 são implementadas[2].

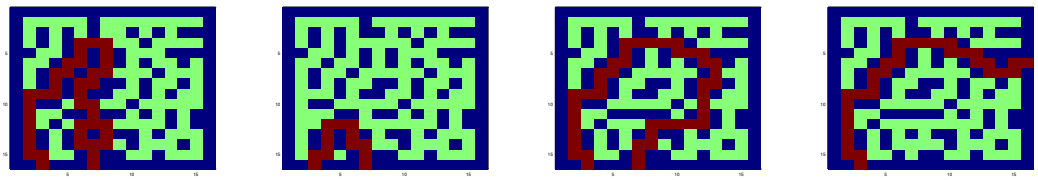
5. Resultados e Análise de Desempenho

Para a avaliação do desempenho das técnicas supracitadas, os robôs autônomos e os labirintos dinâmicos foram simulados usando o software *Octave*. Especificamente, sensores de obstáculos foram adotados para o estágio de percepção. Tais sensores são inseridos nos robôs em suas posições frontal e lateral, permitindo a leitura de obstáculos (paredes) ou espaços livres (corredores) a frente, a direita ou a esquerda do robô. Dessa forma, as possíveis ações a executadas em um estado s (posição no labirinto) são: seguir em frente, retornar, dobrar a direita e dobrar a esquerda.

Os labirintos utilizados são de dimensão 16×16 e sofrem alterações ao longo do tempo (a cada 125 épocas) para simular a dinâmica dos labirintos, onde os melhores trajetos e os objetivos

[2]Os códigos estão disponíveis em http://github.com/eniosilva/ia_ar

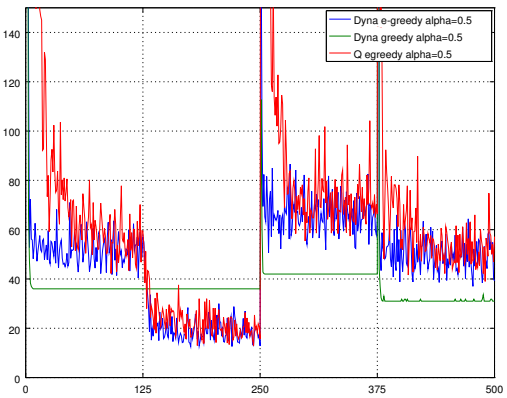
finais (destinos de saída, isto é, estado final s_f) são periodicamente modificados. A Figura 2 apresenta as diferentes configurações dos labirintos, destacando especialmente os trajetos ótimos. A partir do labirinto ilustrado na Figura 2(a), o robô deve ser capaz de encontrar a saída s_f, sempre adaptando-se para percorrer o trajeto mais curto (melhor política π^*).



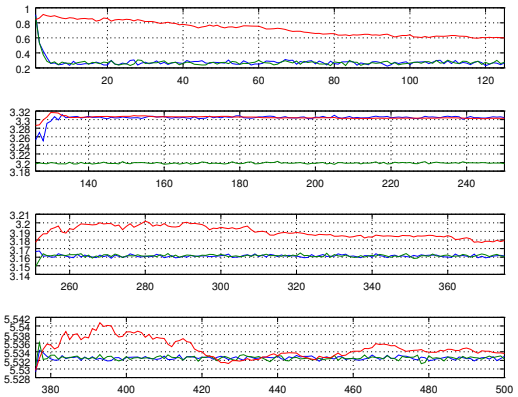
(a) Trajeto 1 (b) Trajeto 2 (c) Trajeto 3 (d) Destino 2

Figure 2. Configurações dos labirintos.

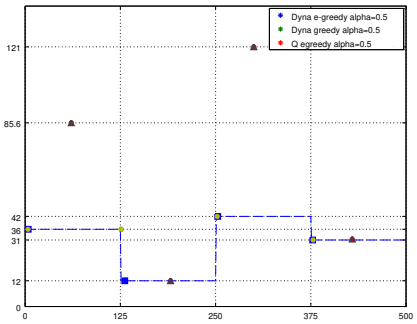
Dessa forma, as estratégias discutidas na Seção 3 são implementadas. A Figura 3 apresenta os resultados das estratégias Q-*learning greedy*, Q-*learning* ϵ-*greedy*, *Dyna*-Q *greedy* e *Dyna*-Q ϵ-*greedy*. Aqui, foram usados os parâmetros $\alpha = 0,5$ (taxa de aprendizagem) e $\epsilon = 0,4$ (probabilidade de exploração aleatória). Nota-se da Figura 3(a) que a estratégia Dyna-Q ϵ-greedy apresenta os melhores resultados, obtendo uma convergência mais rápida e garantindo a adaptação para o melhor percurso (política π^*). A Figura 3(b) apresenta as curvas do erro RMS entre as políticas de cada estratégia com a politica ótima de cada labirinto. A Figura 3(c) apresenta a época e o melhor percurso de cada estratégia para cada configuração do labirinto.



(a) Caminhada.



(b) RMS.

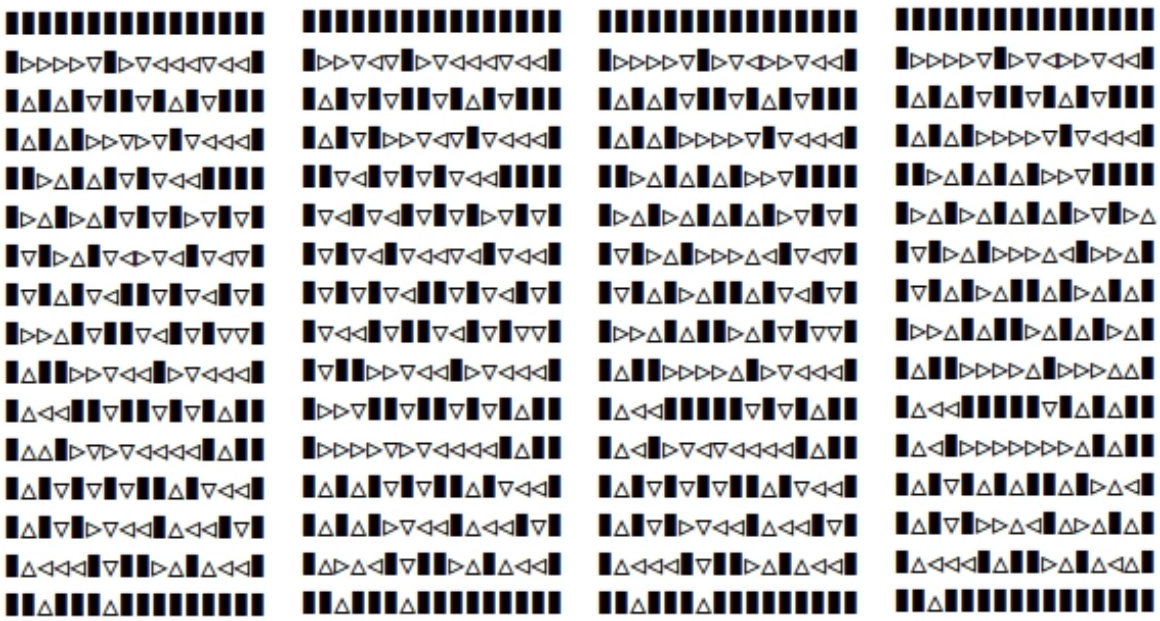


(c) Politica.

Figure 3. Resultado.

Ressalta-se que os algoritmos de AR obtêm resultados satisfatórios sem a necessidade de um conhecimento prévio sobre o labirinto. Em situações como a de resgate, o destino pode ser representado inicialmente pela localização de uma vítima e posteriormente pela localização de uma saída do labirinto. Nota-se que, nesses casos, as estratégias determinísticas são passiveis de falha, visto que não sabe-se a localização da vítima e, em caso de desmoronamentos, não podemos precisar a localização da saída bem como a estrutura interna do labirinto. Tal exemplo, evidencia a importância da capacidade do agente em adaptar-se às modificações que o labirinto (ambiente) possa vir a sofrer.

A Figura 4 apresenta as politicas resultantes do algoritmo *Dyna*-Q ϵ-*greedy* para as diferentes configurações do labirinto, onde as ações "cima", "baixo", "direita" e "esquerda" são representadas pelos símbolos "$\triangle$", "$\triangledown$", " $\triangleright$" e "$\triangleleft$", respectivamente, e as paredes são representadas pelo símbolo "$\|$".



(a) Trajeto 1 (b) Trajeto 2 (c) Trajeto 3 (d) Destino 2

Figure 4. Políticas resultantes do algoritmo *Dyna*-Q ϵ-*greedy*.

6. Conclusões e Comentários Finais

Neste artigo, um sistema de IA aplicado a navegação de robôs autônomos foi apresentado. Especificamente, foi utilizado a simulação de um agente robótico com RL para a solução de labirintos dinâmicos. Visando o incentivo de novos trabalhos de pesquisa na área de IA e robótica, os fundamento teóricos de RL, bem como as principais técnicas de *model-based* e *model-free* foram apresentadas. Dessa forma, espera-se que a aplicação de sistemas de RL em robôs móveis auxiliem estudantes no processo de aprendizado de diversas técnicas relacionadas a IA e robótica. Finalmente, os resultados das avaliações objetivas apresentaram as trajetórias ótimas e a capacidade de adaptação dos agentes robóticos aos labirintos, confirmando assim o desempenho satisfatório do *framework* disponibilizado neste trabalho de pesquisa.

References

Coppin, B. (2004). *Artificial Intelligence Illuminated*. Jones & Bartlett Learning.

Gupta, B. and Sehgal, S. (2014). Survey on techniques used in autonomous maze solving robot. In *Proc. of 5th Int. Conf. on Confluence The Next Generation Information Technology Summit*, pages 323–328, Noida, India.

Russell, P. N. S. (2014). *Inteligência Artificial, 3ª Edição*. Elsevier Brasil.

Sakib, S., Chowdhury, A., Ahamed, S. T., and Hasan, S. I. (2014). Maze solving Algorithm for line following robot and derivation of linear path distance from nonlinear path.

Silva, E. and Silva, D. (2016). Desenvolvimento de um sistema robótico controlado por reconhecimento automático de fala com adaptação ao locutor. In *Proc. of the 12th IEEE/IAS Int. Conf. on Industry Applications (INDUSCON)*, pages 2258–2266, Curitiba, PR, Brasil.

Sutton, R. and Barto, A. (1998). *Reinforcement Learning: An Introduction*. Bradford Book.

Tijsma, A. D., Drugan, M. M., and Wiering, M. A. (2016). Comparing exploration strategies for q-learning in random stochastic mazes. In *Proc. of the IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI)*, pages 351–359, Athens, Greece.

Design and Development of a Mechanism for *Rubik's' Cube* Solution Aiming Robotics' Teaching

Plácido A. Souza Neto[1], Camila J. Ribeiro Teixeira, Helora D. Cruz Monteiro, Samara R. Silva, João M. Vilas Boas[1], Sarah T. de Lima Sá[1]

[1]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) – Natal – RN – Brasil

{ placido.neto, joao.vilasboas, sarah.sa}@ifrn.edu.br

Abstract. *This paper proposes a low cost microcontrolled system to solve rubik's cube. This prototype is intended to be used in classrooms for improvement in the teaching-learning process, and consequently in the performance in disciplines of logic and algorithms.*

1. Introduction

In the last decade, with the increasing of technological advance, there is a need for a convergence between school *curriculum* and technological innovations. It happens because the students, born in the 21st century, find themselves immersed in an extremely technical world in all society domains. Additionally, the learning/teaching process of logic and basic programming in Brazil's institutions is still a huge challenge, either in technical and higher levels. This worrying truth, allied with the perception of the need to use innovation technologies in the school curriculum, creates an interesting scenario for the application of new approaches and pedagogical practices, especially regarding the use of robotics educational as a form of improvement in the teaching/learning process.

According to Soares et al. (2015), the school is the environment for the development of technology which contributes to the integral student formation, fostering critical thinking, stimulating the manipulation of elements in practical activities, instigating creativity and awakening the students the desire to produce knowledge.

Vilas Boas et al. (2016) affirm the learning difficulty mentioned above has been observed in the Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal Central Campus (IFRN / CNAT) in a very expressive diagnosis in the discipline of Fundamentals of Logic, considering courses of the technical level. From the data analyzed by them, they verified that the students failed percentage average in this discipline between 2012 and 2016 was 24%.

In this context, the objective of this work is the creation of a low cost articulated robotic mechanism, able to solve the rubik's cube problem through the implementation of algorithms. With this, it is expected to overcome the scenario presented with an increase of interest and performance in disciplines logic and basic programming using this prototype in the classroom. There is also the possibility of collective construction of the solution by groups of students involved.

2. The Rubik's Cube

The rubik's cube, one of the most popular puzzles in the world, came out in 1974. It is considered one of the most successful puzzles in history, mainly because it has more than 350 million units sold worldwide, making his inventor, the Hungarian Erno Rubik, become one of the richest men in his country.

Erno Rubik was born in the city of Budapest. While he was a university professor of interior design, he decided to create an object that would help him to perfectly illustrate the concept of the third dimension. From the Erno's research by the expression and the increasing intensity of some thoughts, the interest for the cube was born.

Still in the 70's, the teacher was awarded for his invention, a fact that further stimulated people's interest in the toy. With the increase in demand, the puzzle began to be distributed throughout America, with a completely redesigned version, with easier faces to handle and more vivid colors, so it beings the called the *Rubik's cube*.

It is estimated that in the world, one in seven people have already played with the cube, and nowadays, various toy enthusiasts continue to produce cube-based puzzles such as Megaminx (dodecahedron), Pyraminx (tetrahedron) and 2x2x2 cube (a variation of the traditional cube 3x3x3), see figure 1.



(a) (b) (c)

Figure 1. Puzzles: (a) Megaminx; (b) Pyraminx; (c) Cube 2x2x2

2.1. God's number

God's number is a reference to the minimum number of moves to solve any configuration of the rubiks cube. Solving it at random can be quite time consuming work, as there are exactly 43.252.003.274.489.856.000 possible combinations.

According to the site Cube 20, in July 1981, the mathematician Morwen Thistlethwaite constructed a complex algorithm and very difficult to be memorized. Unlike traditional algorithms such as layering, this method does not put piece by piece in its correct position, but works so that all pieces are placed in their correct positions at once. From its algorithm, Thistlethwaite has been able to prove that a total of 52 moves are needed to solve the puzzle.

In December 1990, the number was reduced to 42 movements. This fact was proved by Hans Kloosterman. Two years later, Michael Reid managed to slow down the minimum number of moves, this time to 39. In the same year, Dik Winter reduced that number to 37.

A few years later, in 1995, Michael Reid showed that God's number was 29. It took eleven years for that number to drop to 27, a fact proven by Silviu Radu. It is interesting to note that from 1981 to 2006 this number decreased by 25 movements, practically half the value that was initially proven. Still according to Cube 20, in May 2007, Dan Kunkle and Gene Cooperman showed that in fact the minimum quantity was 26 moves. The following year, Tomas Rokicki reached number 25. After, Rokicki and John Welborn reached 23 and then in 22 moves. In 2010, Rokicki, Herbert Kociemba, Morley Davidson and John Dethridge concluded that God's number is exactly 20. So far no one has been able to prove less than that.

2.2. Solution methods

As previously stated, the rubiks cube has more than 40 quintiles of possible combinations, and since the 1980s this three-dimensional puzzle has challenged many people to find a solution. There are a myriad of ways to solve the cube. Some people solve without a techniques aid, however, this is a laborious and tiring practice and much more difficult than just following the steps that are given in the methods.

Once learning an algorithm, it is essential to repeat the movements and understand the purpose of each step until it becomes natural and intuitive. The methods range from the simplest to the most complex, and it influences the time that will be spent in the solution. Some sequences are derived from other methods or even are combinations of several of them.

There are several tutorials on Brazilian websites, the most popular is the Speed Cube[1], developed by Renan Cerpe, and the site belongs to one of the WCA (World Cube Association) delegates, Rafael Cinoto. The French site Francocube [2]is one of the most outstanding worldwide, for being complete and presenting tutorials for different types of different puzzles. Following we will be expose some of the most used methods to solve the rubiks cube (McNaughton, 1990).

a) Layer method

The layer method is one of the most used by those who are starting to learn how to solve the puzzle. It is a very simple technique that does not present great complexity. It is divided into seven steps that aims to solve the cube layer by layer. This method was proposed in the 80's and performs an average of 100 movements. The algorithm will be explained in details later.

b) Intermediate Method

The intermediate method is an extension of the traditional layer method. Its difference is that it has some more advanced algorithms to solve the last two layers, this reduces the number of movements generated and the time spent to solve the cube, a total of 30 to 40 seconds less than the previous method.

---

[1] https://www.rubiks.com/speed-cubing

[2] https://www.francocube.com/

c) Fridrich method

The Fridrich method, developed by Jessica Fridrich, is one of the most used by rubiks cube competitors worldwide. Nowadays it is considered one of the fastest method to solve the cube. However, it is also one of the most difficult because it uses several algorithms. Its variation to the intermediate method is that it has even more algorithms that serve as shortcuts to the traditional algorithm, which further reduces the time and the number of movement.

d) Petrus method

The Lars Petrus method is also an advanced method. It was developed in the 80's and it is based on the resolution by block construction, where the first two layers are solved in a totally intuitive way. It is the second most popular advanced method, after Fridrich. This method is also partially used in other methods. In some situations, this method may generate fewer moves than Fridrich, but sometimes, especially for beginners, it can be difficult to due to the large number of intuitive movements.

3. Mechanism description

Following, we will briefly describe the hardware and software solution developed for the proposed system.

3.1. *Hardware*

The hardware structure of the robot consists of parts made by a 3D printer in ABS material, a base for the hub, a horizontal movement arm and an adjustment claw on the cube. These materials are arranged in an area measuring 49.5 cm in length and 15 cm in width. The cube used for the design is the Shengshou Stickerless, Rainbow Stickerless 3x3 model. The operation of the robot consists of the mechanical arm pushing the cube to change to the next face, and to exchange each face the arm holds the hub while the base rotates 90, 180 or 360 degrees. Then the adjusting jaw flushes the cube.

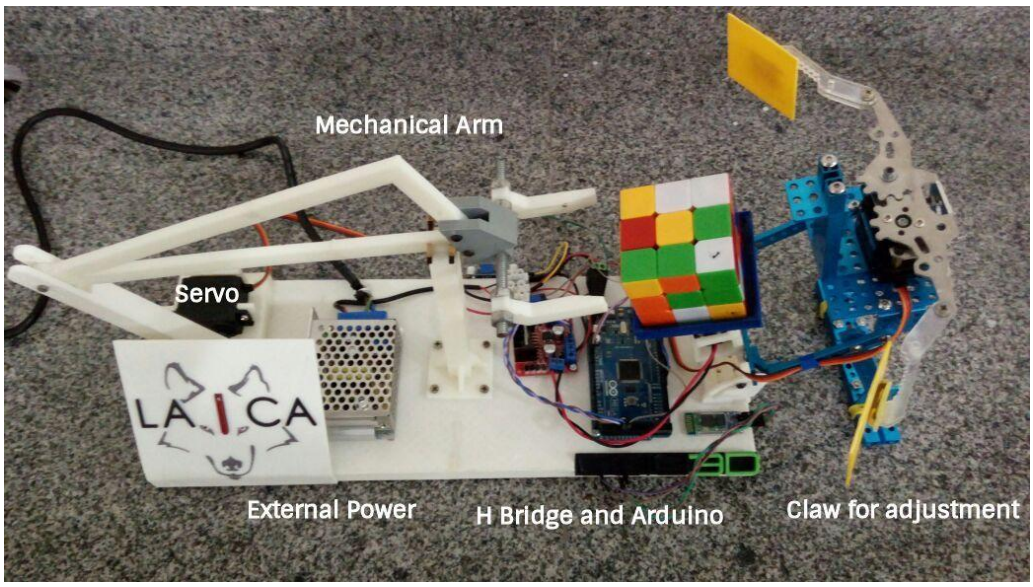
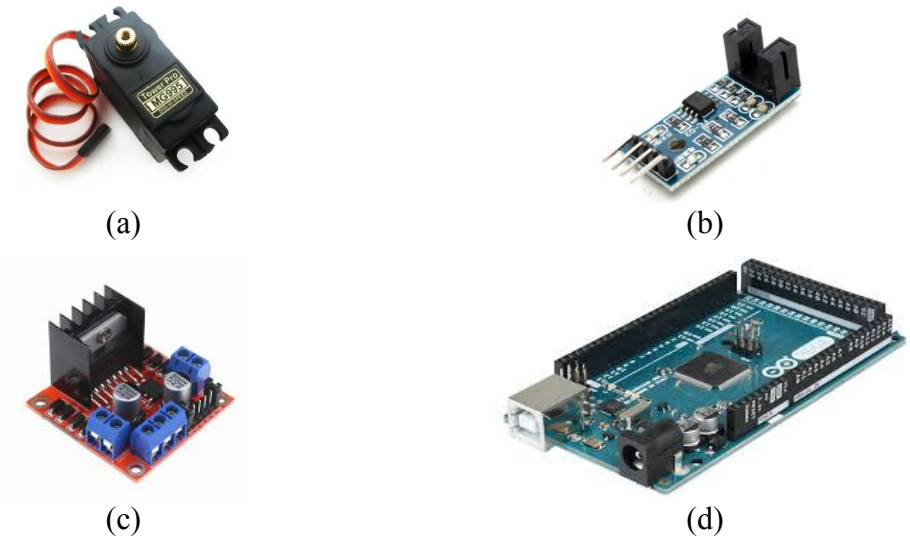


Figure 2. Articulated mechanism with servo motors and control plates.

The horizontal movement mechanical arm was built with the 3D printer and has 29.5 cm, its main functions are to push the cube so that it changes face and hold it when it is necessary to change the pieces of place. The mechanical arm moves through a servo motor TowerPro, MG995 model. We also use the same type of servo to move the base of the cube. The base was built into the 3D printer and has 6.7 cm width and 6.7 cm height and is responsible for rotating the hub at positions 90, 180 and 360 degrees. To perform these movements, coupled to the base, there is an optical encoder of 5 mm and a rotating disk that sends data to the encoder.

To give stability to the robot base, there is a 23.5 cm height metal frame made with pieces of the educational robotic platform Makeblock. At the top of this structure there is a TowerPro servo motor coupled to a modified mechanical Claw Robot Mechanical Claw H3. The claw is responsible for adjusting the sides of the cube when its parts change places. All servo motors are connected to a source Beehive Model S-30-12 of 5 amps and 12 volts. The power supply also powers a H-bridge L298N, its function is basically to control the speed and direction of the motors. The H bridge is connected to a voltage regulator LM2596 model, responsible for regulating the reactive power division between the devices. All these equipment are connected to an Arduino Mega 2560.



(a) (b)

(c) (d)

Figure 3. Some parts of the proposed system: (a) TowerPro servomotor MG995 model, (b) encoder optic, (c) Bridge H L298N model, (d) Arduino Mega 2560 model.

3.2. *Software*

The basic method, also known as layer method, is simple and widely used by those interested in learning how to solve the rubiks cube. As its name suggests, this solution consists of solving the cube layer by layer, using only seven steps.

- Step 1: make the cross in the first face;
- Step 2: position the corner pieces of the first layer;
- Step 3: position the edge pieces of the second layer;
- Step 4: make the cross on the top face;
- Step 5: review the top corner pieces;

- Step 6: permute the corner pieces;
- Step 7: permute the edge pieces.

3.2.1. Notations

Before describing the algorithms that make up the layer method, it is essential to define some concepts and nomenclatures. Singmaster (1981), published one of the first analyses of the Magic Cube. He introduced the following notation:

a) Face

The WCA, which regulates the rubiks cube competitions in the world, establishes an official notation for each of the six faces of the traditional 3x3 cube, where each one is represented by a letter: F (front), L (left), R (right), B (back), U (top) and D (bottom).



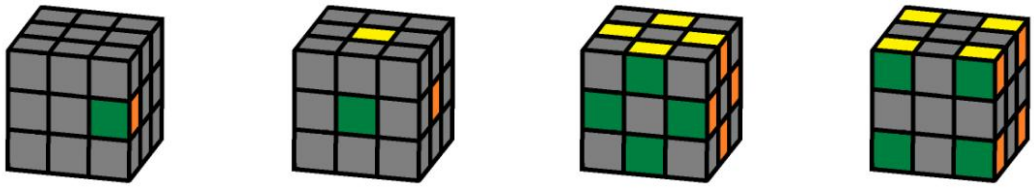
(a) (b) (c)

Figure 4. Faces: (a) Face F; (b) Face R; (c) Face U.

b) Piece

Each piece is formed by the colors of the faces that compose it. An example is the middle piece that belongs to faces F and R, which can be called FR or RF (see figure 6a).

The cube consists of three types of pieces. One is the center piece, which is fixed and indicates the color of a given face. The others are the edge pieces, which have two colors, and the corner, which is composed of three colors. It is important to note that the parts can only be positioned in place of parts of the same type.



(a) (b) (c) (d)

Figure 5. (a) pieces FR; (b) Centers; (c) edges; (d) corners.

c) Movements

Each face produces three types of basic movements: the 90° clockwise, 180° and 90° counterclockwise rotation. The representation of these turns is done using the

following symbology: if it is a rotation of 90º clockwise we write only the letter that corresponds to the face; For the rotation of 180º we put the letter plus the number 2; And for the rotation of 90° counterclockwise we write the letter plus' (apostrophe). For example, the face U produces the following rotations, *e.g.*, U, U2 and U '.



(a) (b) (c)

Figure 6. Turns: (a) U; (b) U2; (c) U'.

d) Permutation and Piece Orientation

The concept of permutation is related to the positioning of the pieces in a specific state that is the cube. It is nothing more, but exchange one piece for another. Orientation occurs when the piece is in its correct position, but the cube is still not solved

3.2.2 Representation

The concept of matrices was used to represent the faces of the cube. Considering that the rubiks cube consists of six faces, six arrays of integers were created, each with three rows and three columns.

Each color of the cube was symbolized by an integer and each face was represented by a color, as shown in Table 1.

Table 1. Rubiks cube face representation

Face	Color	Number
D	White	1
U	Yellow	2
F	Green	3
R	Orange	4
B	Blue	5
L	Red	6

3.2.3. Solution

The implementation of the layer algorithm was made in C language. The cube and its faces were represented using the struct concept. A variable was also created responsible for storing the movements generated in the solution.

A method was implemented for each type of movement. These methods take one face and spin the edge and corner pieces. Below is the code snippet for 90 ° clockwise rotation.

Three methods were created for each face, each representing the possible turns that the faces can perform. For example, for face F the following methods were created: frontClock (clockwise 90 °, or F), frontClock180 (180 ° rotation, or F2) and frontIClock (clockwise rotation 90 °, or F ').

```
void frontClock(int left_f[][3], int front_f[][3], int right_f[][3], int top_f[][3], int
bottom_f[][3], int back_f[][3]){


   turnClock(front_f);
   getBottom(top_f);
   getLeftI(right_f);
   getTop(bottom_f);
   getRightI(left_f);
   setBottom(top_f, rightI_1);
   setLeft(right_f, bottom_1);
   setTop(bottom_f, leftI_1);
   setRight(left_f, top_1);
   strcat(historyMoviments, "F\n");


}
```

Figure 7. Code method for turn Front clockwise.

Each method receives (figure 7) the cube faces as a parameter and performs the expected rotation. At the end of each method the movement performed is added to the variable responsible for storing the movement history.

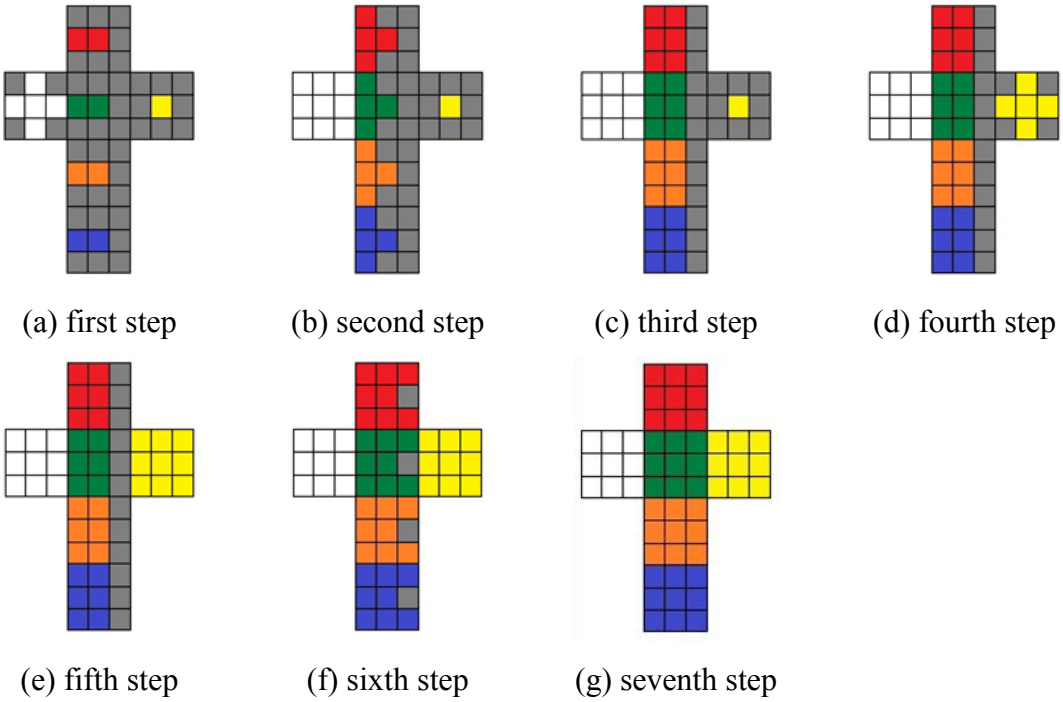
```
void firstStep(int left_f[][3], int front_f[][3], int right_f[][3], int top_f[][3], int
bottom_f[][3], int back_f[][3]){


if (bottom_f[1][2] == 1 && right_f[2][1] == 3) {
      bottomIClock(left_f, front_f, right_f, top_f, bottom_f, back_f);
   } else if (bottom_f[2][1] == 1 && back_f[2][1] == 3) {
      bottomClock180(left_f, front_f, right_f, top_f, bottom_f, back_f);
   } else if (bottom_f[1][0] == 1 && left_f[2][1] == 3) {
      bottomClock(left_f, front_f, right_f, top_f, bottom_f, back_f);
   }
}
```

Figure 8. Code part to verify some conditions on first step in the Layer method.

In addition, we also implemented seven other methods that correspond to the steps of the layered algorithm. As the objective of this algorithm is to solve through the concept of layers, then the first face to be assembled was D.

The initial step is to make the cross, so the first method looks at all the possible positions that are the pieces of white medium. After this analysis, the methods necessary to change the positioning of the found part are called. The purpose is illustrated in the figure 7. Figure 8 presents a code example that corresponds to the first case that the magic cube can be configured.



(a) first step (b) second step (c) third step (d) fourth step

(e) fifth step (f) sixth step (g) seventh step

Figure 9. Rubik's cube solution steps.

To solve the second layer, the similar mapping is done on the matrix, this time looking for pieces of edge that correspond to the faces F, R, B and L (figure 9.b). With the first and second layer completed (figure 9.a and figure 9.b), only the last layer remains.

The last four steps of the algorithm are responsible for assembling the third layer (figure 9.c). First, it is necessary to cross the U face (figure 9.d and figure 9.e). This mapping is done by analyzing the parts that were not in their correct position and the parts that were in the correct but inverted position.

The fifth step (figure 9.e) finishes the face U of the cube completely, raising all its pieces of steel. In this step we do not worry about the parts of faces F, R, L and B of the last layer. For this step the cube can be in seven different configurations. In all cases the movements will be the same, changing only the amount of times it should be applied and the position of the cube.

In the sixth step (figure 9.f) we exchanged the four corner pieces from the last layer. The algorithm locates a side that has two corners of the same color and applies the required sequence of motions.

The seventh and last step (figure 9.g) makes the permutation of the middle pieces of the last layer. This algorithm searches for one side of the cube that is fully assembled, except for the face D, and verifies the direction the permutation should be applied.

All code produced to solve the rubiks cube problem is used as example to teach either Arduino and programming logic principles in technical courses. As well as we apply the results and experiences acquired in the projects to improve the way we recruit new student to be involved in robotic project.

4. Conclusions

The resolution of the magic cube through the mechanism proposed in this article was accomplished successfully, since the aforementioned robotic system, besides having a low cost, compared to other architectures present in the market, presented a satisfactory yield, obtaining solutions in less than 13 minutes.

Through the preliminary results obtained in this work, it can be observed that the use of the articulated mechanism to solve the problematic of the magic cube has shown to be promising and should be applied in the classroom for future verification of its effectiveness regarding the improvement of teaching-learning process in disciplines of logic and programming.

In this way, in future works, this methodology will be applied in disciplines of the programming area of technical and superior courses of the IFRN. The group is also studying the development of a smartphone application that allows the user to quickly enter the values of the cube faces into the system from image analysis. This implementation aims to streamline the process and make the human-machine interface more user-friendly, which should greatly improve its application in the classroom.

5. References

CUBE20, God's number is 20. Disponível em: <http://www.cube20.org/>. Acesso em: 27 mai. 2017.

MCNAUGHTON, D. (November 1989 - February 1990). "The Rubik Cube: A three- stage approach to mastering it". Junior News (Al-Nisr, Dubai, UAE).

SINGMASTER, David (1981). Notes on Rubik's Magic Cube. Harmondsworth, Eng: Penguin Books. ISBN 0-907395-00-7.

JOHANSSON, Frans. Clique: como nascem as grandes ideias. São Paulo: Portfolio-penguin, 2013.

SOARES, A. A. A. F. *et al.* (2015) "A preparação para a olimpíada de robótica como projeto", In: 6º Workshop of Robotics in Education, Uberlândia/MG, 2015.

VILAS BOAS, J. M. *et al.* (2016) "The use of a maze solver robot to support the teaching and learning process", In: 6º Workshop of Robotics in Education, Recife/PE, 2016.

KORF, Richard E. 1997. Finding optimal solutions to Rubik's cube using pattern databases. In Proceedings of the fourteenth national conference on artificial intelligence and ninth conference on Innovative applications of artificial intelligence (AAAI'97/IAAI'97). AAAI Press 700-705.

KORF, Richard E. 1982. A program that learns to solve rubik's cube. In Proceedings of the Second AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI'82). AAAI Press 164-167.

GOVINDA K. and PRASANNAS. A generic image cryptography based on Rubik's cube T2 - 2015 International Conference on Soft-Computing and Networks Security (ICSNS).

IONESCU, V. M. and DIACONU, A. V., "Testing the performance of the improved Rubik's cube encryption algorithm on virtual systems," 2015 14th RoEduNet International Conference - Networking in Education and Research (RoEduNet NER), Craiova, 2015, pp. 121-126. doi: 10.1109/RoEduNet.2015.7311980

Desenvolvimento de um projeto para aprendizagem nas áreas de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática

Gabriel Crovador[1], Leonardo Ayrton da Silva[1], Marco Antonio Busetti de Paula[1], Victor Hugo Parizi Strazzi[1]

[1]Departamento Acadêmico de Eletrotécnica - DAELT

Universidade Tecnológica Federal Paraná (UTFPR) - Curitiba - PR - Brasil

{gabrielcrovador, leoayrton}@hotmail.com, marco.busetti@me.com, victorstrazzi@outlook.com

Abstract. *This paper presents the creation process of an Arduino-controlled cart, designed via AutoCAD and 3D printed following the Project-Based Learning methodology. The intention is to expand the knowledge of students who are attending the Final Years of brazilian Elementary School in the areas of Science, Technology, Engineering and Mathematics through contents present in the National Curricular Common Base, proposed by the Ministry of Education for a reformulation in the educational structure of the country.*

Resumo. *Este artigo apresenta o processo de criação de um carrinho controlado por Arduino, projetado via AutoCAD e impresso em 3D seguindo a metodologia de Aprendizagem Baseada em Projetos. O intuito é expandir conhecimentos de alunos que estão cursando os Anos Finais do Ensino Fundamental brasileiro nas áreas de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática através de conteúdos presentes na Base Nacional Comum Curricular, proposta pelo Ministério da Educação para uma reforma na estrutura de ensino do país.*

1. Introdução

A flexibilização na grade curricular proposta pelo Ministério da Educação (MEC) para o Novo Ensino Médio fará com que os estudantes decidam já no Ensino Fundamental quais áreas de conhecimento lhes despertam mais interesse, e isso pode gerar dúvidas a respeito da carreira que o estudante pretende prosseguir.

Essa nova estrutura de ensino, descrita na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), abre as portas para a integração dos conteúdos das áreas de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (STEM) aos currículos dos níveis Fundamental e Médio. Porém, estes conteúdos devem ser abordados de uma forma que cative os estudantes, pois muitas vezes não tratam de assuntos elementares.

A Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) surge como uma opção interessante para este novo modelo, por ser um método prático que incentiva o aprendizado por meio de resolução de problemas reais. Porém, a inacessibilidade de conjuntos educacionais para desenvolvimento de projetos é uma das principais razões para o desinteresse dos estudantes seguirem carreira nas ciências exatas.

Por exemplo, a linha produtos voltados para a área de robótica conhecida como MINDSTORMS, criação do grupo dinamarquês LEGO® em parceria com o *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), está disponível por R$ 2.799,99 (em maio de 2017) na loja virtual da empresa (www.legobrasil.com.br), valor fora da realidade de grande parte da sociedade brasileira.

A criação do projeto descrito neste artigo tem o intuito de promover a educação nas áreas do STEM de maneira acessível, utilizando a metodologia proposta pelo modelo ABP, visando auxiliar estudantes dos Anos Finais do Ensino Fundamental no processo de escolha das áreas eletivas.

2. Conteúdos e Metodologia

Este capítulo é destinado para a definição dos conceitos da Educação STEM, Aprendizagem Baseada em Projetos e Base Nacional Comum Curricular, para um melhor entendimento do assunto trabalhado neste artigo.

2.1. Educação STEM

O acrônimo STEM vem das palavras Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (do inglês Science, Technology, Engineering and Mathematics). Existem diversas abordagens diferentes sobre o que este termo representa. Uma das importantes concepções modernas é a noção de uma integração direcionada das disciplinas que o compõem, visando solucionar problemas do mundo real (Sanders, 2009). Esta perspectiva envolve olhar as disciplinas como uma unidade, ensinando-as como uma entidade coesa.

Seguindo esta linha de raciocínio, Meyrick (2012) menciona que os programas STEM incluem poderosas práticas pedagógicas centradas na aprendizagem ativa do estudante, incluindo integração curricular, Aprendizagem Baseada em Projetos e solução de problemas do mundo real. Ele discorre ainda sobre os benefícios que a Educação STEM proporciona a estudantes dos níveis fundamentais e médio, como a possibilidade de praticar e entender habilidades desenvolvidas nas engenharias, e de dar experiência e conhecimentos relacionados a essas carreiras antes mesmo de se tomar a decisão do curso de graduação a ser realizado futuramente.

Rockland, Bloom, Carpinelli, Alexander, Hirsch e Kimmel (2010) alegam que um dos principais motivos do desinteresse dos estudantes em seguir carreira nas áreas do STEM é que eles não são expostos a tópicos relevantes sobre esses assuntos durante os níveis fundamental e médio. Para eles, a integração de conceitos de engenharia nos currículos de matemática e das ciências através de aplicações práticas ajuda a aumentar o interesse nessas áreas, além de conectar as atividades de sala de aula ao mundo real.

2.2. Aprendizagem Baseada em Projetos

A Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) origina-se do inglês Project-Based Learning e vem sendo cada vez mais explorada nos últimos anos, assim como diversos métodos para aprendizagem que são desenvolvidos e aplicados, com o objetivo de aprimorar os modelos de ensino. A ABP tornou-se um tópico de interesse à medida que a ênfase na educação eficaz foi aumentando nos últimos anos (Bender, 2015).

Karpudewan, Ponniah e Zain (2016) definem a ABP como uma abordagem instrutiva construída através de atividades autênticas de aprendizagem, que envolvem o interesse e a motivação dos alunos pelas quais as atividades são concebidas para responder a uma pergunta ou resolver um problema.

R.M. Capraro, M.M Capraro e Morgan (2013) apontam em sua obra alguns benefícios que a integração do STEM ao modelo de Aprendizagem Baseada em Projetos pode trazer aos estudantes dos níveis fundamental e médio, como desenvolver pensadores críticos que terão maior possibilidade de ter sucesso nas instituições pós-ensino médio, onde essas habilidades são essenciais.

2.3. Base Nacional Comum Curricular

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um conjunto de orientações que deverão nortear os currículos das escolas públicas e privadas de todo o Brasil. Serão definidas as competências e conhecimentos essenciais que deverão ser oferecidos a todos os estudantes na parte comum, enquanto o restante do tempo será dedicado ao aprofundamento acadêmico nas seguintes áreas eletivas:

I. Linguagens e suas tecnologias;

II. Matemática e suas tecnologias;

III. Ciências da natureza e suas tecnologias;

IV. Ciências humanas e sociais aplicadas.

Cada componente curricular apresenta um conjunto de habilidades garantindo o desenvolvimento de competências específicas. Exemplificando, um estudante do 8º ano do ensino fundamental, na componente curricular Ciências da natureza e suas tecnologias, irá desenvolver habilidades de construir circuitos elétricos com pilha/bateria, fios e lâmpada ou outros dispositivos e compará-los a circuitos elétricos residenciais. A aprovação da BNCC depende ainda de alguns fatores, porém é evidente que caso seja aprovada, a educação nas áreas STEM no Brasil tende a se desenvolver ainda mais.

De acordo com o MEC (2017), a sociedade contemporânea está fortemente organizada com base no desenvolvimento científico e tecnológico. Com essa perspectiva, a BNCC organizará situações de aprendizagem partindo de questões que sejam desafiadoras, estimulam o interesse e a curiosidade científica dos alunos e possibilitam definir problemas, levantar, analisar e representar resultados, comunicar conclusões e propor intervenções.

3. O projeto

Para a implementação da ABP em sala de aula, Capraro et al. (2013) definem de uma forma simplificada que deve-se ter resultados bem definidos e tarefas mal definidas, ou seja, os alunos que definem suas tarefas para cumprirem um objetivo. É equivocado, porém, dizer que esta metodologia simplesmente envolve a criação de uma questão aberta e deixam os alunos fazer todo o trabalho.

Existem várias fontes com listas de atributos de um bom projeto. Embora essas listas não sejam a única resposta para se projetar de maneira satisfatória, eles fornecem uma checklist útil. Seguem algumas características de projetos excepcionais:

- Reconhecem a capacidade de aprender dos alunos;
- Conduzem os alunos para uma exploração aprofundada de tópicos importantes;
- Exigem o uso de ferramentas e habilidades essenciais, autogestão de aprendizagem e projetos;
- Incorporam investigação, pesquisa ou raciocínio;
- Incluem feedbacks frequentes (oportunidades para aprender com a experiência);
- Incluem expectativas elevadas e avaliações baseadas no desempenho;
- Incentivam a colaboração através de pequenos grupos, apresentações de alunos ou avaliações de pares e de classe de projetos (Thomas, Mergendoller e Michaelson, 1999).

Para promover a educação STEM utilizando-se a metodologia descrita pela ABP, os autores deste artigo propuseram o desenvolvimento de um carrinho microcontrolado. Como será observado, a criação deste projeto envolve diversos conceitos presentes no currículo dos Anos Finais do Ensino Fundamental da BNCC, destacados na tabela 1.

Tabela 1. Conteúdos da BNCC abordados

Unidade Temática	**Objetos de Conhecimento**	**Habilidade**	**Faixa Etária Trabalhada**
Artes Integrada	Processos de criação, arte e tecnologia	Explorar diferentes tecnologias e recursos digitais (...) nos processos de criação artística.	1º ao 5º ano
Artes Integrada	Processos de criação, arte e tecnologia	Analisar os elementos constitutivos das artes visuais (ponto, linha, forma, direção, cor, tom, escala, dimensão, espaço, movimento etc.) na apreciação de diferentes produções artísticas.	6º ao 9º ano
Geometria	Localização de objetos e de pessoas no espaço, utilizando diversos pontos de referência e vocabulário apropriado	Descrever a localização de pessoas e de objetos no espaço em relação à sua própria posição, utilizando termos como à direita, à esquerda, em frente, atrás.	1º ano

Geometria	Figuras geométricas espaciais (cubo, bloco retangular, pirâmide, cone, cilindro e esfera): reconhecimento e características.	Reconhecer, comparar e nomear figuras planas (círculo, quadrado, retângulo e triângulo), por meio de características comuns, em desenhos apresentados em diferentes disposições ou em sólidos geométricos.	2º ano
Matéria e Energia	Características dos materiais	Comparar características de diferentes materiais presentes em objetos de uso cotidiano.	1º ano
Matéria e Energia	Propriedades e usos dos materiais	Justificar o uso de diferentes materiais em objetos de uso cotidiano, tendo em vista algumas propriedades desses materiais (flexibilidade, dureza, transparência etc.).	2º ano
Matéria e Energia	Transformação de energia	Construir circuitos elétricos com pilha/bateria, fios e lâmpada ou outros dispositivos e compará-los a circuitos elétricos residenciais.	8º ano
Matéria e energia	Características da radiação eletromagnética e aplicações	Reconhecer e explicar os principais mecanismos envolvidos na transmissão e recepção de imagem e som que revolucionaram os sistemas de comunicação humana.	9º ano

O primeiro desafio está relacionado ao design do carrinho. Este deveria seguir os padrões da categoria *very small size* do Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (IEEE), na qual os robôs devem ter no máximo 75 mm em cada uma de suas 3 dimensões (largura, comprimento e altura). Com isso, visa-se encorajar os estudantes a se familiarizarem tanto com softwares de Desenho Assistido por Computador (CAD) quanto com as técnicas de impressão 3D. Anéis de vedação “oring” foram sugeridos como pneus.

Porém, para a concepção do design do projeto, faz-se necessária a definição dos componentes eletrônicos que irão o constituir. O papel do educador é apresentar o funcionamento dos componentes que serão usados, fazendo com que os alunos sejam capazes de reconhecer que um carrinho pode executar seus movimentos básicos (ir para frente, trás, direita ou esquerda) caso ele tenha motores, driver de potência, microcontrolador e bateria. Na tabela 2, constam os materiais que foram utilizados.

Tabela 2. Materiais utilizados

Quantidade	Material
2	Motor DC 3-6V com redução
1	Arduino Pro Mini
1	Driver L298N
2	Bateria 9V
2	Clip de bateria 9V
2	Parafuso e porca M3 30mm
	Jumpers

Definidos os componentes e o design do carrinho, é necessária a programação das tarefas que ele irá realizar. A linguagem utilizada pelo Arduino é uma adaptação da linguagem C, que pode ser bastante complexa para estudantes do Ensino Fundamental. Para facilitar este processo, o educador pode optar pelo uso da linguagem Scratch. Desenvolvida pelo MIT, esta é uma linguagem mais amigável, estruturada em blocos, indicada para crianças a partir de 8 anos de idade. Além disso, o software S4A (Scratch for Arduino) torna possível a programação de Arduino utilizando Scratch.

Nesta etapa, o mais importante é fazer com que os alunos desenvolvam o raciocínio lógico, e comecem a estruturar seus pensamentos como todo bom programador faz. Para isso, diferentes desafios devem ser propostos, como por exemplo alterar a sequência de movimentos que o carrinho irá realizar.

4. Resultados obtidos

O design do carrinho desenvolvido pelos autores obedece os padrões de dimensão estipulados pela IEEE e suporta todos os componentes necessários para seu funcionamento. Na figura 1, é possível observar à esquerda a diposição dos componentes no interior do projeto, e à direita sua aparência quando é colocada a peça superior. Foram utilizadas cola quente e fita dupla-face para melhor fixação de alguns materiais.

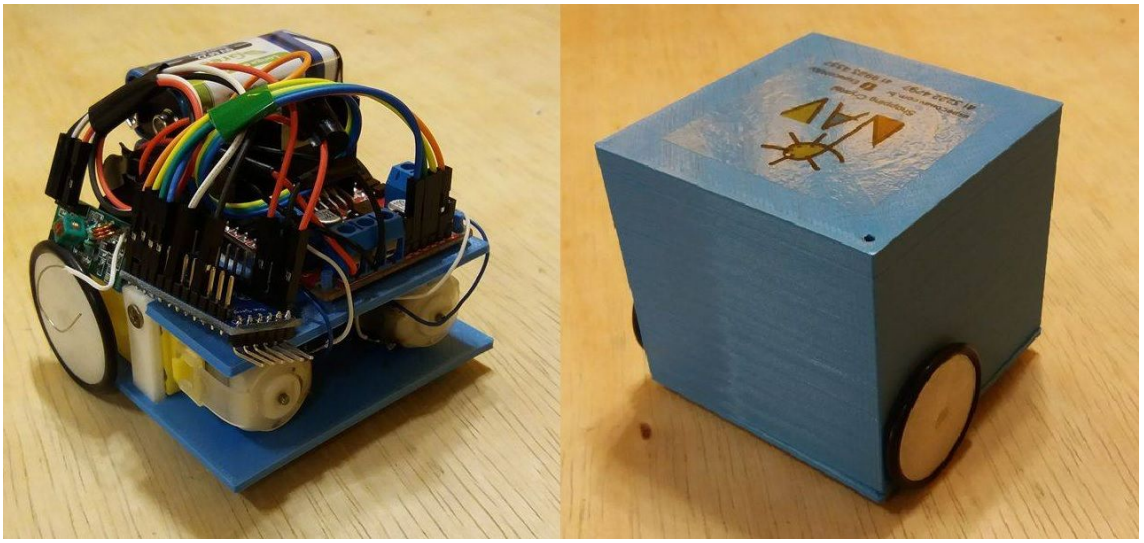


Figura 1. Vista interior e exterior do carrinho

A princípio, o programa criado executa algumas funções básicas, como a de se movimentar para frente, para trás, para esquerda e para a direita, dentro de determinados intervalos de tempo. A intenção foi deixar o código bastante didático, para facilitar o entendimento dos alunos e mostrar que eles são capazes, com os conhecimentos adquiridos em sala de aula, de elaborar uma lógica semelhante a essa.

Cabe destacar que o L298N possui quatro entradas, e pode controlar dois motores (IN1 e IN2 para um, IN3 e IN4 para outro). Para controlar o movimento do carrinho, basta colocar em nível lógico alto as saídas que fazem cada um dos motores girar para o sentido desejado, como especificado na tabela 3.

Tabela 3. Controle do sentido de giro dos motores

	IN1 / IN3	**IN2 / IN4**
HORÁRIO	HIGH	LOW
ANTI-HORÁRIO	LOW	HIGH
PONTO MORTO	LOW	LOW
FREIO	HIGH	HIGH

Diversos sensores podem ser adicionados ao carrinho, dependendo apenas das funções que se deseja que ele execute. Por exemplo, para controlar seus movimentos via controle remoto, pode-se utilizar um sensor de radiofrequência; para identificar a distância que determinado objeto se encontra, um sensor ultrassônico; para seguir uma linha ou identificar cores, um sensor de cor. Porém, isto exige um nível mais avançado de conhecimentos de linguagem de programação. A figura 2 apresenta dois carrinhos que utilizam sensores diferentes: o infravermelho para o da esquerda e o de cor para o da direita.

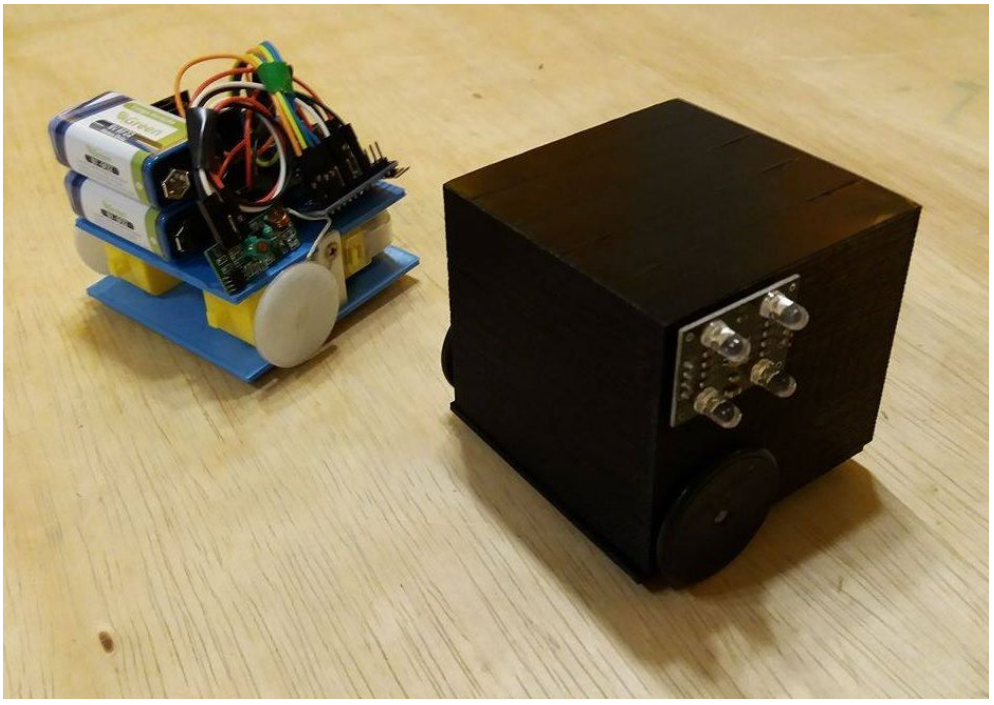


Figura 2. Carrinho com sensor infravermelho (esquerda) e com sensor de cor (direita)

5. Conclusões

A reforma do Ensino Médio proposta pelo MEC incentiva, por meio da BNCC, a introdução de conceitos das ciências exatas já no Ensino Fundamental, além de antecipar a escolha da área eletiva que o estudante pretende seguir. Neste cenário, a metodologia ABP surge como uma opção interessante, por ser um método prático que estimula os alunos a aprender resolvendo problemas existentes no mundo real.

Analisando os currículos dos Anos Finais do Ensino Fundamental presentes na BNCC, foram selecionados diversos conteúdos que estão diretamente relacionados com as áreas do STEM. O projeto descrito neste artigo foi criado com o objetivo de integrar estes conceitos seguindo os princípios da ABP. Os autores acreditam que o desenvolvimento deste carrinho irá auxiliar os alunos a decidirem as áreas eletivas que desejam seguir no Novo Ensino Médio, e também irá prepará-los para o que está por vir.

Este é apenas um exemplo de projeto que pode ser utilizado para promover a Educação STEM através da ABP. Futuramente, pretende-se criar projetos diferentes, que trabalham outros conceitos, visando expandir cada vez mais o conhecimento dos estudantes envolvidos nesta nova estrutura de educação do Brasil.

Referências

BENDER, Willian N. Aprendizagem baseada em projetos: educação diferenciada para o século XXI. Penso Editora, 2015.

CAPRARO, Robert M.; CAPRARO, Mary M.; MORGAN, James R. STEM project-based learning: An integrated science, technology, engineering, and

mathematics (STEM) approach. 2013.

Competição Latino Americana e Brasileira de Robótica 2017. IEEE Very Small Size Soccer. Disponível em: <https://goo.gl/P16j42>. Acessado em: 06 de jul. 2017.

KARPUDEWAN, M; PONNIAH, J; MD. ZAIN, A. Project-Based Learning: An Approach to Promote Energy Literacy Among Secondary School Students. Asia-Pacific Education Researcher (Springer Science & Business Media B.V.), v. 25, n. 2, p. 229-237, Apr. 2016. ISSN: 01195646.

MEYRICK, Kristy M. How STEM education improves student learning. Meridian, v. 14, n. 1, 2012.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Base Nacional Comum Curricular, v. 3. Disponível em: <https://goo.gl/T3PV4X>. Acessado em: 06 de mai. 2017.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Novo Ensino Médio - DÚVIDAS. Disponível em: <https://goo.gl/ouDRZt>. Acessado em: 18 de abr. 2017.

ROCKLAND, Ronald et al. Advancing the “E” in K-12 STEM education. 2010.

SANDERS, Mark E. Stem, stem education, stemmania. 2009.

A Aplicação da Robótica Educacional sob a Concepção da Metodologia da Aprendizagem Baseada em Problemas

Luiz Roberto Cuch[1], Marilene Santana dos Santos Garcia[2], Luciano Frontino de Medeiros[3]

[1] Centro Universitário de União da Vitória – UNIUV – Avenida Bento Munhoz da Rocha Neto, 3856 – União da Vitória/PR

[2] Mestrado em Educação e Novas Tecnologias – PPGENT – UNINTER – Rua do Rosário, 147 – CEP 80020-110 – Curitiba/PR

[3] Mestrado em Educação e Novas Tecnologias – PPGENT – UNINTER – Rua do Rosário, 147 – CEP 80020-110 – Curitiba/PR

{prof.luizroberto@uniuv.edu.br, marilene.g@uninter.com, luciano.me@uninter.com.}

Resumo. *Este artigo descreve a aplicação da metodologia de aprendizagem baseada em problemas (PBL - Problem Based Learning) em uma experiência de aplicação de um projeto de Robótica Educacional com escolas públicas da região de Porto União-SC. O objetivo é investigar se a sua utilização é eficaz e de que forma contribui para uma melhor aprendizagem dos alunos. A partir da análise dos resultados obtidos, pôde-se constatar que a metodologia PBL se mostrou apropriada na aplicação da RE, ampliando o desenvolvimento da atenção, raciocínio lógico e trabalho em equipe dos alunos envolvidos no projeto.*

1. Introdução

Com relação à qualidade do ensino da educação básica, constata-se que este é um dos maiores desafios da educação brasileira. Resultados de avaliações de aprendizagem nacionais e internacionais têm mostrado sistematicamente que o estudante brasileiro sai da escola com grande defasagem não só com respeito aos conteúdos essenciais como também relativo às competências necessárias para enfrentar as demandas desse século (SILVA,2011).

O relatório Delors da UNESCO, coordenado por Jacques Delors (2010), faz uma proposta de uma educação direcionada para as quatro competências que se prevê necessárias para um cidadão do século XXI: aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a viver com os outros, e aprender a ser. Mesmo chegando a quase uma década a divulgação dessas constatações, ainda existem grandes questões a serem tratadas no âmbito da escola para que se alcance tais competências. Isso nos faz refletir sobre como se planeja o futuro (BURD, 2017). Desse modo, vale destacar as conclusões do Fórum Econômico Mundial realizado em 2016, que tratou do tema "O Futuro do Trabalho", expandindo as referidas competências e dando atenção especial à criatividade. Dados apresentados na ocasião projetam as seguintes tendências para 2020, vistas como propícias a preparar os alunos no presente, entre elas: resolver problemas complexos; ter pensamento crítico; ser criativo; saber escolher e motivar equipes; saber trabalhar em

grupo; estar atento às reações dos outros; avaliar custos e benefícios nas decisões; buscar soluções para as pessoas; ser diplomata e conciliador; ser flexível no uso de conhecimentos (BURD et al, 2017, p. 32).

Contata-se, de modo geral, uma ênfase na capacidade mental, para resolver problemas, bem como ter sintonia com demandas do mundo real que afetam o âmbito social e coletivo. Dessa forma, é preciso estimular nos alunos o hábito de aprender a aprender. O desafio do processo educativo, em termos propedêuticos e instrumentais, é construir condições do aprender a aprender e do saber pensar (DEMO, 1996, p.30). Nas mais diferentes áreas do conhecimento percebe-se a necessidade de fazer com que o aluno busque o conhecimento de forma que crie novos significados, que aprenda com seus erros e que não receba o "conhecimento" de forma pronta. Nesse sentido, Moran et al (2000) assevera que o conhecimento não se passa, o conhecimento se cria, se constrói.

Num cenário em que as mudanças ocorrem em um ritmo acelerado, as empresas e seus funcionários, precisam se adaptar de forma eficaz. E é preciso preparar os alunos para que se tornem pessoas capazes de enfrentar situações a partir de diferentes contextos, para que busquem sempre aprender novos conhecimentos e habilidades. Dessa maneira, estarão mais bem preparados para se adaptarem às mudanças culturais, tecnológicas e profissionais emergentes.

O desafio presente é a preparação destes alunos para este novo perfil. Um dos caminhos é fazer com que a escola e professores adotem em seus programas de ensino e aprendizagem metodologias ativas, que valorizem o papel do aluno visando uma melhor preparação para a cidadania. Uma das formas que leva os alunos a aprender a aprender é a utilização da PBL como metodologia de ensino.

Dessa maneira, o presente artigo tem por objetivo mostrar uma experiência da aplicação de um projeto de Robótica Educacional (RE), bem como sob a metodologia ativa do PBL visando avaliar se esta metodologia se mostra eficaz para ser trabalhada nas aulas de um projeto de RE. Para a referida pesquisa, foi utilizada como metodologia de pesquisa descritiva, utilizando-se um estudo de caso. Para a coleta de dados, foi utilizado um questionário aberto, cujos dados foram analisados de forma qualitativa, procurando validar se a hipótese de que a metodologia PBL é eficaz na aplicação da RE. A partir dos resultados obtidos por meio da análise dos dados, pôde-se constatar que a metodologia PBL se mostrou apropriada para a utilização no contexto de aplicação da RE.

2. A Metodologia do Problem Based Learning - PBL

A metodologia PBL baseia-se na apresentação de situações que exijam dos alunos uma atitude ativa ou um esforço para buscar suas próprias respostas, seu próprio conhecimento. Segundo Kalatzis(2008) a aprendizagem baseada em problemas foi idealizada a partir dos estudos de Barrows e Tamblyn (1986), visando solucionar problemáticas do curso de medicina, da McMaster University, Canadá. Na concepção de Barrows (1986, apud Kalatzis 2008), esta metodologia apresenta, em sua base, a utilização de problemas como ponto de partida para a aquisição e integração de novos conhecimentos. Isso pressupõe promover nos alunos o domínio de procedimentos, assim como a utilização dos conhecimentos disponíveis, para dar resposta a situações variáveis e diferentes (POZO, 1998). Devido a este fator, a PBL é uma metodologia ativa que coloca o aluno no centro do processo de ensino.

A resolução de problemas tem grande poder motivador para o aluno, pois o envolve em situações desafiadoras que o estimulam a participar de forma ativa da aula, construindo o seu próprio conhecimento através da aprendizagem por descoberta e valorizando a aprendizagem por tentativa e erro. Soares (2013), afirma que:

> Quando se ensina através da resolução de problemas, ajuda-se os alunos a desenvolver sua capacidade de aprender a aprender, habituando-os a determinar por si próprios respostas às questões que os inquietam, sejam elas questões escolares ou da vida cotidiana, ao invés de esperar uma resposta já pronta dada pelo professor ou pelo livro-texto.

Para resolver com eficiência um problema, Polya (1995 apud POZO, 1998) descreveu passos a serem seguidos, os quais devem partir da necessidade de aprendizagem do aluno: inicialmente é necessário compreender a tarefa, depois conceber um plano para resolução da tarefa, executar esse plano e por fim analisar a resposta conseguida. A metodologia de resolução de problemas, embora seja utilizada com mais frequência nas disciplinas de matemática e física, tem potencial de ser aplicada em qualquer disciplina, pois o senso de investigação nos alunos, estimulando a criatividade na busca de estratégias para se chegar a uma solução para o problema proposto.

Com a utilização da metodologia de resolução de problemas, o aluno torna-se o centro do processo de ensino-aprendizagem, pois deve ser ativo na busca de soluções Por outro lado, o professor incorpora um papel fundamental, pois atua como incentivador, facilitador, mediador das ideias apresentadas pelos alunos, de modo a intervir positiva e responsavelmente para que estas sejam coerentes, levando o aluno a pensar e a gerar seus próprios conhecimentos.

Para que de fato esta metodologia seja eficaz, o professor deve promover um ambiente de cooperação, de busca, de exploração e descoberta, deixando claro que o mais importante é o processo e não o tempo investido para solucionar a questão e trazer resposta final (SOARES, 2013).

O professor deve investigar com os alunos quais situações-problema levam à produção do conhecimento, fazendo-os participar ativamente do processo de ensino, buscando e analisando reflexões e respostas para os problemas propostos de modo a aprender a aprender.

3. Robótica Educacional

Metodologicamente, a RE aborda o “aprender-fazendo” assim denominado por Seymour Papert, educador que adaptou princípios do construtivismo cognitivista com base em Jean Piaget. Papert é considerado um dos pioneiros da RE. Em 1985 criou uma linguagem de programação denominada LOGO, após alguns anos essa linguagem pôde ser aprimorada, e recebeu o nome de LEGO-LOGO, cujos comandos da linguagem eram transferidos para uma tartaruga mecânica que executava o que tinha sido programado (PAPERT, 2008).

Atualmente, RE está relacionada à implementação de projetos educativos, melhorando o entendimento através de práticas de operação e fabricação de robôs, criando um cenário de aprendizagem que possibilite aos alunos construírem o conhecimento (MOREIRA, 2016). Neste âmbito, a Robótica pode ser trabalhada de forma interdisciplinar, articulando várias disciplinas dispostas no currículo escolar.

Segundo o projeto educacional da EDACOM (ORTALAN, 2003), o aluno que participa de um sistema de ensino, que usa a Robótica como ferramenta de aprendizagem, apresenta uma série de vantagens, tais como: Explorar a investigação e a exploração, o trabalho em equipe, resolver problemas, ter organização, entre outros. Embora a utilização da RE tenha o potencial de proporcionar essas vantagens, ela não deve ser vista com a solução para os problemas do sistema de ensino, pois ainda é uma área em desenvolvimento no Brasil e os seus benefícios precisam ser analisados com mais profundidade, como também mais trabalhos empíricos de fundo devem ser aplicados.

4. A metodologia PBL (*Problem Based Learning*) na aplicação da Robótica Educacional

A utilização da metodologia PBL tem como base o aprendizado através da tentativa e erro, ancorada na concepção construtivista proposta por Piaget, na qual o erro é visto como uma oportunidade de aprendizagem. O erro tem um papel muito importante nas teorias de base construtivista (SILVA, 2008) . Ele coloca o aluno em situações problematizadoras, fazendo com que fique estimulado e se empenhe em buscar soluções, pela análise dos erros e também, por novas tentativas. O erro deixa de ser uma forma de punição para o aluno e passa a ser uma situação que leva a criança a entender melhor suas ações, usando novas estratégias, ampliando sua criatividade e buscando novos referenciais, necessários para produzir outras soluções a serem testadas.

Para uma aprendizagem significativa com a utilização da RE sob a metodologia PBL, os alunos são estimulados a pensar, estruturar suas ideias, elaborar hipóteses, para, enfim, chegar ao objetivo proposto. Devido a isso, os projetos de RE, sob o contexto da metodologia de aprendizagem baseada em problemas, seguem 4 momentos distintos: problematização, exploração de possíveis soluções, desenvolvimento das soluções elencadas e análise dos resultados.

Na problematização, após a divisão das equipes de trabalho, são expostas aos alunos atividades na forma de desafios/situações-problema a fim de incentivar a aprendizagem por descoberta e estimulá-los a utilizar o raciocínio lógico para a sua resolução. Um exemplo de desafio de uma situação-problema: “Criar um veículo motorizado que deve se locomover em linha reta desviando os obstáculos encontrados e respeitando uma distância de segurança de 15 centímetros”.

Num segundo momento, os alunos listam as possíveis soluções, apontando como será o processo, quais componentes ou sensores serão utilizados, qual tipo de objeto será construído entre outros. Nessa etapa é importante salientar a importância do respeito às opiniões e ideias do outros, bem como o trabalho em equipe.

Na terceira etapa, os alunos precisam colocar em prática as ideias obtidas no momento anterior, a fim de solucionar os problemas. Trata-se da fase de testes, da aplicação das possibilidades e ideias listadas no momento anterior, é preciso desenvolver as hipóteses elencadas pelo grupo para resolver o problema proposto.

Na análise dos resultados, visa-se verificar os dados obtidos com a aplicação das possíveis soluções. Nesse sentido o objetivo é verificar se a resolução do problema aconteceu de maneira eficaz. Estes momentos formam um ciclo continuo até que de fato o problema seja solucionado, instigando o aluno a desenvolver o raciocínio lógico através

do controle, da programação, da experimentação, da reflexão e da busca por solução de problemas.

É comum ver estudantes falharem ao tentar resolver um problema, porque tentam resolvê-lo inteiramente e de uma vez só, ao invés de tentar resolvê-lo em partes e depois reuni-las, chegando a entender o problema como um todo. É preciso substituir o modelo de aprendizado adotado pela escola por princípios para resolver problemas (PAPERT, 2008). Nesta perspectiva da metodologia de resolução de problemas o aluno é estimulado a raciocinar para que consiga atingir as metas, também é instigado a trabalhar em equipe produzindo assim a aprendizagem de forma colaborativa.

5. Metodologia

A presente pesquisa foi desenvolvida a partir do projeto em execução denominado "A aplicação da RE nas escolas públicas do município de Porto União – SC" tendo a concepção pedagógica baseada na metodologia da aprendizagem baseada na resolução de problemas (PBL). Este projeto é mantido por um programa de incentivo à pesquisa acadêmica do Centro Universitário de União da Vitória – UNIUV. Participam do projeto 20 alunos das primeiras e segundas séries do Ensino Médio. Destes, 10 são da Escola de Educação Básica Nilo Peçanha e 10 da Escola de Educação Básica Professor Balduíno Cardoso, ambas localizadas no município de Porto União, Santa Catarina. As aulas do referido projeto acontecem, no período do contraturno.

Foi realizada uma pesquisa exploratória em que a coleta de dados ocorreu por meio da aplicação, pelos próprios pesquisadores, de um questionário contendo 4 perguntas impressas e cujas respostas deveriam ser escritas pelos respondentes. O objetivo do questionário foi levantar os seguintes aspectos: percepção, motivação, avaliação da metodologia PBL e do processo de aprendizagem por parte dos estudantes. A pesquisa foi realizada em uma das escolas em que o projeto estava em andamento, sendo que dos 10 alunos participantes, 9 responderam ao questionário.

6. Resultados e Discussões

A metodologia PBL tem como uma das principais características o problema e uso de estratégicas de natureza cognitiva, afetiva, de atenção e raciocínio para poder resolvê-lo, privilegiando processos de tentativa e erro. Nesse contexto o professor tem um papel fundamental na aplicação desta metodologia, ele precisa esclarecer as etapas envolvidas e incentivar os alunos, propondo-lhes atividades desafiadoras.

Em uma das perguntas, os alunos foram questionados, se as aulas do projeto de robótica eram desafiadoras, sendo que todos disseram que sim e alguns justificaram suas respostas, conforme quadro 1.

Quadro 1: Pergunta - As atividades do projeto são Desafiadoras?

ALUNOS	RESPOSTAS

ALUNO1	“Porque a gente tem que montar as peças do jeito certo se montar errado não dá certo o robô”
ALUNO2	“Porque é o grupo todo precisa pensar e trabalhar em equipe para conseguir completar os projetos”
ALUNO3	“Porque a cada aula temos uma meta a ser comprida”
ALUNO4	“Sim porque temos que montar igual a revista”
ALUNO5	“A gente tem que fazer o robô cumprir a tarefa dada pelo professor”
ALUNO6	“Temos que programar o robô para fazer a tarefa”
ALUNO7	“Sim porque fazem testes de pensamento, em busca de um método para o robô funcionar”
ALUNO8	“Sim, toda aula é uma atividade diferente”
ALUNO9	“Temos que fazer projetos dados pelo professor em todas as aulas”

As respostas dos alunos apontam que estes consideram as aulas do projeto desafiadoras devido às tarefas que precisam cumprir a cada aula. O professor atua um mediador para que o aluno trabalhe de forma colaborativa, buscando soluções para os problemas propostos. No PBL o professor que deve preparar atividades de forma que estimulem os alunos a buscarem aprender/descobrir soluções.

Quando os alunos foram questionados se se sentiam estimulados a buscar soluções para as atividades propostas, todos responderam positivamente, alguns justificaram as suas respostas, conforme quadro 2.

Quadro 2: Pergunta – Você se sente estimulado a buscar soluções para as atividades propostas?

ALUNOS	**RESPOSTAS**
ALUNO1	“Somos estimulados pelas atividades propostas pelo professor e ainda quando não temos a peça para montar o robô, daí precisamos improvisar”.
ALUNO2	“Porque precisamos pensar muito quando algo não dá certo, precisamos descobrir como funciona e identificar o erro”
ALUNO3	“Porque nem sempre dá certo e temos que arrumar por conta própria”
ALUNO4	“Na busca de uma forma de consertar e construção, estimulamos o pensamento”
ALUNO5	“Porque se a gente faz algo e aquilo não funciona a gente tem que ver o que aconteceu e consertar”
ALUNO6	“A cada aula o nível de dificuldade vai aumentando e o professor não ajuda a resolver os problemas, faz com que nois (sic) pense como resolver”
ALUNO7	“Sim porque temos que consertar os projetos para funcionar”

ALUNO8	“Sim, porque toda forma de aprendizado é válida”
ALUNO9	“Quando algo não dá certo precisamos desmontar e começar tudo novamente quantas vezes for necessário e mandar a foto no grupo do Projeto funcionando”

Nas aulas os alunos recebem as tarefas a serem cumpridas e são orientados a montar os projetos e programar os robôs para realizarem uma sequência de comandos. Caso os grupos não consigam realizar este desafio inicial, o professor faz apenas a mediação, apontando os erros. Contudo, cabe ao grupo de forma colaborativa realizar as correções. Na PBL o aluno é levado a ser ativo, utilizando o raciocínio lógico para cumprir as tarefas propostas.

Questionados sobre como avaliam esta metodologia para o seu aprendizado obteve-se as seguintes respostas, conforme mostra o quadro 3.

Quadro 3: Pergunta – Como você analisa a metodologia de resolução de problemas para o seu aprendizado?

ALUNOS	**RESPOSTAS**
ALUNO1	“Eu acho que a cada trabalho que não conseguimos realizar é uma chance a mais para que no outro dia eu consega (sic) fazer um bom trabalho”
ALUNO2	“É muito importante pq(sic) a gente consegue ver onde errou, e aprendemos com os nossos erros”
ALUNO3	“Sem problemas não há aprendizado”
ALUNO4	“Eu vejo onde ta(sic)o erro e tento resolver”
ALUNO5	“As peças no lugar errado fazem o robô não funcionar”
ALUNO6	“Acho legal essa metodologia, pois são como testes, usamos aqui e vai nos ajudar na vida”
ALUNO7	“Nos ajudara a resolver os problemas na vida”
ALUNO8	“É bom pq somos estimulados a arrumar o que estiver errado e não desistir”
ALUNO9	“Importante porque tenho que resolver problemas como que numa empresa”

Através das respostas, infere-se que todos os alunos concordam que a metodologia é eficaz, podendo contribuir para o seu aprendizado e apontam que o trabalho da robótica pode facilitar a aquisição de competências favoráveis à aprendizagem ao longo da vida.

Na aplicação da metodologia PBL o erro tem um fator primordial o aluno pode refletir sobre o que errou e o que deve fazer para que o mesmo seja solucionado. Na referida pesquisa foi perguntado aos alunos: Como você avalia a aprendizagem por tentativa e erro?

Quadro 4: Pergunta – Como você avalia a aprendizagem por tentativa e erro?

ALUNOS	RESPOSTAS
ALUNO1	"Eu aprendo melhor quando consigo ver onde errei"
ALUNO2	"Eu aprendo melhor com os erros e dificilmente vou cometer o erro novamente"
ALUNO3	"Tenho uma nova chance de resolver o problema"
ALUNO4	"Eu vejo ótimo, pois aprendendo melhor"
ALUNO5	"É uma forma de aprender, mais precisa ter paciência"
ALUNO6	"Eu consigo ver onde errei"
ALUNO7	"Vendo o erro sei que não posso errar novamente"
ALUNO8	"Devemos tentar quantas vezes for possível se não der certo paciência rsrs (sic)"
ALUNO9	"Eu acho bom, pois é uma nova chance de fazer tudo de novo com qualidade"

A partir das respostas obtidas pôde ser observado que os alunos avaliaram a aprendizagem pela valorização do feedback que, por sua vez, orienta o processo de tentativa e erro de forma positiva. Alguns respondentes afirmaram que aprenderam melhor quando o professor identificava onde erravam. Nesta perspectiva o professor tem a função de fazer a mediação, dando o *feedback* das atividades para os alunos, levando-os a uma reflexão sobre os seus erros, na busca de atingir os resultados propostos.

7. Considerações Finais

Após 4 meses de aplicação do projeto e pelos resultados da presente pesquisa, pôde-se constatar que a metodologia PBL se mostrou apropriada para a utilização dentro do contexto de aplicação da RE. Isso se verifica quanto aos aspectos estabelecidos no objetivo da pesquisa.

Os resultados mostraram que os alunos são unânimes quanto à aplicação das atividades de robótica como desafiadoras. Quando ao aluno se sentir estimulado, evidencia-se a autonomia dos mesmos na busca das soluções para resolver os problemas postos. Também constatou-se a boa aceitação da metodologia PBL por parte deles, na direção da aquisição das competências que facilitam o aprendizado ao longo da vida, e por fim a valorização do *feedback*, no processo de tentativa e erro, que é essencial ao sucesso da aplicação da metodologia PBL.

Este artigo faz parte de um projeto de pesquisa em andamento de um dos autores. Na finalização da aplicação deste projeto, a amplitude dos dados coletados possibilitará uma análise mais detalhada e completa, o que permitirá comparar com os resultados preliminares já aqui descritos e com novos relatos de alunos relacionados à aplicação da RE, a serem abordados em trabalhos futuros.

Referências

BURD, L. et al. **Aprendizagem Criativa. Programa Escolar 2017/2018**. Disponível em: <http://educacao.faber-castell.com.br/professores/ programa-escolar/>. Acesso em 12/09/2017.

DELORS, J. **Educação: um tesouro a descobrir**. Relatório para a UNESCO da Comissão Internacional sobre Educação para o século XXI. São Paulo: Cortez, 2010.

DEMO, P. **Educação e qualidade. Campinas**: Papirus, 1996.

KALATZIS, A. C. **Aprendizagem baseada em problemas em uma plataforma de ensino a distância com o apoio dos estilos de aprendizagem**: uma análise do aproveitamento dos estudantes de engenharia. 2008. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MORAN. J. M., MASSETO, M. T.; BEHRENS, M. A. **Novas tecnologias e Mediação pedagógica**. Campinas, SP: Papirus, 2000

MOREIRA, L. R. **Robótica Educacional: Uma perspectiva de ensino e aprendizagem baseada no modelo construcionista**. 2016. 131 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Informática Aplicada, Universidade de Fortaleza, Fortaleza, 2016.

ORTOLAN, I. T., **Robótica Educacional**: uma experiência construtiva. 102p. Dissertação. (Mestrado em Ciência da Computação) – UFSC, Florianópolis, 2003.

PAPERT, S. **A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática**. Porto alegre: Artes Médicas, 2008.

POZO, J. I. **Teorias cognitivas da aprendizagem**. Porto Alegre, Artes Médicas. pp. 178-204, 1998

SILVA, E. G. **O debate sobre a qualidade do ensino na escola no Brasil a partir do Saeb e da Prova Brasil**. 2011. Disponível em: <http://nipp.ufsc.br/files/2011/08/Qualidade-do-Ensino-no-Brasil.pdf>. Acesso em: 07 jul. 2017.

SILVA, E. M. D. A Virtude do Erro: uma visão construtiva da avaliação. In **Estudos em Avaliação Educacional**, v 19, n. 39, janeiro/abril, 2008.

SOARES, M. T. C.; PINTO, N. B. **Metodologia da Resolução de problemas**. 2013. Disponível em: <http://www.ufrrj.br/emanped/paginas/ conteudo_producoes/docs_24/metodologia.pd f>. Acesso em: 07 jul. 2017.

Fatores motivadores para o uso da Robótica Educacional como método de ensino aprendizagem na Educação Básica.

Laureane Pereira de Sousa, Virgílio Stefanin Pacheco dos Santos

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Brasília – Campus Taguatinga

{pslaureane,virgiliosps}@gmail.com

Abstract: *This paper aims to understand the motivation to use Educational Robotics as a teaching-learning instrument, for which a survey was made on the use of educational robotics in articles published on the website of the Special Commission on Informatics in Education, http://ceie-br.org/, in the last 2 years. This analysis was based on the motivations presented in these studies, was verified a strong switched on teaching-earning process, especially to the insertion of technological resources, the improvement of skills and the development of activities.*

Resumo: *Este artigo visa compreender os fatores motivacionais que levam a escolha do uso da Robótica Educacional como instrumento de ensino-aprendizagem, para tanto se fez um levantamento sobre o uso da robótica educacional nos artigos relacionados à temática publicados no portal da Comissão Especial de Informática na Educação, http://ceie-br.org/, nos últimos 2 anos. Esta análise foi feita a partir das motivações apresentadas nesses estudos, em que se constatou forte preocupação com o processo de ensino-aprendizagem como um todo, principalmente no que diz respeito à inserção de recursos tecnológicos, ao aprimoramento das habilidades e ao desenvolvimento de atividades computacionais.*

1. Introdução

O século XXI trouxe consigo um novo modelo de sociedade, informatizada e que está em constante transição social, o que afeta a forma de pensar e de fazer educação e consequentemente exige a reorganização dos currículos e das metodologias utilizadas, pois o uso da tecnologia digital modificou a dinâmica do processo educativo possibilitando maior integração, envolvimento e compromisso social, na formação do cidadão participativo.

Tutoriais, jogos, simulações, internet, dispositivos robóticos e outros aplicativos são ferramentas e instrumentos tecnológicos cada vez mais utilizados como recursos para a auxiliar a aprendizagem. Encorajando o contato, a cooperação e a aprendizagem colaborativa entre os estudantes, além disso essa interação permite o retorno e repostas imediatas, propiciando um melhor aproveitamento e compreensão do tema abordado.

A Robótica Educacional, também conhecida como robótica pedagógica, começou a ser estudada nos anos 80 nos Estados Unidos, com a pesquisa de Seymour Papert e a linguagem de programação LOGO e, na década de 90, passou a ser desenvolvida no ambiente LEGO-Logo usando Kits LEGO para realizar as atividades. No Brasil, o estudo da robótica educacional iniciou-se nas universidades. Nos anos 2000 foram criados a Olimpíada Brasileira de Robótica (OBR) e o Workshop de Robótica Educacional (WRE), fórum cujo propósito é fomentar o uso da robótica educacional no ensino básico.

Um dos benefícios ao se utilizá-la nos anos iniciais é a possibilidade do estudante empregar seus conhecimentos teóricos de forma prática e interdisciplinar com uma variedade de objetos de estudos. Outros benefícios para seu uso, são os estímulos a colaboração, a capacidade de solucionar problemas, o senso crítico, a argumentação, a criatividade, a autonomia, a responsabilidade e a postura empreendedora.

Quando Seymour Papert reformulou a teoria de Piaget, criou o Construcionismo, Almeida (1996), explica que o construcionismo é uma nova abordagem do uso do computador na educação, voltado para o processo de aprendizagem do aluno que o utiliza na busca pela informação, para resolução de situações-problemas ou para a criação de projetos, sobretudo o computador é um instrumento de representação do pesamento sobre o conhecimento em construção.

Assim, com o intuito de se conhecer a sua atual situação de como a Robótica Educacional é utilizada na Educação Básica, surge a necessidade de fazer um estudo da arte, revisão bibliográfica, sobre as motivações que levam ao uso da robótica como ferramenta de ensino-aprendizagem, levando em consideração o que foi desenvolvido nos últimos 2 anos.

2. A Robótica Educacional

Miranda e Suanno (2009) destacam que a Robótica Educacional consiste na aprendizagem por meio da montagem de sistemas constituídos por robôs. Segundo as autoras, esses dispositivos passam a ser “artefatos cognitivos que os alunos utilizam para explorar e expressar suas próprias ideias, ou 'um objeto-para-pensa-com', nas palavras de Papert (1986)” [Miranda e Suanno 2009] e concluem que ela tem proporcionado uma maneira diferenciada de trabalhar o aprendizado de conceitos.

A Robótica Educacional visa a solução de uma determinada situação-problema, utilizando o esforço do educando nessa solução que envolve hardware e software, logo é uma atividade desafiadora e também lúdica. [Sampaio, Borges e Miranda 2010]. Por isso D'Abreu e Bastos (2015) em seu estudo sobre o processo formativo de professores para ensinar robótica, ofereceram subsídios práticos e conceituais sobre a robótica pedagógica para a construção do saber de forma interdisciplinar, articulando aspectos cognitivos e lúdicos; concretos e abstratos na solução de problemas.

Logo a Robótica educacional trabalha com a teoria do pensamento computacional para habituar a criança a generalizar soluções para poder aplicar nas mais diversas situações a serem vivenciadas durante a vida, unido ao conceito de decomposição que reduz o problema a unidades mínimas, tornando mais fácil seu entendimento para, consequentemente, encontrar as possíveis soluções.

3. Por que utilizar a Robótica Educacional como ferramenta de aprendizagem na Educação Básica?

De acordo com Cummins (2014) os sistemas educacionais estão adotando cada vez mais conceitos de pensamento computacional, codificação e robótica, pois eles são essenciais ao mercado de trabalho do amanhã, uma vez que auxiliam os estudantes a explorar seu potencial e habilidades para solucionar situações problemas.

Atualmente no Brasil conhece-se a situação educacional de cada estado por meio do IDEB, que é um indicador de qualidade, que une informações de desempenho em exames padronizados obtido pelos estudantes ao término de cada módulo de ensino e do aproveitamento escolar, ou seja, o resultado é um produto entre o desempenho nos exames e o rendimento escolar. Nos últimos resultados apontados pelo IDEB observa-se que a medida que se avança nos módulos educacionais, mais difícil é para se cumprir a meta estipulada.

Devido a essa situação, visa-se buscar meios que auxiliem no desenvolvimento escolar do indivíduo de forma ampla, estimulando e desenvolvendo habilidades para que cada estudante possa ser protagonista na construção de seu aprendizado, consequentemente melhorando seu desempenho acadêmico. Pois, disso o ensino na sociedade da informação deve produzir cooperativamente os conhecimentos, favorecendo o aprendizado e incentivando a interação, a colaboração, o respeito mútuo, possibilitando a autonomia.

Outro ponto que favorece o uso da Robótica educacional como ferramenta de aprendizagem é que os atuais estudantes do ensino básico são nascidos após os anos 2000 e são considerados nativos digitais. Segundo Coelho (2012) nativos digitais são pessoas que nasceram e cresceram em um período de transformações tecnológicas e possuem facilidade ao manusear os artefatos do meio digital, possuem ainda diversas competências e habilidades que favorecem e facilitam o desenvolvimento de atividades com as tecnologias da informação e comunicação.

Essa geração se expressa e interage de forma digital, logo as tecnologias possuem um papel importante na formação e na compreensão dos conhecimentos. Portanto ela é “caracterizada pelas múltiplas competências e habilidades sensórios verbais e visuais que possuem e utilizam para se comunicarem” [Coelho 2012].

Do ponto de vista pedagógico por ser a aprendizagem um processo contínuo e dinâmico, que envolve mudanças nos aspectos cognitivos, sociais, emocionais, afetivos e físicos, e ocorre de forma espontânea por meio da experimentação e da interação com o meio ambiente e a sociedade, a robótica educacional é uma ferramenta poderosa de ensino-aprendizagem.

O ensino na sociedade da informação deve produzir cooperativamente os conhecimentos, orientado para o máximo proveito das condições oferecidas, favorecendo o aprendizado personalizado e o aprendizado cooperativo, incentivando a interação, a colaboração, o respeito mútuo e o espírito de equipe, possibilitando a autonomia, a responsabilidade, a participação e o fortalecimento da identidade pessoal. Essa descentralização faz com que a prática educativa seja construída coletivamente.

4. As Correntes Educacionais envolvidas na Robótica Educacional

Em 1970, Papert apoiado nas teorias construtivistas de Piaget, dá origem ao construcionismo. Piaget é considerado precursor da psicologia cognitiva contemporânea, sua teoria afirma que o conhecimento é construído a partir de interações sociais pelo comportamento humano, sendo que esse processo de aprendizagem é próprio, único e construído individualmente, ou seja, é uma construção interna porém também externa. Mario Carretero (1997) afirma que o conhecimento é uma criação do ser humano e não uma reescrita da realidade.

Uma das críticas a teoria de Piaget é justamente a falta de uma prática pedagógica clara e explicita, uma vez que não é a isto que ela se propõe, pois o construtivismo é uma teoria epistemológica [Piaget 1990]. "Afirmar que o construtivismo é uma teoria epistemológica é afirmar que ele foi concebido como uma forma de explicar a realidade da produção de conhecimento. Mais precisamente o conhecimento científico." [Franco 1993].

Com o trabalho de Papert em 1980 no livro Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas, se tem a primeira tentativa de unir uma abordagem construtivista e a tecnologia educacional, formando assim o Construcionismo.

5. Metodologia

Utiliza-se como base para a análise do estudo da arte os artigos publicados no portal da Comissão Especial de Informática na Educação, no período entre 2014 e 2016. As revistas utilizadas nessa revisão bibliográfica foram: Revista Brasileira de Informática na Educação; Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação – SBIE); Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação e Anais do Workshop de Informática na Escola.

O critério utilizado durante a análise dos artigos foi a observação dos motivos que levaram a realização de experiências educacionais com o uso da robótica, fosse ela feita por intervenção direta ou indireta. Entender o porque cada atividade foi realizada, assim como a metodologia escolhida para a interação, possibilita o entendimento da visão que se tem sobre o uso da robótica educacional no contexto escolar, bem como compreender as expectativas que se tem ao utilizá-la.

6. Análise e discussões

Os artigos analisados apresentam em sua totalidade uma preocupação com o processo de ensino-aprendizagem, evidenciando que a implementação da Robótica Educacional no contexto da Educação Básica de modo efetivo, ainda é um desafio a ser superado. As principais questões levantadas como motivadores para o seu uso foram i) a inserção de recursos tecnológicos no ambiente escolar; ii) o aprimoramento das habilidades dos alunos e iii) o estimulo ao desenvolvimento de atividades ligadas à computação.

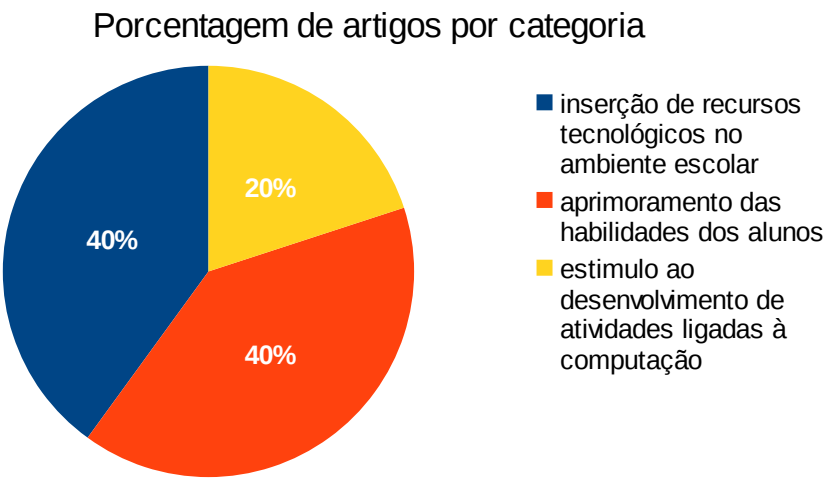


Gráfico 1: Quantidade de artigos por categoria

A evolução tecnológica caminha em alta velocidade, entretanto as ferramentas e recursos tecnológicos utilizados para desenvolver os saberes, não caminham na mesma velocidade, assim, 40% dos estudos apontam a necessidade de inserção desses mecanismos no segmento educacional, eles indicam também que o domínio tecnológico contribui para melhorar o desempenho dos alunos. Já 40% dos artigos evidenciaram o aprimoramento das habilidades dos alunos como fator motivacional ao escolherem trabalhar com a Robótica Educacional, essas habilidades dizem respeito principalmente as habilidades cognitivas. Devido a ampla aplicabilidade e interdisciplinariedade entre a robótica e as diversas áreas do conhecimento e o crescimento das modalidades de desafios robóticos, 20% dos artigos analisados apresentam a necessidade de estimular atividades ligadas à computação nas instituições de ensino como ponto de partida para iniciarem seus trabalhos competitivos, propondo métodos que possam analisar o comportamento robótico.

Os artigos da categoria inserção de recursos tecnológicos no ambiente escolar adotaram como metodologias levantamentos bibliográficos; desenvolvimento e aplicação de cursos introdutórios; avaliação do ambiente onde inseriam as tecnologias; análise de efeito e resultados alcançados com a iniciativa. Quanto ao aprimoramento das habilidades dos alunos, as metodologias utilizadas foram desenvolvimento de oficinas de montagem, programação e resolução de desafios; empirismo; análise do desenvolvimento dos estudantes; avaliação dos resultados e dos impactos obtidos e acompanhamento da execução da solução. E na categoria estimulo ao desenvolvimento de atividades ligadas à computação suas metodologias eram revisão bibliográfica; realização de experimentos e desafios em ambiente interno, análise de circuítos de percurso fechado; coleta de dados de cada tentativa e oficinas de aperfeiçoamento.

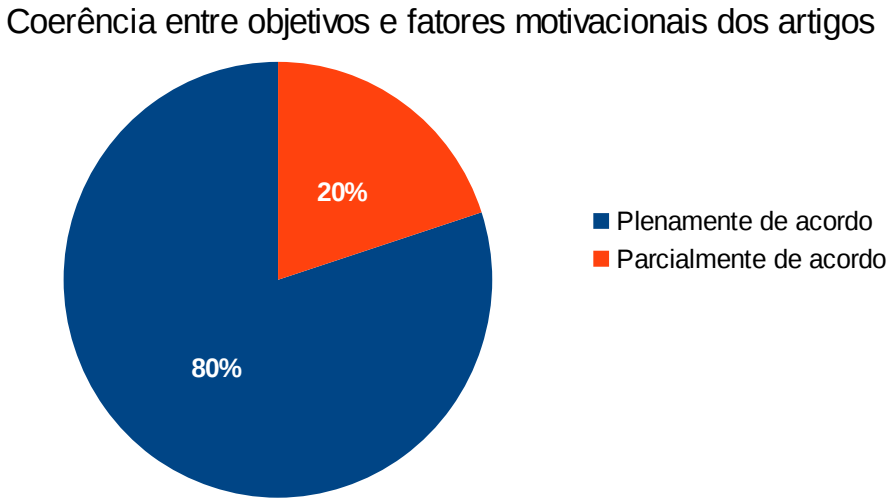


Gráfico 2: Coerência entre objetivos e fatores motivacionais dos artigos

Ao realizar esse estudo observou-se também as expectativas e objetivos de cada artigo analisado, para verificar se estavam de acordo com os fatores motivacionais, constatando que 80% dos objetivos propostos estavam plenamente de acordo com as motivações apresentadas e consequentemente obtiveram êxito em suas expectativas. Os outros 20% estavam parcialmente de acordo, pois articularam seus objetivos de forma desconexa, embora a metodologia utilizada atendesse as expectativas apresentadas.

Assim, conclui-se que os materiais de robótica vêm ganhando destaque no meio educacional, uma vez que um ambiente de robótica é desafiador, além de chamar a atenção da maior parte dos participantes, principalmente de crianças. Embora ainda seja preciso compreender como explicar a relação do conhecimento teórico com a prática, para superar o desafio de incluir robótica educacional de maneira efetiva nas escolas de ensino básico.

A maioria dos artigos vistos trabalhavam com desafios e soluções problema, pois buscavam verificar como os alunos agiriam diante das situações apresentadas. Um ponto importante levantado nesses trabalhos refere-se ao uso de linguagens visuais de programação, que tendem a facilitar a aprendizagem de programação e a compreensão sobre os dispositivos robóticos, oportunizando não somente o domínio tecnológico, como também a ampliação das habilidades cognitivas. Essas atividades levam os estudantes a terem afinidade com a cultura digital e estimulam a aplicação do pensamento computacional no cotidiano.

7. Considerações finais

Com a análise dos artigos é possível afirmar que a maior parte deles era voltado para o público do Ensino Médio, que trabalhavam em sua maioria com metodologias de ensino, já os que envolviam o público do ensino fundamental voltavam-se para a criação de softwares que auxiliassem a compreensão e as atividades de robótica.

O processo de aprendizagem integrado a tecnologia para ser eficaz necessita de mediação pedagógica – essa que tem foco no aluno e não no conteúdo, visando incentivar a autodescoberta e a autonomia do estudante, sendo que o feedback contante é importante, assim como a disponibilidade do professor para atender as solicitações dos alunos. Dessa forma o trabalho realizado produz os efeitos esperados e cumpre os objetivos planejados.

É preciso respeitar os talentos e os modos de aprendizagem diferentes, pois os alunos são dotados de inteligências múltiplas, sendo assim, devem ser estimulados a colocarem suas habilidades e competências a serviço da produção do conhecimento individual e coletivo, pois a inovação não está restrita ao uso da tecnologia, mas como o professor lança mão de seus recursos.

Portanto o ensino do futuro para ser eficaz deve ter como princípio a cooperação, a interatividade, o dialogo, o respeito às diferenças, para incentivar o educando a aprender fazendo, considerando todas as informações e conteúdos disponíveis no mundo real, garantindo a ele o direito de escolha de seu objeto de estudo, de acordo com seus interesses e necessidades. Isso envolve mudança nos métodos pedagógicos, nas formas de avaliação e na organização escolar.

8. Referências Bibliográficas

Almeida, Maria Elizabeth Bianconcini Trindade Morato Pinto de (1996) Informática e Educação Diretrizes para uma Formação Reflexiva de Professores 194f. Dissertação (Mestrado em Educação), Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo.

Carretero, Mário. (1993) Construir e Ensinar as Ciencias Socias e a História, Rio Grande do Sul: Artmed.

Coelho, Patrícia Margarida Farias (2012) Os nativos digitais e as novas competências tecnológicas. Revista Texto Livre Volume 5, Número 2 http://periodicos.letras.ufmg.br/index.php/textolivre

Cummins, Kevin. (2014) Teaching Digital Technologies & STEM: Computational Thinking, coding and robotics in the classroom. E-book http://a.co/eElw9bn.

D'abreu, João V. Viegas de; Bastos, Bruno Leal (2015) Robótica Pedagógica e Currículo do Ensino Fundamental: Atuação em uma Escola Municipal do Projeto UCA, Revista Brasileira de Informática na Educação, v. 23, n. 3, p. 56-67.

Franco, S.R.K., (1993) Construtivismo e Educação: um encontro importante e necessário, Revista, Ano 1, Nº 1, Dez, Jan, Fev.

Miranda, Juliano Rodrigues; Suanno, Marilza Vanessa Rosa. (2009) Robótica Pedagógica: prática pedagógica inovadora. In: IX Congresso Nacional de Educação – Educere e III Encontro Sul Brasileiro de Psicopedagogia PUC Paraná, p. 8073-8086.

Piaget, Jean (1990) Epistemologia genética, São Paulo: Martins Fontes.

Sampaio, Fábio Ferrentini; Borges, José Antonio dos Santos; Miranda, Leonardo Cunha de (2010) RoboFácil: Especificação e Implementação de um Kit de Robótica para a

Realidade Educacional Brasileira. Revista Brasileira de Informática na Educação, Volume 18, Número 3.

Análise das metodologias ágeis: Estudo para identificação de uma metodologia para o ensino de robótica educacional

Jose E. Bezerra Junior[1], Rommel W. de Lima[1,2]

[1]Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação (PPgCC) - UERN/UFERSA
CEP 59600-000 – Mossoró – RN – Brasil

[2]Programa de Pós-graduação em Ensino (POSENSINO) – UERN/UFERSA/IFRN

{jjose.etiene, rommel.lima}@gmail.com

Abstract. *This article presents a research centered on an analysis of the perception and use of agile methods, for the identification of a methodology to be inserted in the teaching of educational robotics as a pedagogical methodology. With this, we will point to a new methodological approach implanted in robotics teaching, where an agile methodology will be used. This analysis followed a process of selection of articles of 2016 and 2017 to verify which were the most cited methodologies recently. In the end, a comparison was made where it was concluded through the analysis that pointed to the methodology Extreme Programming.*

Resumo. *Este artigo apresenta uma pesquisa centrada em uma análise da percepção e utilização de métodos ágeis, para a identificação de uma metodologia a ser inserida no ensino da robótica educacional como uma metodologia pedagógica. Com isso, apontaremos para uma nova abordagem metodológica implantada no ensino de robótica, onde será utilizado uma metodologia ágil. Esta análise seguiu um processo de seleção de artigos de 2016 e 2017 para verificar quais eram as metodologias mais citadas recentemente. No final, foi realizado um comparativo onde chegou-se à conclusão através da análise que apontou para a metodologia Extreme Programming.*

1. Introdução

A Engenharia de Software consiste em uma área na qual se encontra dentro da computação, e tem o objetivo de fazer a especificação do processo de desenvolvimento do software, bem como, a criação e manutenção do software [Pressman 2011]. Por isso utiliza a aplicação de tecnologias e métodos de gerência de projetos com o objetivo de definir a melhor maneira de produzir softwares. Existem vários processos de desenvolvimento de software diferentes, mas todos utilizam: especificação, projeto e implementação, validação e evolução.

Em cursos superiores é bastante comum encontrar uma ou mais disciplinas relacionadas à Engenharia de Software, que abordam fundamentos científicos no processo de desenvolvimento de software. Com a disciplina de Engenharia de Software o aluno tem a oportunidade de conhecer as diferentes formas de gerenciar e produzir software [Pressman 2011].

Dentro da disciplina de Engenharia de Software, encontra-se as metodologias ágeis de software, que segundo Pressman (2011) são metodologias de desenvolvimento incremental que define uma estrutura para o processo de desenvolvimento software. O método ágil surgiu como uma nova alternativa em contraposição as metodologias clássicas, onde tem-se frequentemente condições de mudanças e incertezas. Desta forma, os métodos ágeis focam nas pessoas e não nos processos de desenvolvimento, onde há uma preocupação de gastar menos tempo com documentação, havendo assim, mais tempo para a resolução de problemas de forma iterativa.

O objetivo deste artigo é fazer um levantamento das metodologias ágeis de software, com o propósito de identificar qual é a metodologia que possa ser inserida no ensino de robótica como uma metodologia pedagógica.

Na visão de Rodríguez et al. (2016) a robótica surge como uma ferramenta pedagógica, que une o estudo das tecnologias computacionais com a educação, visando a motivação no processo de ensino e aprendizagem com aplicação prática do conteúdo. Através de uma revisão sistemática de literatura (RSL) realizada na área da robótica educacional, não foi identificada nenhuma metodologia semelhante ao que se propõe nesta análise deste artigo.

A robótica pedagógica envolve várias disciplinas. E ao mesmo tempo, consiste em uma aprendizagem lúdica que contribui no desenvolvimento da identidade social dos educandos na medida em que relaciona sua construção com o mundo em que vive. Pensando em uma diversificação no ensino da robótica, pensou-se nesta análise.

Este trabalho está organizado do seguinte modo: na seção 2, é apresentado os materiais e métodos utilizados para a busca de trabalhos na área. Na seção 3, temos um pequeno resumo dos métodos ágeis que foram utilizados na análise deste estudo. Na seção 4, são apresentados os resultados, que são algumas informações relevantes das metodologias ágeis. Por último, na seção 5, as considerações finais e conclusões.

2. Materiais e métodos

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica para o levantamento dos principais métodos ágeis estudados. Para essa verificação buscou-se livros e artigos em que abordassem várias metodologias ágeis afim de identificar quais são as mais citadas. Desta maneira, foram buscados em quatro bases diferentes, são elas: *IEEExplore Digital Library, ACM Digital Library, ScienceDirect* e o Google acadêmico.

Como o foco deste trabalho não é o processo de busca dos artigos, e sim verificar quais são as metodologias que estão sendo trabalhadas com o intuito de aplicar na robótica, então não se faz necessário detalhar o processo utilizado na busca. Realizou-se então uma investigação nos artigos encontrados, para definir qual seria o melhor método ágil que poderia ser implantando como uma ferramenta de ensino para a robótica educacional. A investigação se deu por meio de livros e artigos que forneceram um embasamento nas metodologias ágeis.

A seguir, será abordado um pouco dos métodos ágeis, e na sequência apresentadas as metodologias ágeis (um breve resumo) que foram identificadas como mais comum diante das referências buscadas para esta análise. Como nem todos os artigos forneciam uma definição clara das metodologias, foi necessário buscar

informações em outras referências mais antigas, afim de colocar uma definição mais clara juntamente com as suas respectivas características de cada metodologia. É importante lembrar que esta análise consiste em um levantamento teórico, na qual a sua aplicação prática consiste em um trabalho futuro, logo esta aplicação tem como embasamento o desenvolvimento deste artigo.

3. Métodos ágeis

Empiricamente é reconhecido a grande relevância que as metodologias ágeis ganharam no campo da engenharia de software. Aumentando a eficiência e a eficácia nas organizações que desenvolvem softwares, onde estas metodologias tem como foco acelerar o desenvolvimento do software visando a melhoria contínua do processo. O desenvolvimento ágil redefine totalmente a garantia da qualidade do trabalho, desde papéis formais até atividades do dia-a-dia. O valor é criado e a qualidade é assegurada através de todas as fases de desenvolvimento, no final, todas as partes ficarão integradas em um produto só [Savoine et al. 2017].

Beck et al. (2000), afirma que uma das principais vantagens das metodologias ágeis são que as mesmas possuem uma abordagem simples, direta e objetiva em relação as metodologias tradicionais, onde se tem menos documentação, proporcionando soluções rápidas as mudanças de requisitos. A seguir, serão apresentados os métodos ágeis, que segundo as pesquisas desenvolvidas para este trabalho, se mostraram como os mais utilizados na literatura. Vale salientar que neste artigo não contempla todas as informações das metodologias, estando presente apenas algumas informações observadas como relevantes para esta análise, as metodologias são: *Feature Driven Development* (FDD)*, Dynamic System Development Model* (DSDM)*, Extreme Programming* (XP) e *Scrum.*

3.1. Feature Driven Development (FDD)

Feature Driven Development (desenvolvimento guiado a funcionalidades) consiste em uma metodologia ágil, adaptativa, incremental e interativa do processo de desenvolvimento. O mesmo consiste em um processo de iteração curto que é dirigido a modelos, contemplando cinco atividades básicas. Vale lembrar que o FDD se torna diferente dos outros métodos ágeis, pois este está ligado a sistemas críticos [Arbain, Ghani e Jeong 2014].

Esta metodologia ágil possui cinco processos, conforme pode ser observado na Figura 1.

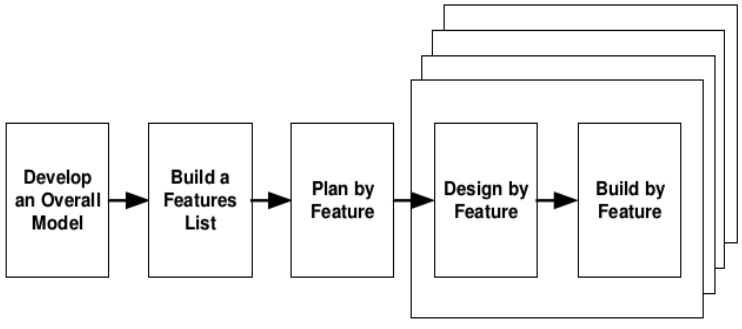


Figura 1. Processos do FDD (Palmer e Felsing 2001)

No primeiro processo temos *develop an overall model* (desenvolver um modelo geral), que é responsável pelo o estudo aprofundado sobre o domínio do negócio e também por definir o escopo do projeto. *Build a features list* (construir lista de funcionalidades), neste processo, é realizado o levantamento das funcionalidades necessárias para o cliente. As funcionalidades levantadas nesta lista são ordenadas por prioridades no desenvolvimento do processo, sendo que, no final gera-se uma lista dessas funcionalidades que são direcionadas para os desenvolvedores responsáveis.

Plan by feature (planejar por funcionalidade), este processo tem sua elaboração pelo o arquiteto chefe, que por sua vez é aprovado pelo o cliente, onde cada classe que foi identificada no modelo geral é atribuída individualmente a um programador, que é o proprietário da classe. No processo *design by feature* (desenhar por funcionalidade), em cada funcionalidade, tem-se um pacote de design que é produzido. Sendo que, dentro de uma iteração o programador chefe seleciona um número pequeno de funcionalidades que serão desenvolvidas.

Por último é o processo *buid by feature* (construir por funcionalidade), visto que a inspeção por funcionalidades foi bem sucedida, então uma função de valor é agregado ao cliente. Os proprietários das classes desenvolvem seus respectivos códigos e após a execução de teste de unidade, em que também foi realizado uma inspeção de código, a funcionalidade completa é direcionada para a compilação principal [Palmer e Felsing 2001].

A funcionalidade do FDD (*feature*) é visto como um aprofundamento de uma característica que deve ser implementada no máximo em uma iteração, consequentemente, isso agrega valor de negócio para o cliente. As funcionalidades devem ser criadas para atingir as metas de um passo que está relacionado a uma atividade de negócio [Firdaus, Ghani e Jeong 2014]. Tem-se uma maior ênfase na modelagem de dados, sendo que o projeto sempre se inicia com um modelo esqueleto que é atualizado continuamente conforme seu andamento, onde além de acompanhar o processo de gerenciamento e desenvolvimento do software, é possível aplicar recursos voltados para a gerência de projetos [Udo 2003].

Agora que já ficou claro em que consiste os processos do FDD, torna-se relevante saber quem são os seus papeis, que na visão de Pereira (2014) são: *project manager* (gerente de projeto), *chief architect* (arquiteto chefe), *development manager* (gerente de desenvolvimento), *chief programmer* (programador chefe), *class owner* (proprietário de classe) e *domain expert* (especialista de domínio).

O FDD tem sua estrutura composta por duas fases: concepção junto com o planejamento, e a segunda fase é a construção. Na concepção e planejamento: é desenvolvido o modelo abrangente, construído a lista de funcionalidades e realiza-se o planejamento por funcionalidade. Já na construção: é definido os detalhes e desenvolvidas as funcionalidades [Santos 2011].

3.2. Dynamic System Development Model (DSDM)

Dynamic System Development Model (DSDM) que em português significa Modelo Dinâmico de Desenvolvimento de Sistemas. Segundo Coleman e Verbruggen (1998) o DSDM é um processo de software que é amparado em princípios, onde estes apontam para a equipe nas atitudes que eles necessitam entregar como soluções consistentes.

Estes princípios são: foco nas necessidades do negócio, entrega no prazo determinado, colaboração entre a equipe, desenvolvimento interativo, comunicação e esclarecimento contínuo entre as partes envolvidas, por último é o não comprometimento da qualidade.

Para aplicação do DSDM, deve-se utilizar os seguintes papeis, que na visão de Wazlawick (2013) são: *executive Sponsor* (patrocinador executivo), *visionary* (visionário), *ambassador user* (usuário embaixador), *advisor user* (usuário consultor), *project manager* (gerente de projeto), *technical coordinator* (coordenador técnico), *team leader* (líder de time), *developer* (desenvolvedor), *tester* (testador), e*scriber* (escrivão), f*acilitator* (facilitador) e s*pecialist roles* (papéis especialistas).

O DSDM possui três fases, que representa de uma certa forma o estado do projeto. As fases na visão de Görner, Kassel e Klein (2016) são: o pré-projeto, o ciclo de vida e o pós-projeto.

Na fase do pré-projeto, refere-se aos questionamentos iniciais que visam a prevenção de possíveis problemas que possam ocorrer no futuro.

Na segunda fase, é o ciclo de vida, está relacionado a cinco fatores. O primeiro fator, é a análise de viabilidade, neste momento é avaliado se é possível a realização do projeto utilizando os recursos do DSDM, tudo isso dentro do tempo disponível. O segundo fator, é análise de negócio, é neste momento que é realizado o levantamento dos requisitos funcionais e também da manutenção do projeto. O terceiro é o modelo funcional, aqui são produzidos e analisado os protótipos, ou seja, os clientes têm participação ativa, avaliando e quando necessário acrescenta mais requisitos ao projeto. O quarto é o projeto e construção, este pode ser desenvolvido em paralelo com o terceiro fator, na qual, os protótipos são elaborados seguindo os requisitos funcionais. O quinto é a implantação, é o momento da criação da documentação do projeto, ocorrendo também uma comparação entre os resultados informados como requisitos.

Na terceira fase é o pós-projeto, que é o momento que deve ser garantido a eficiência e a eficácia do projeto. Isso pode ser observado através de manutenções, bem como, melhorias e ajustes seguindo os princípios do DSDM.

3.3. Extreme Programming (XP)

O *Extreme Programming* (programação extrema) também conhecido como XP, consiste em uma metodologia de desenvolvimento ágil de software. Esta metodologia tem o seu foco para médias e pequenas equipes que trabalham com softwares que sofrem alterações com facilidade. [Teles 2017]. O XP tem como a sua essência quatro elementos, são eles: simplicidade, comunicação, feedback e coragem.

No valor simplicidade, é ensinado que a implementação só precisa do necessário, não havendo necessidade de incorporar funcionalidades que não estão no escopo do projeto. No valor comunicação, fazem com que os integrantes de uma equipe se comuniquem da melhor maneira possível. No feedback, consiste na constante troca de informações entre o cliente e a equipe de desenvolvimento. Por último a coragem, este valor deve ser adotado como uma característica para os membros da equipe, logo durante o desenvolvimento do software tem-se possíveis mudanças, e isso deve ser visto como oportunidades para melhorias na equipe do projeto [Teles 2017].

O XP também tem embasamento em doze práticas, que são aquilo que ocorrem no dia-a-dia dos envolvidos no projeto de desenvolvimento e têm como objetivo principal a utilização de forma extrema deste conjunto de práticas que são vistas como boas na engenharia de software. Na visão de Beck (2000) as suas práticas são: *simple design* (design simples) *collective ownership* (código coletivo), *continuous integration* (integração contínua), *metaphor* (metáfora), coding standards (código padrão), 40-hour week (40 horas por semana), *pair programming* (programação em pares), small releases (versões pequenas) *on-site -site customer* (cliente no local), *testing* (testes), *refactoring* (refatoração) e *planning* game (planejamento do jogo).

No primeiro momento de um projeto XP é definido se o mesmo é viavel e, neste caso, fechar o seu escopo. Neste passo, o pessoal técnico ainda não foi alocado ao projeto, o trabalho é de responsabilidade do gerente do projeto (*coach*). Elabora-se então o plano inicial (*big plan*) que define a viabilidade do projeto. O *coach* juntamente com o cliente identificará as funcionalidades do projeto e realiza estimativas a respeito de tempo. Tudo isso, é elaborado em no máximo um dia [Santana, Timóteo e Vasconcelos 2006].

Deverá ser feito uma estimativa das estórias, que pode ser atribuído pontos que indicam a complexidade ou por *Ideal Weeks* que indica o número de semanas necessários para a implementação das estórias [Nunes 2017]. Após a estimativa de cada estória, deverá ser definido pelo o cliente o que será implementado no *release* seguinte. Realizado o planejamento do *release*, tem-se a definição para cada grupo de trabalhos, ou seja, cada grupo já sabe em qual parte do sistema irá atuar. Visando a facilidade no gerenciamento, o período que antecede o *release,* são divididos em iterações de pouco tempo, isto é, no mínimo duas semanas e o no máximo quatro. Realiza-se então, a seleção das estórias que irão compor as interações, na qual, é utilizado o mesmo procedimento de seleção do *release* [Nunes 2017].

Depois de realizado o planejamento do *release* e iteração, é dado início a implementação das estórias escolhidas para a iteração corrente. E é aqui onde quase todas as práticas do XP são utilizadas. Uma característica interessante no XP é a programação em pares, onde estes pares sempre mudam no decorrer do projeto. É importante lembrar, que o trabalho de codificação realizado pelos os programadores pares, seguem a prática de codificação padrão [Beck 2000].

São realizados testes unitários, que buscam testar linha por linha do código. Já os testes de aceitação são determinados pelo o cliente, desta maneira, este fica com a inteira responsabilidade de afirmar de que forma aceitará o produto que está em fase de desenvolvimento [Beck 2000]. Quando o programador conclui uma determinada tarefa, deve-se então realizar a integração deste código para o software já pronto, em outras palavras, é realizado a integração contínua. Lembrando, que na possível existência de algum problema no código, este problema poder ser solucionado por qualquer pessoa, colocando em prática a propriedade coletiva [Nunes 2017].

3.4. Scrum

O *Scrum* consiste em um framework de desenvolvimento iterativo e incremental. Sua equipe é composta por um número pequeno, sendo no máximo sete pessoas. Schwaber e Sutherland (2013) afirmam que o seu surgimento tem como alvo, adição de energia no

projeto, foco, transparência e compreensão para o planejamento e implementação de projetos. O seu desenvolvimento é dividido nos principais papeis, que na visão de Schwaber e Sutherland (2013) são: *product owner* (proprietário do produto), d*evelopment team* (time de desenvolvimento) e *scrum master* (mestre scrum).

O objetivo do *Scrum* é facilitar o processo de criação de times que se auto organizam e são determinados a trabalhar de maneira compartilhada, em especial com uma interação verbal nos componentes das disciplinas do projeto [Schwaber e Sutherland 2013].

O ciclo de vida é iniciado ao estabelecer o *product backlog* (histórico do produto) que são os requisitos que tem prioridade para o desenvolvimento. Os requisitos são elencados junto aos *stakeholders* (são todos os envolvidos no projeto), que após ser estabelecido o *product backlog* é dado início ao processo de desenvolvimento, na qual terá a sua execução iterativamente através de *sprints*. Estes *sprints* consistem em uma unidade básica do desenvolvimento no *Scrum,* e o *daly Scrum* são as reuniões realizadas a cada *sprint* [Silva, Barbosa e Carvalho 2016]. A seguir pode ser observado a Figura 2, que representa o clico vida do *Scrum.*

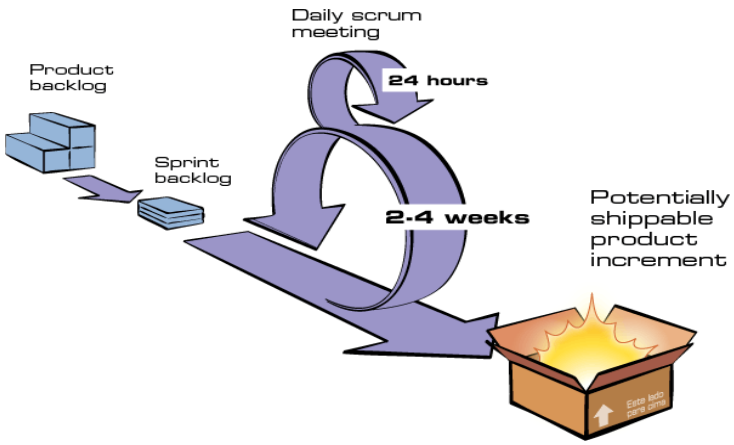


Figura 2: Ciclo de Vida do Scrum (http://www.desenvolvimentoagil.com.br/scrum/)

Observa-se, que o *Scrum* segue ciclos que tem período definido (*sprints*), em que a meta é atingir os objetivos destes ciclos. Vale ressaltar que, o *Scrum* não fornece um modelo de processo ou técnica para o desenvolvimento do software, mas disponibiliza um framework, em que promove funcionalidades genéricas, no qual podem empregar diversos processos e/ou técnicas dentro de sua estrutura, estabelecendo algumas regras que gerencia almejando o sucesso do projeto [de Souza e Ferrari 2016].

4. Resultados

Diante da análise, é possível observar que as metodologias ágeis observadas têm suas vantagens e desvantagens. O que diferencia é a sua aplicação, logo cada uma se comportar de uma maneira distinta, por isso é necessário avaliar bem o projeto e assim poder definir qual metodologia é a mais adequada.

Como resultado, uma breve comparação entre as metodologias, em que visa a sua inserção na área da robótica educacional. Para esta comparação, foi elaborado a Tabela 1 que foi adaptada do modelo de Abrahamsson et al. (2002). Vale ressaltar, que

só foram colocadas na tabela as características em que foram analisadas como uma possível forma de inserir no ensino da robótica.

Tabela 1. Análise comparativa entre as metodologias

Metodologia ágil	Principais características	Pontos negativos segundo observações
Feature Driven Development (FDD)	- Método simples; - Modelagem de objetos; Implementação e o design são por funcionalidades; - Entregas em até duas semanas.	- Faz-se necessário o auxílio de outras abordagens para complementar o ciclo de vida; - Direcionado a sistemas críticos.
Dynamic System Development Model (DSDM)	- Faz uso de prototipação; - Testes a cada iteração;	- Segue uma rigidez a aderência dos princípios; - Em determinados momentos, é recomendável congelar os requisitos.
Extreme Programming (XP)	- Processo de Desenvolvimento é dirigido ao cliente; - Times pequenos; - Processo de desenvolvimento orientado a testes. - Programação em pares;	- Negligenciamento ao design e documentação; - É necessário que o cliente faça parte da equipe do projeto, sempre presente.
Scrum	- Processo simples; - Entrega de ciclos em trinta dias.	- Foco exclusivo na implementação e o design.

5. Considerações finais e conclusões

Este trabalho segue a cronologia de uma publicação de mesma autoria, que se refere a uma RSL na área da robótica educacional. Com esta RSL foi possível identificar que em todos os trabalhos eram utilizados uma metodologia pedagógica para o ensino da robótica. A vista disso, foi realizada esta análise para verificar qual metodologia ágil que pode ser utilizada como ferramenta de ensino para a robótica.

Ao pesquisar os trabalhos mais recentes nas bases *IEEExplore Digital Library, ACM Digital Library, ScienceDirect* e o Google Acadêmico, foi possível identificar a existência de várias metodologias ágeis para o desenvolvimento de software. Após uma triagem nos artigos, observou-se as metodologias ágeis que foram mais citadas, e com base nisso, foi apresentado uma breve definição juntamente com as suas características relevantes, na seção 3. Através desta pesquisa e estudo sobre estas metodologias, foi possível compreender melhor e realizar uma análise comparativa entre as metodologias conforme mostrado na seção dos resultados. Percebe-se então, que para utilizar uma metodologia ágil como ferramenta pedagógica, faz-se necessário uma adaptação entre as partes (robótica educacional e a metodologia ágil).

Diante da análise foi compreendido que o FDD, mesmo sendo uma metodologia simples, não seria uma metodologia ágil adequada para a robótica. Visto que segundo as

observações do estudo realizado, o FDD se mostra necessário ter outras abordagens para complementar o ciclo de vida e tem direcionamento para sistemas críticos.

O DSDM, mesmo tendo vários papeis e testes a cada iteração, não foi constatado como interessante para a aplicação da robótica educacional. Já que o mesmo apresenta como ponto negativo uma rigidez com relação a aderência dos princípios.

O XP foi identificado como a metodologia ágil mais adequada para a aplicação da robótica. Dentre as características identificadas, as que mais se apresentaram como relevante para a abordagem da robótica, foram: processo de desenvolvimento orientados a testes e a programação em pares, essas duas características serão primordiais para o ensino da robótica. Com relação aos pontos negativos, que é o negligenciamento ao design junto a documentação e cliente presente, isso não foi identificado como um fator de grande impacto na aplicação da robótica educacional.

O *Scrum* foi a metodologia que esteve mais próximo de ser escolhido para aplicação da robótica, com exceção do XP. O que diferenciou foi a característica do XP que utiliza a programação em pares, e isso será de grande importância para a aprendizagem coletiva na aplicação da robótica educacional.

Após esta análise, é possível entender que o XP pode ser visto como uma ótima metodologia para o ensino de robótica, contudo, faz-se necessário todo um planejamento para que ambas as partes trabalhem em harmonia. Se durante o planejamento for constatado que o XP não se adequa a aplicação da robótica, é interessante que se reveja as características das outras metodologias, produzindo assim, uma combinação para o melhor aproveitamento, gerando uma nova ferramenta de ensino para a robótica.

Referências

Abrahamsson, P., Salo, O., Ronkainen, J., & Warsta, J. (2002). Agile software development methods: Review and analysis.

Arbain, A. F., Ghani, I., & Jeong, S. R. (2014). A systematic literature review on secure software development using feature driven development (FDD) agile model. Journal of Internet Computing and services, 15(1), 13-27.

Beck, K. (2000). Extreme programming explained: embrace change. addison-wesley professional.

Coleman, G., & Verbruggen, R. (1998). A quality software process for rapid application development. Software Quality Journal, 7(2), 107-122.

Desenvolvimento Ágil. Disponível em: <http://www.desenvolvimentoagil.com.br/scrum/>. Acesso em: 11 de jul. de 2017.

de Souza, L. P. P., & Ferrari, F. C. (2016). Estudo da aplicação de Aspectos da Gestão do Conhecimento no Desenvolvimento Ágil de Software. Revista TIS, 4(1).

Firdaus, A., Ghani, I., & Jeong, S. R. (2014). Secure feature driven development (SFDD) model for secure software development. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 129, 546-553.

Görner, M., Kassel, S., & Klein, T. (2016). Agile Software Development in Business Informatics: Using Agile Methods for Teaching Purposes at the University of Applied

Sciences, Zwickau. In Software Engineering Education Going Agile (pp. 21-27). Springer International Publishing.

Nunes, R. D. (2017). A Implantação das metodologias ágeis de desenvolvimento de software scrum e extreme programming (XP): uma alternativa para pequenas empresas do setor de tecnologia da informação. ForScience, 4(2).

Palmer, S. R., & Felsing, M. (2001). A practical guide to feature-driven development. Pearson Education.

Pereira, C. D. C. (2014). X-PRO (Extreme Software Process): Um Framework para Desenvolvimento Eficiente de Software Baseado em Metodologias Ágeis.

Pressman, S.R. Engenharia de software: uma abordagem profissional. Porto Alegre, RS: AMGH, 2011.

Rodríguez, J. C. R., Martín-Pulido, E., Padrón, V. J., Alemán, J. A., García, C. R., & Quesada-Arencibia, A. (2016). Ciberlandia: An Educational Robotics Program to Promote STEM Careers in Primary and Secondary Schools. In International Conference on Interactive Collaborative Learning (pp. 440-454). Springer, Cham.

Santana, C. A., Timóteo, A. L., & Vasconcelos, A. M. (2006). Mapeamento do modelo de melhoria do processo de software brasileiro (mps. br) para empresas que utilizam extreme programming (xp) como metodologia de desenvolvimento. V Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software [SBQS], 5.

Santos, M. D. A. (2011). Agile UBPM for SCRUM: modelo de aprimoramento do gerenciamento e desenvolvimento ágil baseado na percepção de valor do usuário.

Savoine, M. M., do Nascimento, J. S., Rocha, V. F., & Bezerra, C. A. C. (2017). Proposta de Uso de Métodos Ágeis no Gerenciamento e Implantação de Projeto de Redes sem Fio. Anais SULCOMP, 8.

Schwaber, K., & Sutherland, J. (2013). The definitive guide to scrum: The rules of the game. Informe de Investigation.

Silva, V. B., Barbosa, M. W., & Carvalho, L. A. C. (2016). Experiências do ensino a distância do gerenciamento ágil de projetos com scrum e apoio de uma ferramenta para gerência de histórias de usuário. Revista Brasileira de Computação Aplicada, 8(1), 2-13.

Sommerville, Ian. Engenharia de Software, 9 ed. São Paulo: Pearson Addison-Wesley, 2011.

Teles, V. M. (2017). Extreme Programming: Aprenda como encantar seus usuários desenvolvendo software com agilidade e alta qualidade. Novatec Editora.

Udo, N. (2003). Will Agile Development Change The Way We Manage Software Projects? Agile From a PMBOK® Guide Perspective.

Wazlawick, R. (2013). Engenharia de software: conceitos e práticas (Vol. 1). Elsevier Brasil.

A Methodological Proposal for the Training of Teachers in Educational Robotics

Erika Yanaguibashi[1], Samara Revoredo[1], Francinaldo Almeida[1], Denilton S. Oliveira[1], Lucas M. do Nascimento[2], Allyson Amilcar[2], Sarah T. de L. Sá[2], Luciane T. S. Garcia[1], and Luiz Marcos G. Gonçalves[1]

[1]Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) - Natal, RN - Brasil

[2]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) Natal, RN - Brasil

{erika,samara,falmeida}@dca.ufrn.br,denilton@ifesp.edu.br

{lucas.nascimento,allyson.soares,sarah.sa}@ifrn.edu.br,

ltsgarcia@gmail.com,lmarcos@dca.ufrn.br

Abstract. *This article introduces a methodological proposal for the training of teachers in Educational Robotics that has been experimented at a fundamental school at the Northeast Brazil. The introduced methodology is organized ranging from elementary concepts of robotics to the assembly and programming of three different types of hardware specific to educational robotics. Teachers have been trained in a short-course with this methodology and applied the methodology in their classes after training.*

1. Introduction

The increasing advance of new technologies allows us to bring the classroom closer to the technological world, making the teaching and learning model more interactive and motivating. This concept came to be studied by [Cuban 1986], professor of education at Stanford University with the work entitled "Teachers and Machines: The Use of Technology in the Classroom Since 1920". The professor studied the introduction of radio, film, TV and computer in American schools.

With all this advancement of technologies and studies dedicated to them, we come to witness a new and increasingly adept technological society that needs follow-up, generating an awareness of the need to include in the school curricula the skills and abilities to deal with the new technologies, allied to the disciplines taught in the classroom. In this context, as technologies inserted in schools, they begin to cooperate in the specialization of knowledge, to become interdisciplinary and transdisciplinary classes, as well as to make access to information easier.

Faced with this, a new challenge is emerging in education and the role of the teacher in facing this new challenge is to make this meeting of technology in the school environment as attractive as possible. We know that traditional methods of teaching, already well established, and the fear of testing the new, cause a delay in this progress. When realizing this situation it becomes evident that the main process of qualification should begin with teachers, as the precursors of knowledge.

Knowing the importance of the teacher as mediator of knowledge and collaborator in the exchange of scientific and cultural information, a training course for teachers was organized with the objective of introducing the methodology of educational robotics in the classroom. For this, a team of five specialists in educational robotics developed an one week course for teachers of Escola Estadual Presidente Kennedy.

The course ranges from elementary concepts of robotics to assembly and programming of three different types of hardware specific to educational robotics. The classes had the participation of 12 teachers, among them were teachers of various series and areas, all willing to apply the new methodology proposed in their classroom. In the course of this article will be reported the step-by-step of the training process and the teachers' reports of the course and how this methodology can help them to apply robotics in the classroom.

2. Educational Robotics

We can characterize educational robotics as a learning environment composed of manipulable prototypes fitted with sensors, motors, controllers and computer software. These artifacts are called pedagogical robots, which have the function of interacting with the external environment by performing programmed actions [Zanatta 2013, Silva 2008].

The use of robots allows students to demonstrate and prove their own ideas, creating an active participation between students and teachers [Okada and Santos 2014]. According to [Zilli 2004], the main advantages of the use of educational robotics are: stimulation of research, promotion of creativity, organized work, elaboration of hypotheses based on error, collaborative learning and others.

Educational robotics workshops can involve a range of topics, from ethics and social responsibility issues to topics inherent to curricular components, always addressed in a playful and engaging way to students.

3. W-Educ

There are several commercial robotics kits, such as LEGO MindStorms, VEX, among others, as well as kits that make use of the free robotics paradigm or robotics with electronic components. With this diversity of kits, if the teacher wishes to use another kit, it would be necessary that the studant learn a new language and use a new programming environment [de Lima Sá 2016]. This would make it very difficult to use robotics in classrooms, because whenever it was necessary to make use of a new robotics kit, it would require new workshops for teaching how to use it.

In view of this difficulty, we used the W-Educ web programming environment. According to SÃ¡ (2016), greatly facilitates the diffusion of educational robotics in the educational environment because it is a new dynamic, open and free web tool that does not require installation of softwares and uses an easy-to-learn universal language called R-Educ.

4. Teacher Training Process

Although educational robotics is a promising tool for the academic field, teaching still presents difficulties for diffusing it. Teachers in general were not properly trained to teach their students how to assemble and program their robots.

In order to solve this problem, educational robotics workshops were organized with the teaching of public schools in Natal/RN. Teachers, regardless of their academic background, were able to teach robotics to students in a fun and dynamic way, using low-cost tools such as W-educ, to facilitate learning.

In the training process, we seek to develop competencies and enable professionals to acquire the knowledge and skills to perform with excellence what is proposed. This training process was applied at the Escola Estadual Presidente Kennedy, founded in 1908. It houses about 600 elementary students with a team of 39 professionals, 29 of whom are staff members and 10 are trainees.

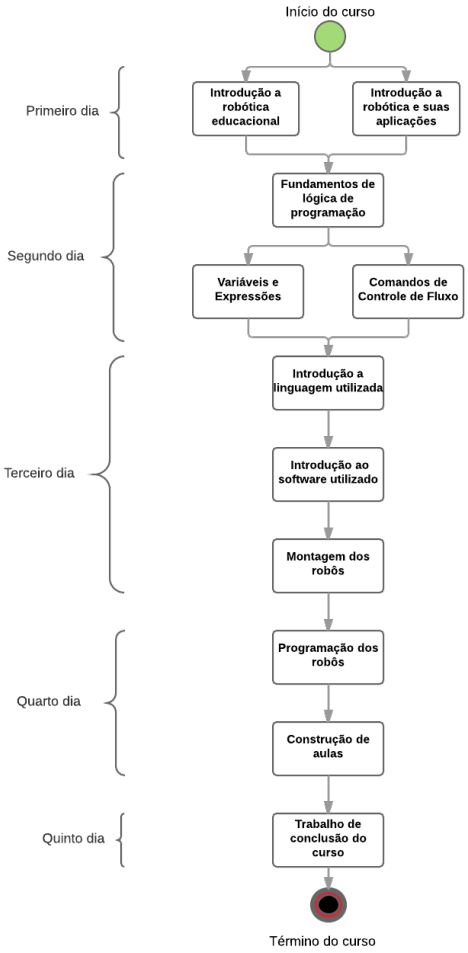


Figura 1. Course Schedule

The training course was attended by 12 teachers, Most of the teachers who participated in the course never had contact with robotics or even heard about it, highlighting the barrier that still exists between the classroom and the new technologies. The training processes took place in the computer lab of the school with a duration of one week in the morning and evening hours, totaling 30 hours. In order to make the course motivational and didactic we base the course in three main pillars:

- Elaboration of lesson plans;
- Teacher training process;

- Evaluation of the results of the training course.

Thinking about the first pillar mentioned previously and the difficulty of adhering to new methodologies, the lesson plan of the training course was developed thinking about the best way to pass the methodology of educational robotics to the teachers. The flowchart of Figure 1 describes the step-by-step of the course.

The classes began with an introduction of the concepts of robotics and educational robotics, as well as their applications in the day to day with the aim of presenting and familiarizing teachers in this new area. In Figure 2 we can observe the first theoretical class of the training.



Figura 2. Educational Robotics Training Course

Following the course schedule, we moved on to the second day with the presentation of the fundamentals of programming logic, listed in Table 1, and the other concepts needed to start the code construction process, a more delicate course step due to Teachers' lack of familiarity with the new programming-related definitions. In this step we introduce the concepts alternating with practical examples, making the understanding more efficient.

Tabela 1. Chronogram of Concepts Addressed in Classroom

Fundamentals of programming logic
Repetition control structure
Conditional control structure
Logical operators
Arithmetic operators
Introduction to pseudocode

The third day was subdivided into three stages, starting with the introduction of the language and then the software used, for the training course we operate with the R-Educ language and the W-Educ web environment, respectively. After the introduction of the new tools, we moved on to the first practical part of the course, the assembly

of the robots. To begin the assembly the teachers attended a brief presentation on the educational robotic kits, which addressed the qualities, functionalities and applicability of each kit. The kits available for the course were:

- LEGO MINDSTORMS NXT;
- LEGO MINDSTORMS EV3;
- M-bot v 1.1.

For the assembly process we divided the class into small groups with three and four teachers, after forming each group chose a kit to start the assembly, which was aided by a manual.

On the fourth day we started in the morning the development of the codes, through small exercises teachers were challenged to solve several problems using the knowledge about programming addressed in previous classes. During the process of building the codes, the difficulty levels of activities increased as teachers completed the challenges. The afternoon was set aside to provide teachers a workshop about the process of developing educational robotics classes. This workshop worked, in practice, what teachers face in the classroom. The workshop dealt with how to plan a lesson and how to link curricular content with educational robotics. First teachers were led to think about the curricular subjects that could be associated with robotics and what the subject in robotics could be worked on with that particular subject, Some of the examples in Table 2 were quoted.

Tabela 2. Content Association

Curricular Subjects	Robotics
Physics	Sensors
Mathematics	Montors
Portuguese	Assembly
History	Remote Control
Art	Basic Programming
Sciences	Foundation

After selecting the contents it is necessary to develop the class according to the age of the students. Defining these variables we move to the assembly of the lesson from according to the proposed methodology.

For the last day of the training, we propose a work of conclusion of the course that consisted of preparing a lesson on a certain subject using the methodology of educational robotics. The teachers had to choose a subject to be worked in the classroom and then develop the lesson with the new methodology, specifying the curricular discipline used, the topic in the robotics that would be associated and the level to which it would be destined to the classroom.

5. Results and Experiences

During the course, we applied questionnaires with the objective of evaluating the progress of teachers and the efficiency of the course. We applied a questionnaire at the beginning and another at the end of the course.Both questionnaires were identical and contained the following questions:

- Q1 - Do you know what is a robot?
- Q2 - Do you know what is robotics?
- Q3 - Do you know what is educational robotics?
- Q4 - Do you know what is programming?
- Q5 - Do you know what is programming language?
- Q6 - Have you already program?
- Q7 - Do you intend to use educational robotics in your classroom?
- Q8 - Do you think that educational robotics may favor the process of teaching and learning?

These were answered by ticking yes, no, I do not know or more or less. The questionnaires also contained discursive questions for teachers to conceptualize what was robot, robotics, educational robotics and programming according to what they already knew, as well as a more subjective question: Q9 - What is your expectations about the teacher training process?.

The second questionnaire presented some additional questions regarding the course process and the teacher's expectations regarding the application of the new methodology addressed in the training process: Q9 - What kind of activities do you think can be developed using educational robotics?; Q10 - What were your greatest difficulties?; Q11 - What are your expectations for the application of educational robotics in the classroom?.

After compiling and analyzing the results obtained through the questionnaires, we verified that some of the teachers did not know about educational robotics and some of the basic concepts in this area. As shown in the graph of Figure 3 we can see the deficiency of teachers in these concepts that are fundamental to working with the new methodology.

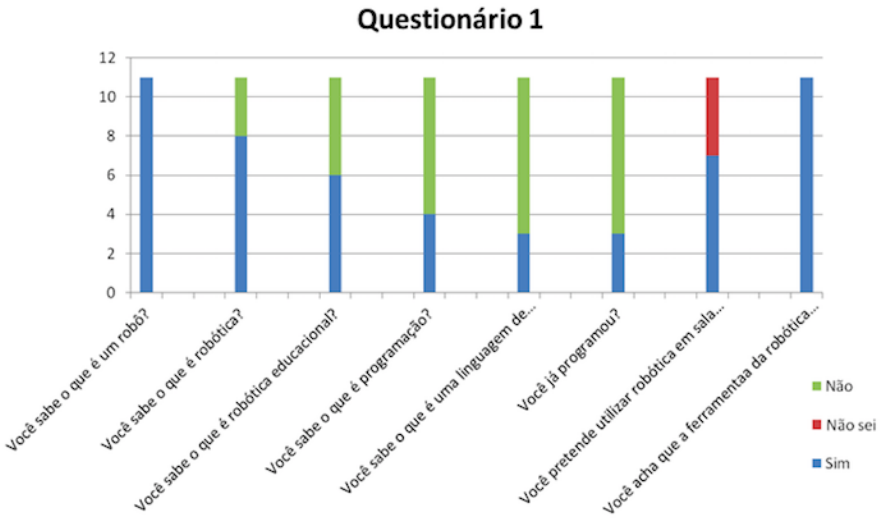


Figura 3. Graph with the Results of the First Questionnaire

These results were converted after the training process, as we can see in Figure 4, teachers began to understand the fundamental concepts and later were able to pass this knowledge to the students.

During the training process we note the teachers very observant and willing to join this new tool in the classroom.



Figura 4. Graph with the Results of the Second Questionnaire

As mentioned in the previous section, on the last day of training we propose a course completion work, with the objective of providing teachers with the experience of elaborating an educational robotics using the proposed methodology. Separated into groups of three, each group began to plan their class following the steps taught in previous classes. At the end of the class preparation period, each group presented the class proposal to the rest of the class, as shown in Figure 5.



Figura 5. Presentation of the Conclusion Work

The classes proposed by the teachers reached the goal of being interdisciplinary, in addition they fulfilled all the methodological proposal given in the course. One of the classes planned by one of the groups related the geography discipline to the programming content. In this class the teachers approached the regional divisions of Brazil, developing a playful and creative class. The goal of the robot was to go through a map with the regions of Brazil arranged in different colors, this way was made by a black line that the

robot had to travel until finding the first region that was represented by the blue color. Following the route the next stop was the region of green color and so on until closing the circuit with all the Brazilian regions. In each region that the robot identified the teacher taught the cultural, social and economic characteristics of the region. In Figure 6 we can see the teachers describing the lesson planning and demonstrating how the robot would be executed in the built model.



Figura 6. Conclusion Work about Brazilian Regions

All groups presented their class proposal and were successful in the final work, although some teachers reported the need for follow-up in their future work using educational robotics. Teachers M.C. and D. made the following comments:

> ”Excellent course, however we need an accompaniment and some meetings to discuss our doubts.”

> ”It was great, so we need an accompaniment so that we can better develop the new activities with our children (at least in the beginning to feel safe) here my thanks to the whole team!”

6. Conclusion

A Methodological Proposal for the Training of Teachers in Educational Robotics was presented in this paper. This methodology was developed by a team of five specialists in educational robotics and applied on an one week course for teachers of Escola Estadual Presidente Kennedy.

The methodology ranged from elementary concepts of robotics to assembly and programming of three different types of hardware specific to educational robotics. This type of workshops for teachers are fundamental for the dissemination and expansion of robotics in schools.

Aiming at this dissemination of robotics in classrooms, we propose as future work to accompany the teachers who participated in the training process. This monitoring is intended to assist teachers in any questions that may be generated, assisting in the use of software and hardware. In addition to stimulating teachers in the application of this new tool, educational robotics.

Referências

Cuban, L. (1986). *Teachers and Machines: The Classroom use of Technology Since 1920.* PhD thesis, Teachers College Press.

de Lima Sá, S. T. (2016). *W-Educ: Um Ambiente Web, Completo e Dinâmico para Robótica Educacional*. PhD thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Okada, H. K. R. and Santos, C. A. M. (2014). Robótica educativa: um sistema de apoio ao aprendizado através de hardware livre. In *Anais do Computer on the Beach*.

Silva, A. F. (2008). *RoboEduc: Uma Metodologia de Aprendizado com Robótica Educacional*. PhD thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Zanatta, R. P. P. (2013). *A robótica educacional como ferramenta meetodológica no processo ensino-aprendizagem: uma experiência com a segunda lei de newton na série final do ensino fundamental*. PhD thesis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Zilli, S. (2004). A robótica educacional no ensino fundamental: Perspectivas e práticas. Master's thesis, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, SC.

The Importance of Selection Processes in Robotics Research Groups: A Case Study of the Group of Research in Robotics at UFS (GPR-UFS)

Raphael Cardoso, Stephanie Kamarry, Vitória Carvalho, Elyson Carvalho, Eduardo Freire , Lucas Molina e Gilmar Nunes

[1]Grupo de Pesquisa em Robótica da UFS (GPR-UFS)
Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Sergipe
Av. Marechal Rondon s/n, CEP:490100-000.
cardosodeoliveir@gmail.com; carvalhovitoria97@gmail.com; skamarry@gprufs.org;
lmolina@ufs.br; ecarvalho@ufs.br; efreire@ufs.br; jgncfilho@gmail.com

Abstract. *This article presents the importance of a structured selection process in the academic environment, specially in a robotics research group. To demonstrate the importance of this process, its base theories are highlighted. Finally, a case study about GPR-UFS is presented as a selection process with good results, whose structure is based on theories of selection and recruitment.*

1. Introduction

Scientific research consists of an objective method to prove a hypothesis or observation [Lakatos 1980]. Recently, many scientific researches provide the foundation to develop new technology, define actions, and even impact social behavior [Stephan and Levin 1997]. Not only research is important to society, but it also has an unique bond with a student's academic growth, allowing for the development of new knowledge and competences.

Scientific education is an initiation process, in which the aspiring scientist is gradually incorporated into a community. This community provides a safe environment to the student, for learning and discussion of new ideas. For this reason, scientific research should be ideally built on a proper setting, such that students could interact with more advanced colleagues, participate in scientific congresses, have adequate infrastructure and information, and be stimulated to do high quality research, contributing back to the community.

This proper environment is provided through research groups, which can improve the academics formation of those interested on scientific investigation, with the possibility of a preeminent complementary education.

Usually, research groups' participants have different educational levels (undergraduate students, graduate students and professors), this heterogeneity allows an efficient and embracing teaching-learning context for all [de Azevedo et al. 2013].

Inside of a research group, interdisciplinary elements are vital [Mazon and Trevizan 2001], specially when the field of activity is robotics. Robotics researchers' abilities should comprise pure and applied sciences, electronics engineering, electrical engineering, mechanical engineering, software engineering, and computer science. Therefore, a group environment facilitates and boosts research in robotics.

Due to the inherently motivational nature of the robotics field, the majority of STEM (science, technology, engineering, and mathematics) undergraduates are naturally excited with the idea of building a robot. Research in robotics, however, goes far beyond the fun of handling a robot. It's a process that goes through all steps of scientific method and, depending on the specific research field, the student ends up not trying its theories out on a physical prototype. For this reason, the necessity to adequately select students that have a true motivation to study robotics and are willing to deal with the mathematical nature of problems arises in research groups.

Identifying compatibility between a candidate and the group is crucial for a good selection process, so that the person can feel motivated to work in the group in an effective and efficient manner. Herewith, selection process techniques, well described on literature, could be used. Despite the large availability, organization inside the academic environment usually neglect them, and, according to Judge [Judge et al. 1994], this could bring negative impacts, reflecting on the group's productivity.

Within this context, the Research Group in Robotics at UFS (GPR-UFS) stands out for obtaining success due to application of a structured selection process. In this article, is presented a case study of GPR-UFS's selection process, based on the background theories examined in the next section.

2. Theory of Selection Processes

From an organizational point of view, a research group can be defined as a set of individuals hierarchically organized around some leadership, such that what organizes such hierarchy is experience and leadership on the scientific environment, on which exists professional and permanent involvement with research activities [Dansereau et al. 1975]. In this vision, concepts of selection process theory could be applied to improve an organization.

The selection process of an organization could be defined as the step where the candidates' competences and adequacy to the place are addressed [Sobral and Peci 2008]. In this step, individuals are evaluated not only by their technical competences, but also for their work capacity, personality, motivations and integration capabilities.

To ensure long-term effectiveness, a selection process must be developed in such a way that correctly measures the compatibility between interviewed and organization. The concept of compatibility, however, is very broad and must be specified for use in this article.

There are two types of compatibility to be considered: supplementary and complementary [Muchinsky and Monahan 1987]. The first occurs when there's similarity between personalities and values among the members of an organization and the organization itself. The second is related to the way which the organization's necessities can be attended by the new member, and vice versa.

With a good definition on compatibility, the concepts of fit can be analyzed. These are crucial in the development of selection criteria [Sekiguchi 2007]. Even though researchers agree on the types of fit, the attempts to unify the dimensions where it happens weren't enough to represent the concept of fit [Wheeler et al. 2005]. The first type considered is the fit between person and its chosen occupation.

2.1. Person-Occupation Fit

Fit between person and occupation, for a robotics researcher, is fundamental since this activity requires domain of advanced mathematical tools (complementary fit). To remain motivated on the research task, then, specific personality traits are required, mainly self-motivation capabilities (supplementary fit), because doing research in robotics is not as is looks like when seen from the outside.

According to Ehrhart and Makransky [Ehrhart and Makransky 2007], people search for environments where there is good fit between individual and occupational characteristics. A model of compatibility between people and occupations is Holland's vocational model [Holland 1966]. In his work, Holland defines six vocational functions that describes individuals: realistic, investigative, artistic, social, enterprising and conventional. These dimensions are generic and are constantly used in vocational tests, characterizing the person-vocation (PV) fit.

A more recent and specific model is the person-job, in which the tasks that the person must carry out are analyzed. Edwards [Edwards 1991] divides the person-job (PJ) fit in two concepts:

- Proportionality between individual's abilities and knowledge, and job requirements;
- How much the necessities, desires, and preferences of the employee are guaranteed by the job they execute.

For the individual, good person-vocation and person-job fits result in high work proficiency, because its motivational component is self-effectiveness. This factor is crucial for the robotics researcher, associating success on the project with personal success. On the other hand, the interaction between individuals must also be considered to create united and efficient work spaces [Werbel and Johnson 2001].

2.2. Person-Group (PG) Fit

At the moment of evaluation, interpersonal relations are more critical than technical abilities [Montogomery 1996]. In this case, there's compatibility when a new member has personality traits in common with the colleagues or when their abilities complement a group deficiency.

In a research group, tasks are organized around common fields of research and the group's members share a place and equipment [Etzkowitz 2003]. Besides the generic relations in work groups, there exists a specific study of the relation between a person and their supervisor or advisor.

2.3. Person-Supervisor (PS) Fit

Compatibility in this dimension assures the supervisor that their employee will perform as expected, even with scarce monitoring and incentives [Schaubroeck and Lam 2002]. This way, stronger trust relations could be developed.

A better person-supervisor fit is strongly correlated with work satisfaction [Kristof Brown et al. 2005]. Besides, the results obtained by Schaubroeck [Schaubroeck and Lam 2002] point that, in unities with high collectivism, this type of fit is a predictor of growth inside the organization.

Both person-group and person-supervisor fit are important to assure cooperation and synergy during the development of a research project because when motivated by the social facilitation, students feel more comfortable to talk with their peers and advisors. For a complete analysis, however, fit between individual and organization should be considered.

2.4. Person-Organization (PO) Fit

Since inside groups usually have different norms and values from the organization in which they're inserted, person-group fit could radically differ from person-organization fit [Kristof Brown et al. 2005]. In a research group, whose biggest organizational objective is to create knowledge, contributing to the academic community. Thus, by means of effective incentives, managers must align individual objectives with organizational objectives [Sobral and Peci 2008].

Knowing the possible kinds of fit, [Kristof Brown et al. 2005] affirms there are many ways to measure compatibility, either by asking direct questions or utilizing indirect instruments of selection.

2.5. Instruments of Selection

By means of direct questions, perceived person-organization fit can be identified. This perception was identified as a predictor of the real fit [Cable 1995]. Furthermore, the perception of fit is an instrument that makes it possible to measure how much the candidate understands the organization's values.

According to Cable's results [Cable 1995], the direct measure of fit is not enough to verify its existence. So, indirect measures of fit could also be used, to verify the compatibility conceptualized by Munchinsky and Monahan [Muchinsky and Monahan 1987].

Sobral and Peci [Sobral and Peci 2008] characterize the interview as the most used instrument of selection because it allows the interviewers to better know the candidate and clarify any doubts that can rise. Even though most successful interviews are carefully planned, most of them is not well structured.

Forming competent teams inside of an organization isn't limited to selection alone. After selected, the person must undergo an orientation process inside the organization, so they can adapt to the environment. At this stage, many forms of fit not available in an interview can be evaluated. Hence, the selection of members must be a continuous activity, setting up the cycle of Attraction, Selection, and Attrition [Bretz and Dreher 1989].

In order to be effective, the selection process cycle of an organization must consider many measures of fit and compatibility between the environmental and individual personality [Tom 1971]. Despite being well established, the selection process theory is not widely used in organizations inside of Brazilian universities.

Usually, students willing to do research go after professors whom they have more affinity. Because not everyone can be accepted, the advisors must select a few students to work with, and this is, most of the times, done using simple measures like the student's grades, or even arbitrarily. At this context, GPR-UFS stands out because it executes a structured selection process, shown in the next section.

3. GPR-UFS's Selection Process

In this section, the general characteristics of the studied research group are presented, so that the selection process could be detailed. Then, in the next subsection, both values and objectives of each step are observed, according to selection process theory.

3.1. The GPR-UFS

The GPR-UFS started its activities in 2003, but only by 2010 it was officially recognized by CNPq[1]. Its purpose is to contribute with the involved students' formation and collaborate with the scientific environment with research on the field.

Currently, the group consists of four adjunct professors, three of which being the managers, and one external researcher. Also, there are 11 students participating in the group: six undergraduate students, two graduate students, and three PhD students.

In general, the research performed in the GPR-UFS comprise mobile and manipulator robots' autonomous movement systems. Some of the research lines are: modelling and simulation, reactive navigation, deliberative and hybrid, SLAM, exploratory navigation, formations in multiple robots, manipulators, aerial robotics, rehabilitation robotics, robotic vision, evolutionary robotics, human-robot interaction, and robot soccer.

Most of the experiments are done in a simulated environment and then, if possible, implemented on real robots. The group's laboratory possesses many mobile robots for research in autonomous navigation systems, a drone prototype, and a manipulator with seven degrees of freedom.

3.2. Steps of the process

All the undergrad students who do research on GPR-UFS ingress by means of its selection process, which is coordinated by the professors/managers of the group.

The group has as target audience any student enrolled in a classroom course in the Federal University of Sergipe, independently of its current year. This guarantees diversity in knowledge inside the group, which is directly related to robotics' inherent multidisciplinarity.

GPR-UFS's selection process is divided in 6 steps, as presented on the block diagram of figure 1.

The first step consists of announcing throughout the university about the start of the selection process. The method of broadcast allows for any student to know it's possible for him or her to join the group, independently of the course and year. After that, the resume, college history, and cover letter of the candidate are evaluated. In this step, the students are ranked according to the following criteria:

- Writing skills (Cover Letter);
- Motivation towards robotics as a research activity (Cover Letter);
- Researcher's profile (Resume);
- Commitment to the university (College History);
- Current year of study (College History).

[1]CNPq is the Brazilian National Council of Scientific and Technological Development. Its main goal is to instigate academic research.

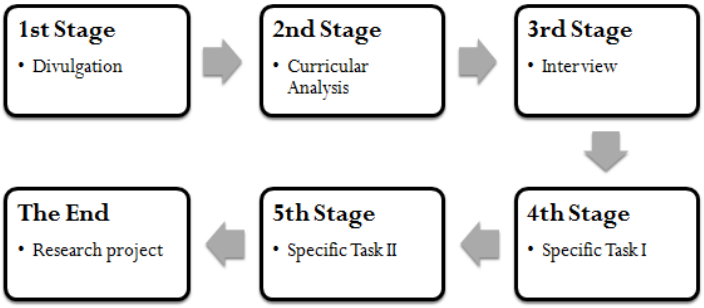


Figure 1. Block diagram describing the selection process' structure.

By the end of the second step, a list with pre-approved candidates is released. These students will be invited to participate in a face-to-face interview at the Robotics Laboratory, which starts the third step.

This is the step where the candidates are analyzed for their motivation, communication capability, time availability so they can commit to the research activities. This analysis is done during and after an interview with each candidate and the managers of the group. At the end of this step, students are selected to ingress the group. However, they will remain under evaluation.

The steps 4 and 5 consist of specific tasks to be executed for six months. These tasks are designed to evaluate both involvement and motivation with research activities. Students that manifest dedication and willingness to learn and solve the tasks, on top of good integration with the other members, are selected to be official members.

Students who go through all 5 steps are apt to receive a research project to work on, ending the selection process. Knowing the process in all its steps and interviewing the group's managers has made it possible to associate each step and its motivation with the theoretical background.

3.3. Selection Process Analysis

According to Bretz and Dreher [Bretz and Dreher 1989], a selection process can be divided in three organizational phases. The Attraction phase, relative to the advertisement step. At this moment, students who believe to have compatibility with the robotics researcher vocation sign up for the process, initiating the Selection phase.

The Selection phase, which starts by the analysis of resumes and cover letters, intends to measure both complementary (writing skills) and supplementary fits. This step is related to person-vocation and person-job fits, seen on section 2.1.

On the interview step, candidates are analyzed mostly for their supplementary person-organization fit. The questions asked by the interviewers test if the candidate's values and personality matches with those of GPR-UFS.

Finally, steps 4 and 5 configure the Attrition phase. On this phase, the managers are continuously evaluating the person-group fit between the new students and the older members. When there's a good fit, the group develops evident communication patterns [Werbel and Johnson 2001], which could be seen on weekly meetings. This anal-

ysis is done considering interpersonal relations, according to what Montgomery claims [Montogomery 1996].

Besides verifying PG fit, during the six months of Attrition phase, both PV and PJ fit are put to test. In this case, the motivation referring to the specific tasks, that were simplified versions of a researcher's routine, is continuously analyzed. Therefore, by the end of this phase, compatibility with the GPR-UFS can be verified, allowing the student to work on its first research project.

When designating the new research project, the profiles of all the professors-advisors are considered, as well as the student's personality. Then, based on the person-supervisor fit, the person is paired with the best advisor for them. Usually, the complementary factors of PS fit end up being most significant, like the research field chosen by the student and the professor's working style.

Because compatibility is encouraged in all steps, students who go through GPR-UFS's selection process have a great fit in all levels with the organization and its members. This brings long-lasting motivation to execute their tasks inside the research group as a reward.

In the following section, results of previous selection processes are detailed.

4. Results

At its beginning, GPR-UFS's selection process used to consist only of a curricular analysis of those who joined the process. Besides, it wasn't done in a structured way. Because of this, there isn't any data of the amount of inscriptions at the time. Except from the amount of enrollments between 2003 and 2010, records were kept and are displayed on table 1.

Throughout its existence, the group's selection started to match the selection process theories. An improvement can be noted due to the permanence of the selected students in the group. Up until 2007, only 15.4% remained in the group, while between 2008 and 2015, this rate increased to 53%.

Between 2012 and 2016, the selection process has been through great changes, acquiring its current form. A change of advertisement and the inclusion of online forms were two of the biggest modifications, raising the amount of enrolled candidates. Trough curricular analysis and interview, 30 people were selected in this time period. After the Attrition phase, 16 remained, proving the importance of an adjustment period inside the group.

An important result should be noted: both approved in 2010's selection are PhD students at the year of publication. This shows that a good selection process inside a robotics group not only brings truly motivated students to work with the team, but also greatly impacts their education life.

Until 2009, among the five students that remained in the group after their first research project, four of them are professors, from which three are PhD's. This way, it's possible to observe the influence of the research group's values in the academic formation of its participants.

Table 1. Data obtained throughout GPR-UFS's selection processes.

	2003	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2012	2015	2016
Enrolled	-	-	-	-	-	-	-	45	36	45
Approved on interview	6	2	4	1	3	2	2	12	12	6
Approved on selection	6	2	4	1	3	2	2	6	4	4
Students that remained after first research project	1	0	1	0	2	1	2	3	1	-
PhD students from the ones who remained on GPR-UFS	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0
PhDs from the students who remained on GPR-UFS	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
Professors from the students who remained on GPR-UFS	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0

5. Conclusion

In this article, the importance of executing structured selection processes inside research groups was presented, focusing in the case of robotics research groups, since many students get involved based on distorted motivations.

To build a structured selection process, the types of fit displayed on section 2 must be well aware of. Without background knowledge, selection would only be based on arbitrary factors. This leads to incorrectly choosing people to occupy the position in the research group, causing even bigger losses than not choosing a new person at all.

As an example of a successful selection process, a case study of GPR-UFS was presented, on which concepts of selection theory are applied on each step, forming a cycle of Attraction, Selection, and Attrition. When the process is finished, the student starts working a research project designed such that personal performance culminates on technical knowledge.

Throughout the case study, it was possible to realize that the process of recruiting and selection is a management tool which, if done adequately, guarantees the entrance of people with high potential and quality into the organization. Besides, better candidates require less training, supervision, and external incentives for motivation, apart from working in an effective and efficient fashion.

According to the results, a turning point for the group was in 2012, when a struc-

tured selection process was developed and applied, so that people who would have higher compatibility with the organization and its members could be found. This allowed GPR-UFS to achieve substantial results on the formation of its members.

Focusing on real measures of motivation, instead of background knowledge alone, has allowed the group to achieve success in improving the students' academic life. This leads to an important conclusion to this work: when there is interest in education, students shouldn't be chosen based on what they already know. They should, however, be chosen based on what they could learn with the group.

References

[Bretz and Dreher 1989] Bretz, Robert D, A. R. A. and Dreher, G. F. (1989). Do people make the place? an examination of the attraction-selection-attrition hypothesis. *Personnel Psychology*, 42(3):561–581.

[Cable 1995] Cable, Daniel M, J. T. A. (1995). The role of person-organization fit in organizational selection decisions. *CAHRS Working Paper Series*, page 197.

[Dansereau et al. 1975] Dansereau, F., Graen, G., and Haga, W. J. (1975). A vertical dyad linkage approach to leadership within formal organizations: A longitudinal investigation of the role making process. *Organizational behavior and human performance*, 13(1):46–78.

[de Azevedo et al. 2013] de Azevedo, D. M., de Holanda, C. S. M., and de Souza Costa, R. K. (2013). A importância do grupo de pesquisa na formação em enfermagem: uma experiência na graduação [the importance of research teams in nursing education: an experiment in graduation studies]. *Saúde & Transformação Social/Health & Social Change*, 4(1):01–02.

[Edwards 1991] Edwards, J. R. (1991). *Person-job fit: A conceptual integration, literature review, and methodological critique.* John Wiley & Sons.

[Ehrhart and Makransky 2007] Ehrhart, K. H. and Makransky, G. (2007). Testing vocational interests and personality as predictors of person-vocation and person-job fit. *Journal of Career Assessment*, 15(2):206–226.

[Etzkowitz 2003] Etzkowitz, H. (2003). Research groups as 'quasi-firms': the invention of the entrepreneurial university. *Research policy*, 32(1):109–121.

[Holland 1966] Holland, J. L. (1966). A psychological classification scheme for vocations and major fields. *Journal of counseling psychology*, 13(3):278.

[Judge et al. 1994] Judge, T. A. et al. (1994). Person–organization fit and the theory of work adjustment: Implications for satisfaction, tenure, and career success. *Journal of Vocational behavior*, 44(1):32–54.

[Kristof Brown et al. 2005] Kristof Brown, A. L., Zimmerman, R. D., and Johnson, E. C. (2005). Consequences of individuals'fit at work: A meta-analysis of person–job, person–organization, person–group, and person–supervisor fit. *Personnel psychology*, 58(2):281–342.

[Lakatos 1980] Lakatos, I. (1980). *The methodology of scientific research programmes: Volume 1: Philosophical papers*, volume 1. Cambridge university press.

[Mazon and Trevizan 2001] Mazon, L. and Trevizan, M. A. (2001). Fecundando o processo da interdisciplinaridade na iniciação científica. *Revista Latino-americana de enfermagem*, 9(4):83–87.

[Montogomery 1996] Montogomery, C. (1996). Organization fit is a key to success. *HRM Magazine*, page 9496.

[Muchinsky and Monahan 1987] Muchinsky, P. M. and Monahan, C. J. (1987). What is person-environment congruence? supplementary versus complementary models of fit. *Journal of vocational behavior*, 31(3):268–277.

[Schaubroeck and Lam 2002] Schaubroeck, J. and Lam, S. S. (2002). How similarity to peers and supervisor influences organizational advancement in different cultures. *Academy of Management Journal*, 45(6):1120–1136.

[Sekiguchi 2007] Sekiguchi, T. (2007). A contingency perspective of the importance of pj fit and po fit in employee selection. *Journal of managerial psychology*, 22(2):118–131.

[Sobral and Peci 2008] Sobral, F. and Peci, A. (2008). *Administração: teoria e prática no contexto brasileiro*. Pearson Prentice Hall.

[Stephan and Levin 1997] Stephan, P. E. and Levin, S. G. (1997). The critical importance of careers in collaborative scientific research. *Revue d'économie industrielle*, 79(1):45–61.

[Tom 1971] Tom, V. R. (1971). The role of personality and organizational images in the recruiting process. *Organizational Behavior and Human Performance*, 6(5):573–592.

[Werbel and Johnson 2001] Werbel, J. D. and Johnson, D. J. (2001). The use of person–group fit for employment selection: A missing link in person–environment fit. *Human Resource Management*, 40(3):227–240.

[Wheeler et al. 2005] Wheeler, A. R., Buckley, M. R., Halbesleben, J. R., Brouer, R. L., and Ferris, G. R. (2005). "the elusive criterion of fit" revisited: Toward an integrative theory of multidimensional fit. In *Research in personnel and human resources management*, pages 265–304. Emerald Group Publishing Limited.

DuinoBlocksII: Uma ferramenta de apoio ao ensino-aprendizagem de lógica de programação e robótica educacional para alunos da rede pública do Ensino Médio

José Augusto M. Vidal[1,3], Fábio Ferrentini Sampaio[1,2], Antoanne Pontes[1,3]

[1]Programa de Pós-Graduação em Informática (PPGI/UFRJ)
[2]Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais (NCE/UFRJ)
[3]Centro de Estudos e Sistemas Aplicados de Recife (CESAR) / Escola Estadual José Leite Lopes (CEJLL)

jamv@ufrj.br, ffs@nce.ufrj.br, antoanne@ufrj.br

Abstract. *This work introduces a visual programming language called DuinoBlocksII, based on Arduino and open-source (and free) technology for educational robotics, that aims to support the teaching-learning programming logic and the awakening of computational thinking. A preliminary study was implemented in a public school in Rio de Janeiro - Brazil during two months in 2017. Some partial results are also presented.*

Resumo. *Este trabalho apresenta o DuinoBlocksII, uma ferramenta de programação visual voltada para a robótica educacional baseado em placas Arduino e de tecnologias livres (e gratuitas). Tem como objetivo o apoio ao ensino-aprendizagem de lógica de programação e o despertar do pensamento computacional. Um estudo preliminar foi implementado numa escola pública na cidade do Rio de Janeiro durante um bimestre de 2017. Alguns resultados parciais também são apresentados.*

1. Introdução

Nos últimos anos temos assistido, em diferentes países, variadas iniciativas que procuraram incentivar o aprendizado de programação entre os estudantes do ensino fundamental e médio. Os argumentos utilizados para tais abordagens são, principalmente, de duas naturezas: aqueles que enxergam a necessidade do ensino de programação como uma importante qualificação para os que estarão entrando no mercado de trabalho nos próximos anos; aqueles que entendem que o ensino de programação implica no desenvolvimento de importantes habilidades e competências necessárias a várias disciplinas do currículo escolar e na solução de problemas do cotidiano. Nesse segundo caso, tais habilidades e competências podem ser englobadas pelo que hoje chamamos de Pensamento Computacional (*Computational Thinking*).

O termo Pensamento Computacional (PC) foi cunhado por Papert (1980) e aperfeiçoado por Wing em artigo seminal publicado na *Communications of ACM* em (2006). No seu trabalho, a autora afirma que pensar de maneira computacional será uma habilidade

fundamental que deveria ser praticado por todos que queiram resolver problemas de maneira sistemática. Barr e Stephenson (2011) listam algumas características sobre o processo, tais como: organizar e analisar dados logicamente, representar dados através de abstrações como modelos ou simulações e automatizar soluções de maneira eficiente tentando generalizá-las para outras variedades de problemas.

No entanto, o ensino de programação não é tarefa fácil, pois como observado por Pontes (2013) e Júnior et al. (2005), o aluno, geralmente novato, depara-se com uma série de problemas durante seu aprendizado (falta de organização do raciocínio, entendimento de questões de lógica relativamente complexos, dificuldade na compreensão do idioma Inglês e a falta de motivação gerada pelo medo prévio da disciplina). Tais problemas estão atrelados a metodologias que enfocam muito mais a memorização de conceitos, em detrimento da prática de programação e resolução de tarefas que fazem parte do cotidiano do aluno, gerando uma grande evasão e repetência nos cursos/disciplinas iniciais de Computação [Ramos e Espadeiro, 2015; Resnick et al., 2009].

Assim, a fim de tentar contribuir com a melhoria do ensino de computação, o Laboratório LIvRE em parceria com o NAVELabs, vêm desenvolvendo ferramentas de software, hardware e práticas pedagógicas que facilitem e ampliem o trabalho de professores e alunos em novos contextos de ensino com tecnologias. O trabalho aqui apresentado trata de uma dessas iniciativas - unindo a Robótica Educacional e o uso da linguagem de programação visual DuinoBlocksII (DBKII) - na formação inicial de programadores participantes de um curso técnico integrado (ensino médio) de desenvolvimento de jogos digitais.

Este trabalho está dividido da seguinte forma: na seção 2 apresentamos, de forma sucinta, o arcabouço teórico no qual está baseada esta presente pesquisa. A seção 3 expõe o ambiente de programação visual baseada em blocos - DuinoBlocksII. A seção 4, por sua vez, descreve o experimento realizado com alunos do 1º ano do Ensino Médio, bem como os resultados parciais obtidos. O trabalho finaliza com a seção 5 onde são apresentadas as conclusões e trabalhos futuros.

2. Arcabouço Teórico

2.1. Robótica Educacional

Um dos aspectos da teoria Construtivista de Jean Piaget (1973) considera a manipulação dos objetos a chave para as crianças construírem seu próprio conhecimento. Por sua vez, o Construcionismo de Seymour Papert (1980) adiciona à teoria de Piaget a ideia de que esta construção se dá de forma mais efetiva quando o aprendiz se engaja de maneira consciente na construção de algo tangível.

Por ser fortemente baseada em atividades práticas e fundamentada na manipulação de objetos físicos que fazem parte da realidade dos estudantes, alguns autores como Benitti (2012), Eguchi (2010) e Campos (2011) defendem o emprego da Robótica Educacional como "porta de entrada" para o ensino de programação.

2.2. Linguagens de Programação Visuais

Diferentes autores como Gomes e outros (2008) e Resnick e outros (2009) argumentam que a utilização de linguagens de programação textuais acrescentam barreiras desnecessárias no ensino inicial de programação. Tais autores defendem ainda alternativas como o uso de Linguagens de Programação Visuais, capazes de encapsular as dificuldades existentes nas sintaxes das linguagens textuais, além de ampliar o alcance do ensinamento de lógica de programação para diferentes idades.

Na seção a seguir apresentamos o DuinoBlocksII, uma Linguagem de Programação Visual baseada em blocos desenvolvida especificamente para a programação de placas de robótica da família Arduino[1].

3. DuinoBlocksII

O DuinoBlocksII foi desenvolvido com o objetivo de facilitar e motivar o ensino de lógica de programação para usuários inexperientes na área de computação. O ambiente permite a implementação de diferentes projetos na modalidade da Robótica Educacional, sendo capaz de controlar a maioria das placas de hardware Arduino existentes no mercado. A versão atual é multiplataforma, podendo ser executada nos principais navegadores web hospedados na máquina do usuário, sem a necessidade de conexão com a internet[2].

3.1. Interface

O ambiente DBKII apresenta ao usuário uma paleta de blocos de comandos organizados em sete categorias (Figura 1), sendo capaz de monitorar diferentes tipos de sensores e atuadores que agirão de alguma forma no mundo físico. São elas:

- *Controle* - possui blocos que controlam o fluxo do programa utilizando-se de estruturas de controle, repetição e *delay*. Desta forma, o projeto pode se comportar de maneira diferente, dependendo do ambiente no qual ele estiver inserido.
- *Operadores* - contém diferentes opções de operadores matemáticos, booleanos e condicionais de comparação, com o intuito de manipular dados captados por sensores e aplicados em atuadores.
- *Entrada/Saída* - inclui os blocos que fazem a interface com o ambiente externo, lendo as informações captadas por sensores e/ou enviando informações para os atuadores através das portas digitais/analógicas que o Arduino oferece.
- *Variáveis* - engloba blocos que manipulam variáveis numéricas e textuais no sistema.
- *Comunicação* - contém blocos capazes de ler e escrever valores na janela de comunicação serial, fazendo um interfaceamento em tempo real entre o experimento e o usuário (p.ex. auxiliando a depuração de programas).

[1] https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction
[2] O ambiente está disponível para download no site do Laboratório LIvRE

- *Matemáticos* - possui as principais funções trigonométricas, além de radiciação, arredondamento, aleatoriedade, etc.
- *Motores* - permite o controle de motores DC e Servo.

O ambiente apresenta ainda, no lado direito da interface, uma área opcional capaz de apresentar o código *Wiring*[3] gerado pelo programa em blocos criado pelo usuário. Desta forma, o educador pode ir inserindo, com cautela, como funciona a programação textual para que o educando, de maneira gradual, vá se familiarizando com a realidade da programação de computadores.

O DBKII disponibiliza outras funcionalidades como verificar código (compilação), salvar e recuperar programas.

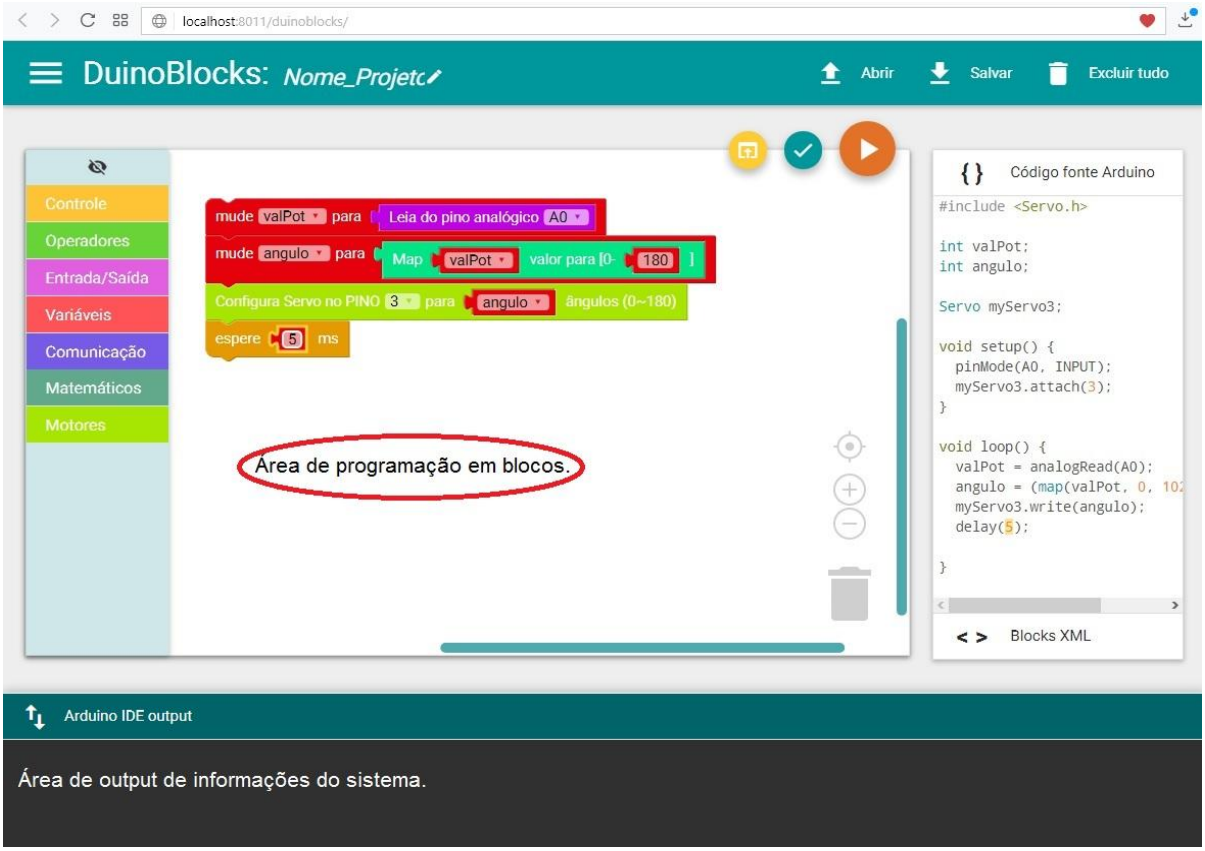


Figura 1. DBKII - Interface do sistema

3.2. Tecnologia Utilizada

O desenvolvimento do DBKII baseou-se na biblioteca de código livre Blockly (*https://developers.google.com/blockly)* desenvolvida pela Google e no ambiente Ardublockly implementado por Carlos Perate[4].

[3] Linguagem textual utilizada pela IDE do Arduino.
[4] Ver *https://github.com/carlosperate/ardublockly.*

A utilização da biblioteca da Google, juntamente com o Ardublocky, permitiu-nos desenvolver de forma relativamente rápida os comandos que compõem a linguagem DBKII, bem como o seu ambiente integrado visualizado pelo usuário final.

O DBKII é executado nos principais navegadores web utilizando a IDE original do Arduino - executada em 2o. plano - para compilar e fazer o upload do código. A comunicação entre a interface do DBKII e a IDE Arduino é feita por um sistema baseado na linguagem Python[5], versão 2.7, que também precisa estar instalada na máquina do usuário.

4. Estudo Realizado e Resultados Preliminares

O estudo preliminar realizado com o DBKII aconteceu no 2º bimestre de 2017 com uma turma de 42 alunos do Ensino Médio (14 a 18 anos), em uma escola pública integral no Estado do Rio de Janeiro.

Uma vez que a escola não dispunha de kits de robótica suficientes para toda a turma, optou-se por utilizar o Tinkercad[6] - uma plataforma web de simulação de circuitos Arduino (Figura 2). Desta forma, os projetos desenvolvidos pelas duplas de alunos seguiam, na maioria das vezes, os seguintes passos: (1) desenho do circuito elétrico do projeto no Tinkercad; (2) programação no ambiente DuinoBlocksII; (3) cópia do código programado para o ambiente Tinkercad e posterior execução; (4) discussão na dupla sobre os resultados gerados/observados na placa Arduino seguido de modificação do código (quando o projeto não funciona como esperado) ou aprimoramento do projeto (aumento da complexidade).

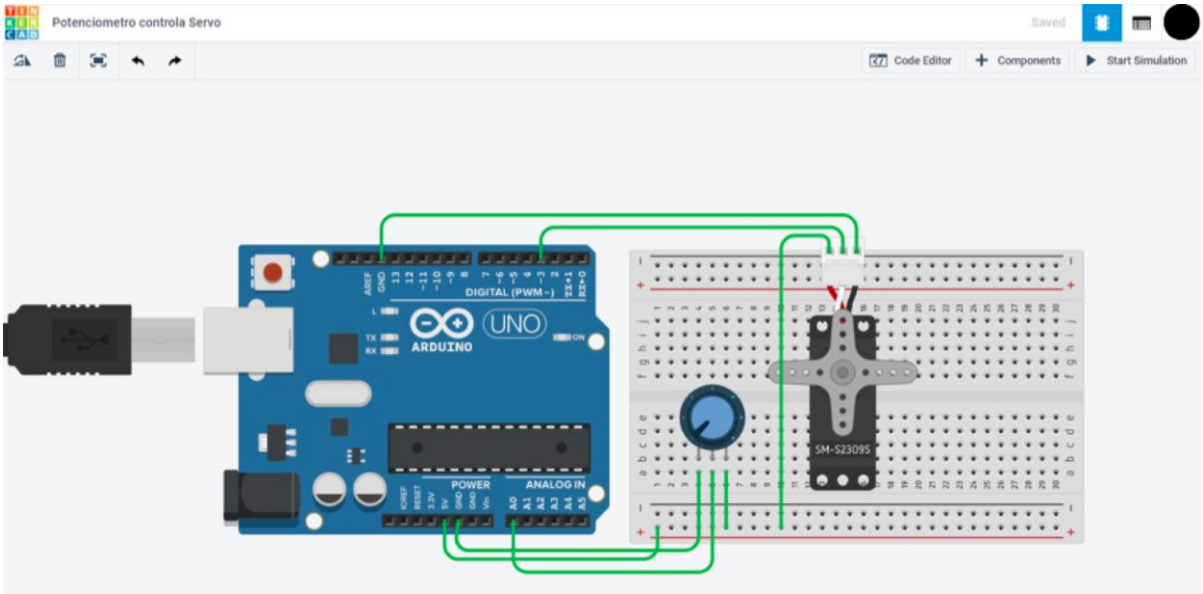


Figura 2. Tinkercad: Simulador web de circuitos eletrônicos

[5] https://www.python.org
[6] https://www.tinkercad.com

Cada aula tinha a duração aproximada de 100 minutos e as atividades propostas eram inspiradas na apostila disponibilizada na compra do kit iniciante de robótica da Robocore[7]. A Tabela 1 apresenta as 20 atividades trabalhadas pelos estudantes.

Aula	Conteúdo	Objetivo
1	Introdução Arduino	Apresentar o Arduino, alguns sensores e atuadores
2	Introdução DuinoBlocksII	Apresentar o DuinoBlocksII e suas características.
3	Introdução Tinkercad	Apresentar o ambiente de simulação de circuitos
4	LED piscando	Ideia de programação sequencial, pinagem (*output*) e *delay* em milissegundos
5	LEDs piscando	Ideia de circuitos em série e em paralelo
6	Exercício	Implementar um circuito que se comporte como um semáforo tradicional
7	Correção + variáveis	*Feedback* do exercício + introdução à variáveis
8	Exercício	Implementar um circuito de pisca-pisca com comportamento Iô-Iô (vai e volta)
9	Correção + exercício	Feedback do exercício + implementar um circuito de pisca-pisca com comportamento aleatório
10	Correção + *inputs*	*Feedback* do exercício + *push button* (*inputs*)
11	Exercício	Implementar um botão acendendo LEDs
12	Estrutura de controle	Apresentar a estrutura de controle *if/else*
13	Operadores	Apresentar operadores lógicos condicionais
14	Exercício	Implementar um botão que controle uma sequência de LEDs
15	Correção + exercício	*Feedback* do exercício + implementar um circuito que possui o comportamento inverso do exercício anterior
16	Correção + portas analógicas	*Feedback* do exercício + apresentar a ideia de intervalo de valores utilizando um potenciômetro
17	Arduino real	Apresentar um kit básico de robótica demonstrando que a simulação é muito parecida com a realidade
18	Comunicação serial	Apresentar o conceito de depuração + *buzzer*
19	Exercício	Potenciômetro controlando servo motor
20	Correção	*Feedback* do exercício

Tabela 1. Tópicos em ordem cronológica dos conteúdos ministrados

[7] https://www.robocore.net/loja/produtos/arduino-kit-iniciante.html

Alguns aspectos relevantes observados no estudo:

- As avaliações foram feitas durante os momentos dos exercícios (vide Tabela 1), sendo propostas como uma atividade prática a ser resolvida pelos alunos em duplas ou triplas.
- A média da turma foi de 6,4 (valores de 0,0 a 10,0) e o desvio padrão foi de 2,17, sendo que 6 alunos foram bastante ausentes durante o bimestre. Retirando estes 6 alunos do cálculo, a média da turma sobe para 6,9 pontos e desvio padrão passa a ser de 1,52 com apenas 4 alunos com nota inferior a 5 pontos. No ano de 2016, turmas equivalentes de programação, ministradas pelo mesmo professor tiveram as seguintes médias:
    - Turma 1004: 41 alunos – média: 6,0 – desvio padrão: 1,93;
    - Turma 1003: 41 alunos – média: 5,6 – desvio padrão: 2,74;
    - Turma 1002: 41 alunos – média: 5,3 – desvio padrão: 2,31;
    - Turma 1001: 40 alunos – média: 5,3 – desvio padrão: 2,08;
- Alguns alunos dominaram rapidamente o processo de programação com blocos e passaram a construir seus programas utilizando a programação textual (*Wiring*), economizando tempo na depuração do código e se familiarizando cada vez mais com os tipos de códigos que eles vão se deparar no futuro em novas disciplinas que irão participar.
- Com relação à interface, todos os educandos souberam utilizar bem suas funcionalidades. No entanto, notou-se alguma dificuldade em visualizar algumas mensagens emitidas pelo DBKII na área de saída.
- Após a finalização do bimestre, muitos alunos que participaram do estudo procuraram a equipe de professores de programação da Escola manifestando o desejo de continuar o desenvolvimento de projetos e estudos com robótica.

5. Conclusões

O DuinoBlocksII é um ambiente de programação visual baseado em blocos que tem por objetivo facilitar, de forma mais prazerosa e engajadora, o aprendizado de lógica de programação e o desenvolvimento do pensamento computacional por alunos do ensino médio e primeiros anos do ciclo básico de graduação.

Os resultados preliminares obtidos através dos trabalhos desenvolvidos, as notas finais dos alunos e o despertar do interesse de alguns deles por programação e robótica, nos permite pensar que o DBKII, juntamente com estratégias de aprendizagem baseada em projetos, têm sido promissores, mas carecendo ainda de mais investigação.

5.1. Trabalhos futuros

É necessário que sejam feitos novos estudos com um controle maior sobre as variáveis observáveis (projeto e sequência pedagógica) a fim de investigar o verdadeiro potencial do DuinoBlocksII e da Robótica Educacional, auxiliando na implementação de diferentes estratégias pedagógicas.

Uma vez que boa parte dos alunos não possui kits de robótica, não foi possível propor atividades extraclasse que motivassem os alunos a avançarem em alguns projetos desenvolvidos. Nesse sentido, a integração do DBKII com o LabVAD (Laboratório Virtual de Atividades Didáticas em Ciência e Robótica[8]) pode ser uma solução para problemas dessa natureza.

Por último, verificamos ser necessária a adição de novos blocos de comandos na ambiente DBKII a fim de torná-lo mais completo, possibilitando a utilização de novos componentes que ajudem no desenvolvimento do Pensamento Computacional dos educandos.

Referências

Barr, V., & Stephenson, C. (2011). Bringing computational thinking to K-12: what is Involved and what is the role of the computer science education community?. *Acm Inroads*, *2*(1), 48-54.

Benitti, F. B. V. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. Computers & Education, 58(3), 978-988.

Campos, F. R. (2011). *Currículo, tecnologias e robótica na educação básica*(Doctoral dissertation, Tese (Doutorado em Educação), PUC-SP).

Eguchi, A. (2010). What is educational robotics? Theories behind it and practical implementation. In D. Gibson & B. Dodge (eds.), Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference 2010 (pp. 4006-4014). Chesapeake, VA: AACE.

Gomes, A., Henriques, J., & Mendes, A. (2008). Uma proposta para ajudar alunos com dificuldades na aprendizagem inicial de programação de computadores. Educação, Formação & Tecnologias-ISSN 1646-933X, 1(1), 93-103.

Júnior, J., Rapkiewicz, C. E., Delgado, C., and Xexeo, J. A. M. (2005). Ensino de algoritmos e programação: uma experiência no nível médio. In XIII Workshop de Educação em Computação (WEI'2005). São Leopoldo, RS, Brasil.

Papert, S. (1980). Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas. Basic Books, Inc.

Piaget, J. (1973). To understand is to invent: The future of education.

Pontes, H. P. (2013). Desenvolvimento de jogos no processo de aprendizado em algoritmos e programação de computadores. Proceedings of the XII Simpósio Brasileiro de Games e Entretenimento Digital (SBGames). São Paulo.

[8] Plataforma de acesso (via web) a laboratórios de robótica remotos, baseado em tecnologias livres. Os usuários se cadastram e podem programar placas robóticas baseadas em Arduino as quais controlam diferentes sensores. (http://labvad.nce.ufrj.br/)

Ramos, J. L., & Espadeiro, R. G. (2015). Pensamento computacional na escola e práticas de avaliação das aprendizagens. Uma revisão sistemática da literatura. http://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/14227/1/challenges%202015b r.pdf

Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., ... & Kafai, Y. (2009). Scratch: programming for all. Communications of the ACM, 52(11), 60-67.

Wing, J. M. (2006). Computational thinking. Communications of the ACM, 49(3):33–35.

Desenvolvimento de um robô omnidirecional de baixo custo para aprendizado e pesquisa em robótica móvel

Gustavo Leite Lopes, Guilherme Sousa Bastos, Audeliano Wolian Li

[1]Instituto de Engenharia de Sistemas e Tecnologia da Informação
Universidade Federal de Itajubá – (UNIFEI)
Caixa Postal 50 – 37.500-903 – Itajubá – Minas Gerais – Brasil

Abstract. *This work was developed with the idea of design and construct a robot at a low cost, omnidirectional locomotion system, autonomous navigation and compatibility with the ROS framework - Robot Operating System. The ROS framework is used in all the robot's integration from high to low-level systems: data acquisition, control loop, route planning and localization. With the full development of the robot, all the systems are accessible and configurable, expanding the possibilities in research and robotics teaching.*

Resumo. *Este trabalho foi desenvolvido com o intuito de projetar e construir um robô com custo reduzido, locomoção omnidirecional, navegação autônoma e compatibilidade com o framework ROS - Robot Operating System. O framework ROS é utilizado em toda a integração de alto e baixo nível: desde a aquisição de dados e sistemas de controle até sistemas de planejamento de rotas e localização. Com o desenvolvimento do robô por inteiro, todo o sistema fica acessível e configurável, expandindo as possibilidades de aplicação em pesquisa e ensino de robótica.*

1. Introdução

A robótica é uma área complexa que é composta da integração de várias subáreas bem conectadas. Suas partes precisam estar em sintonia para o bom funcionamento do sistema. A teoria e noções que compõe a robótica criam uma base de raciocínio lógico e conhecimento abrangente com a participação das áreas de mecânica, eletrônica e computação. Sendo um assunto que desperta interesse e curiosidade, é mais fácil trabalhado em escolas e pode ser amplamente utilizado para expandir a mente de crianças e adolescentes, dando oportunidades de entrar em contato com a área técnica desde cedo.

Na base tem-se a mecânica, a estrutura física que deve possuir os atuadores e a geometria necessárias para a realização do objetivo proposto. A estrutura precisa de partes eletrônicas com capacidade de atuação e processamento que atendam à aplicação e, por último, um *software* para trabalhar em uma camada acima convertendo dados em resultados e ações [Siegwart et al. 2011].

Visando uma locomoção precisa, navegação, cinemática, localização e sistema de planejamento devem trabalhar em conjunto. Para aprimorar a odometria do robô e permitir que um planejador atue no sistema para o traçado de rotas, existem diversos filtros, tais como: os baseados em filtro de Kalman, Monte Carlo e histogramas [Romero et al. 2014].

Este trabalho aborda o desenvolvimento de um robô omnidirecional integrado a um *framework* para desenvolvimento de aplicações robóticas, denominado *ROS (Robot*

Operating System) [ROS 2007], tendo baixo custo e grandes possibilidades didáticas de aplicações em universidades e escolas do ensino básico e médio. Além de permitir um controle do nível de aprofundamento no projeto.

O artigo é dividido nas seguintes seções: na seção 2 são introduzidos alguns conceitos de robótica móvel utilizados neste artigo. A seção 3 apresenta o modelo do robô desenvolvido e os resultados obtidos estão na seção 4.

2. Robótica Móvel

A locomoção de um robô terrestre é um ponto que deve ser muito bem trabalhado para permitir uma boa execução das tarefas propostas para tal, de maneira que pode ser limitante para algumas aplicações. Devido a este motivo, a seleção do tipo de locomoção envolve a finalidade e os custos do projeto, sendo que uma movimentação mais flexível permite maior liberdade de movimentos em contrapartida com custos e complexidade de projeto maiores [Wolf et al. 2009].

O modo mais comum da locomoção robótica é conhecido como modo diferencial, que permite dois graus de liberdade para a locomoção, enquanto um modo mais complexo, o omnidirecional, permite três.

Nesta seção serão abordados os conceitos de cinemática com equacionamento de um robô omnidirecional de três rodas. Também são introduzidos conceitos do *framework ROS*.

2.1. Cinemática Omnidirecional

A cinemática de um robô omnidirecional permite o deslocamento direto nos eixos x e y de maneira independente, adicionalmente ao valor da rotação do corpo do robô. Um caso mais específico é o de um robô omnidirecional de três rodas com roletes à 90º (figura 1) cuja cinemática pode ser definida pela equação 1, que relaciona as velocidades das rodas com as velocidades de deslocamento do corpo do robô [Li and Zell 2009].

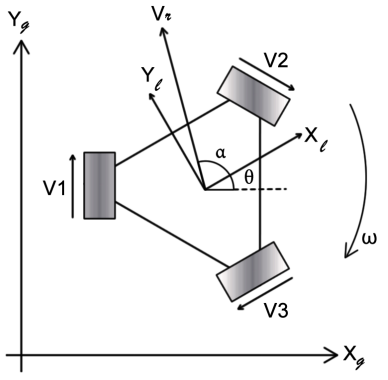


Figura 1. Sistema de locomoção omnidirecional

$$v = \begin{bmatrix} \sqrt{3}/3 & -\sqrt{3}/3 & 0 \\ 1/3 & 1/3 & -2/3 \\ 1/(3L) & 1/(3L) & 1/(3L) \end{bmatrix} \dot{q} \qquad (1)$$

onde $v = [V_{yl}\ V_{xl}\ \omega]$ representa as velocidades locais (linear em x, y e angular), L é a distância do centro do robô ao centro das rodas e $\dot{q} = [V_1\ V_2\ V_3]$ as velocidades tangenciais das respectivas rodas [Baede 2006]. O sistema de coordenadas local deve ser convertido para o sistema global de maneira que o robô possa ser controlado em relação ao mapa de maneira direta. Assim, tem-se a velocidade resultante como a soma vetorial das composições em x e em y, e tomando as orientações θ e α obtemos a equação 2. Sendo θ a rotação do sistema local em relação ao sistema global, e α a orientação do vetor velocidade no sistema local.

$$\begin{cases} V_r = \sqrt{V_{xl}^2 + V_{yl}^2} \\ V_{xg} = V_r cos(\alpha + \theta) \\ V_{yg} = V_r sin(\alpha + \theta) \end{cases} \tag{2}$$

onde V_r é a velocidade resultante, V_{xl} e V_{yl} são as decomposições das velocidades nos eixos x e y do sistema local, V_{xg} e V_{yg} em relação ao sistema global.

3. Desenvolvimento do robô

3.1. Hardware

O projeto do robô foi realizado em um *software CAD* e possui uma estrutura triangular com simetria radial relativa a disposição dos motores, os quais se defasam em 120º. Para o detalhe das rodas que permitem o deslocamento omnidirecional, foi escolhido o tipo com roletes em angulação de 90º.

Com uma organização de dois patamares, a distribuição dos sistemas eletrônicos se dividiu com a eletrônica de potência e integração elétrica na parte inferior e o processador de alto nível e bateria na parte superior, conforme ilustrado na figura 2.

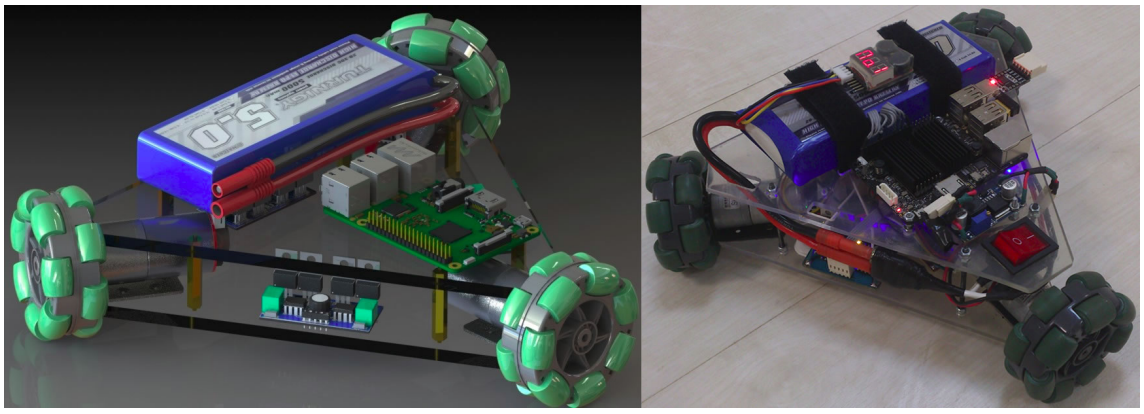


Figura 2. Projeto da estrutura (esquerda) e robô montado (direita)

O mesmo arquivo desenvolvido em software CAD é utilizado para a geração do arquivo *URDF* (*Unified Robot Description Format*), a descrição do modelo físico do robô, para acompanhar *softwares* de simulação como o *rviz*.

A fim de se obter o controle do sistema e manter uma trajetória previsível e controlável, é necessário o uso de observadores de estado na forma de sensores. Como

variáveis de estados é possível utilizar as velocidades das rodas e orientação do robô, observadas por *encoders* e *IMU* (*Inertial Measurement Unit*). Deste modo é estimada a postura em relação ao sistema global de coordenadas.

Visando manter uma característica de baixo custo no projeto, foram utilizados motores *DC* genéricos com caixa de redução de 35:1 e um sensor com o *CI MPU6050*, o qual é formado por giroscópio e acelerômetro.

A locomoção do sistema necessita de um circuito de conversão do sinal de controle para a atuação de potência nos motores e é feita por pontes H, controladas por sinal *PWM* de 500 hz gerados por um microcontrolador *ATMega328* em um plataforma *Arduino Pro Mini*. A malha de controle e todos algoritmos de alto nível são executados em um microcomputador *Odroid C2* com sistema *Linux*, o qual possui um bom desempenho e ótima relação custo-benefício com especificações:

- Processador *Quad-core* 64bit com 1.5ghz e arquitetura *ARM*;
- 2GB de memória *SDRAM DDR3*;
- Sistema Operacional *Linux Ubuntu* 16.04 - *Kernel* 3.14LTS;

Uma bateria *LIPO* com 11.1V e um regulador *step-down* de alta eficiência, *LM2576*, ajustado em 5V foram utilizados para a alimentação de todo o circuito.

3.2. Sistema de Controle

Para o controle do robô definiu-se um sistema de fechamento de malhas sobrepostas composto por três camadas, as quais buscam controlar respectivamente velocidade das rodas, ângulo de robô e coordenadas x e y em relação ao mapa. Para atingir a estabilidade do sistema foi utilizada uma sintonia empírica. Todo o sistema foi executado no computador principal, com exceção do *PWM*, o qual é executado no microcontrolador *ATMega328* com a informação recebida pela conexão serial.

- *Malha de controle primária:*

Dedicada ao controle de velocidade das rodas com a realimentação dos *encoders*, utiliza-se derivação dos dados para tal. Contém três controladores *PID* adaptativos que são responsáveis pelo controle dos pulsos por ciclo de controle do *encoder* de cada motor.

Cada controlador possui duas faixas de controle com ganhos e *offsets* diferentes visando se adaptar às altas velocidades e vencer a inércia do robô para uma resposta mais rápida em baixas velocidades (tabela 1).

Tabela 1. Controladores

Controlador	Kp	Ki	Kd	Offset
Inércia	0.5	1.5	0	20
Cruzeiro	0.6	1.2	0.05	0

O controlador de inércia trabalha com a faixa entre 0 e 5 pulsos de *encoder* por ciclo, vencendo o atrito mínimo para a rotação dos motores e deslocamento do corpo. O controlador de cruzeiro trabalha com as faixas com atuação mais suave apenas para manter o *setpoint* do sistema com pouca oscilação e baixo erro em regime permanente.

A frequência de aquisição de dados do *encoder* foi controlada para que se obtivesse um valor de boa resolução para a velocidade (derivada), e baseado nessa atualização de dados foi estabelecida e frequência do *loop* de controle.

A derivada foi calculada pelo número de pulsos decorridos em cada ciclo, desse modo, se a frequência de controle se tornar muito alta a variação do *encoder* por ciclo torna-se muito pequena e a resolução do controle fica baixa, podendo levar a instabilidade.

• *Malha de controle secundária:*

Responsável pelo controle de ângulo com realimentação de dados por integral trapezoidal do giroscópio com controlador *PID* simples. Este controlador possui uma *dead zone* em baixas velocidades o que evita sua constante atuação por não alcançar um perfeito *setpoint*.

• *Malha de controle terciária:*

Dedicada ao controle de posição no eixos x e y com controlador P com *offset* de velocidades mínima e máxima. Este controlador recebe as coordenadas calculadas pelo algoritmo de A* e direciona o robô para o próximo ponto da rota.

A malha de controle simplificada do sistema descrito acima é representada na figura 3.

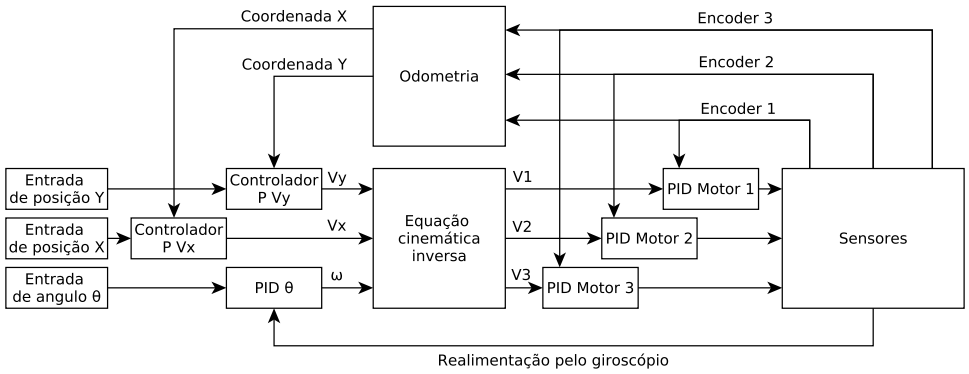


Figura 3. Malha de controle simplificada.

3.3. Estrutura de software

A estrutura do *software* foi desenvolvida em *ROS*, aproveitando seus recursos de modularidade. A intercomunicação entre os nós é feita por tópicos em uma estrutura do tipo *publisher/subscriber*, em que as informações são publicadas no tópico e os nós buscam informações apenas dos tópicos de interesse. O código fonte encontra-se na página do *github* [1]*:*

A estrutura aplicada no robô é composta por nós que distribuem as ações do sistema entre diferentes processos.

• *interrupts:* Responsável pelas rotinas de *software interrupt* dos encoders. Utiliza a ferramenta *realtime publisher* para as informações críticas;

[1]código fonte: `https://github.com/gustavollps/catkin_ws/tree/master/src/tcc`

• *PWM:* Converte a informação de velocidade em *duty cycle* de um sinal *PWM* e envia via serial para um microcontrolador *AtMega328* em uma plataforma *Arduino*;

• *mpu:* Faz a aquisição de dados dos sensores giroscópio e acelerômetro, e integração da velocidade angular no plano *xy*;

• *Control_loop:* Contém as malhas de controle das velocidades angulares das rodas dos robôs;

• *Movement_controller:* Malha de controle de angulação do robô, envio de velocidade para o nó *Control_loop* e cálculo de odometria baseado na informação do nó *interrupts*.

• *robot_pose_ekf* [2]*:* Nó para o cálculo do filtro de Kalman estendido. Utiliza as informações de odometria e da *IMU*.

• *Main_Planner:* Núcleo de planejamento global do sistema e controle de posição nos eixos ordenados. Inicia uma nova *thread* para o cálculo do caminho mínimo pelo algoritmo A* a cada recebimento de destino (posição final).

• *map_server* [3]*:* Deixa o mapa a disposição do nó que se inscrever no tópico de mapa.

• *virtual_joystick:* Controle remoto do robô em aplicativo *Android*.

A figura 4 representa a organização da estrutura em *software*.

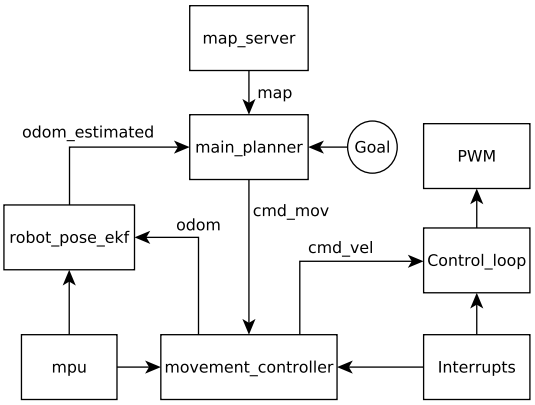


Figura 4. Estrutura simplificada do *software* do robô.

Com a utilização de serviços e do servidor de parâmetros apresentados na seção 2 foram organizadas variáveis de configuração como o ganho dos controladores, tipo de algoritmo de busca, frequência de ciclo, modo autônomo/controle remoto, etc para fácil acesso e modificação. Dessa maneira, os códigos não precisam ser recompilados para novos testes, apenas os parâmetros podem ser modificados permitindo maior velocidade dos testes e troca em tempo real para comparação de resultados. Os serviços, por sua vez, permitiram a execução de partes de código específicas dentro dos nós como no caso de uma desativação de emergência dos motores ou recalibração da direção de *encoders*.

[2]robot_pose_ekf: `http://wiki.ros.org/robot_pose_ekf`
[3]map_server: `http://wiki.ros.org/map_server`

3.4. *Real Time*

Os sistemas de controle possuem informações críticas e não devem apresentar atrasos na resposta com a potencial consequência da instabilidade.

Para solucionar este problema o processamento foi dividido entre os núcleos do processador utilizando uma alocação por afinidade com o comando *taskset* 0xN, sendo N o número hexadecimal que equivale ao valor binário que aplica o valor 1 nos bits que equivalem aos núcleos selecionados para a afinidade do processo, por exemplo, o bit0 indica o primeiro núcleo e assim por diante. Um núcleo é totalmente dedicado aos processos de controle, enquanto os outros são divididos entre os processos de alto nível.

Os controladores são executados na *callback* da odometria, que é executada em uma *thread* do objeto *ros::Timer*, mantendo sua execução em 50 hz com variações de menos de 1 ms. Executados dentro da *callback*, os controladores são chamados assim que uma nova informação de odometria chega, mantendo o tempo de resposta fixo em menos de 2 ms mesmo com o uso de 100% dos três núcleos restantes no processador por parte de outros processos.

Os sistemas críticos também contam com a ferramenta *realtime publisher* [4], a qual cria uma *thread* para a publicação da informação sensível, permitindo publicação quase imediata. Tal ferramenta é utilizada para a publicação de posições de juntas de robôs articulados a fim de deixar a informação o mais atualizada possível evitando movimentos desnecessários e afinando o controle.

Com estes recursos foi implementado um sistema de *soft realtime* na aplicação dentro dos limites de um *kernel linux non-realtime*. Sistemas *realtime* mantém o tempo de resposta dentro de um limite no qual a informação é atual e gera uma resposta do sistema válida. Dados com atraso fora desse tempo são considerados obsoletos e descartados. O sistema *soft realtime* possui um tempo de resposta baixo e limitado além de uma pequena flexibilidade à atrasos na resposta, ainda utilizando a informação defasada.

3.5. Localização

A localização se baseou nas informações dos *encoders* utilizando a inversa da matriz da cinemática omnidirecional, equações 1 e 2. Com ela se obtém as velocidades no sistema global e pelo tempo de ciclo de atualização de dados é possível estimar o deslocamento durante tal período. Porém, o escorregamento e folga nas rodas geram acúmulo de erro.

Para aprimorar a precisão lidando com os problemas citados, foi utilizado um filtro de Kalman estendido para a fusão sensorial de odometria pura, dados de acelerômetro e giroscópio e obtenção de uma nova posição estimada com menor erro.

3.6. Busca em grafos

Um algoritmo de busca foi utilizado para o cálculo de rota do robô com um mapa previamente colocado na memória. Foi utilizado o algoritmo A* devido à relação do custo computacional com a qualidade dos resultados. Mesmo com a boa relação que apresenta, o algoritmo ainda toma certo tempo para execução e pode bloquear as outras rotinas do planejador nesse período.

[4] realtime_tools: `http://wiki.ros.org/realtime_tools`

Na aplicação testada o mapa é estático e determinístico, portanto o planejador só faz o cálculo de trajetória com a chegada de um novo destino. Ao receber uma posição final, é criada uma nova *thread* com as informações de mapa, posição e destino e então o algoritmo é executado sem bloquear o processo principal. Após a resposta negativa ou positiva da existência de rota por parte do algoritmo a *thread* é finalizada.

O algoritmo A* precisa de uma heurística (estimativa de distância até o destino) para a execução, porém o custo computacional torna necessária a ponderação na escolha. Outro fator no cálculo é a aproximação numérica, tomando que os dados são fracionários e requerem mais tempo do que dados inteiros para serem processados. O custo computacional se eleva para o cálculo da raiz quadrada da heurística *Euclidiana*, portanto foram realizadas aproximações de inteiros para otimização.

4. Resultados

A estrutura ficou simples e bem organizada para conter todos elementos do robô, construída com polipropileno e barras roscadas de aço, mostrando-se resistente bem como de fácil modificação para fixação de novo hardware. O valor estimado do *hardware* ficou abaixo dos mil reais, tornando o projeto bem acessível.

Para velocidades menores, o robô mostra vibrações pela constante ativação e desativação dos motores (a folga das reduções dos motores foi determinante para o fato), porém, em velocidades maiores o sistema funcionou de maneira suave. Rampas de aceleração e desaceleração reduzem o escorregamento do robô melhorando a odometria.

A resposta ao degrau para o controle de velocidade linear do robô com detalhe da rampa de aceleração encontra-se na figura 5.

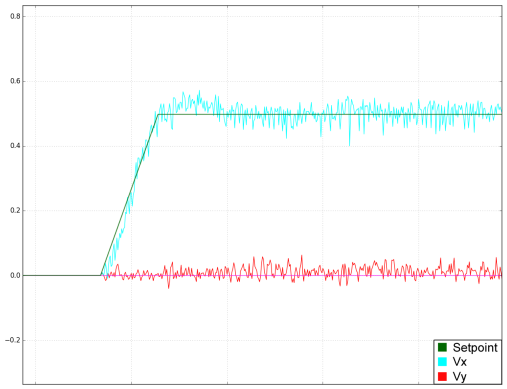


Figura 5. Resposta das velocidades V_x V_y para uma entrada degrau de 0.5m/s em V_x.

No cálculo da odometria foram enfrentados problemas por imprecisão no deslocamento devido ao escorregamento das rodas, citado anteriormente, e do erro acumulativo contido na leitura do giroscópio. A tabela 2 mostra a comparação dos dados de odometria pura com a fusão sensorial do filtro de Kalman estendido (*EKF*) utilizado para melhorar a resposta.

Pelos dados observados pode-se perceber desvios menores para o *EKF*, porém, não aconteceu em todos os casos. Este fato prova que o ruído presente no sensor acelerômetro interferiu significativamente na filtragem de dados, bem como a massa reduzida

Tabela 2. Comparação da estimativa de odometria.

Ponto real [m]	EKF [m]	Odometria [m]
(0,2; 2,2)	(0,19; 2,06)	(0,16; 2,05)
(2,2; 2,2)	(2,16; 2,08)	(2,11; 2,04)
(2,2; 0,2)	(2,18; 0,16)	(2,08; 0,09)
(0,2; 0,2)	(0,23; 0,13)	(0,34; 0,10)
Erro médio (%)	(1,82%; -16,7%)	(10,11%; -29,77%)

do robô que resulta em pequenas trepidações durante seu deslocamento e consequentemente mais ruído sensorial.

Um vídeo com a navegação do robô pelo percurso do laboratório de robótica da UNIFEI monitorada pelo pacote *rviz* e utilizando um algoritmo *A**, implementado em *C++* com heurística Euclidiana e de Manhattan, encontra-se no *Youtube* [5]. A figura 6 apresenta a rota calculada e percorrida no video para cada heurística implementada.

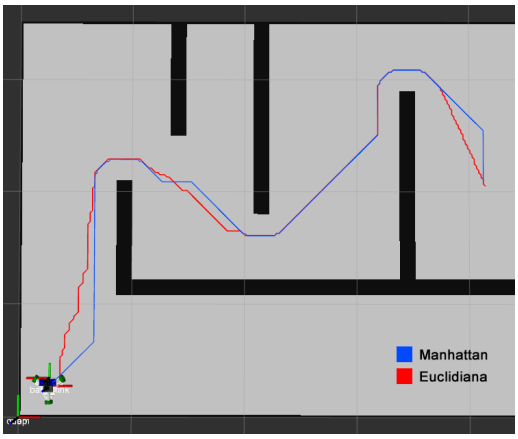


Figura 6. Rota calculada pelo robô indicada no mapa do laboratório no pacote *rviz*.

O robô, com valor estimado em U$177 (tabela 3), é uma alternativa de menor custo aos *LEGO Mindstorms* com mais possibilidade de personalização e aprofundamento na teoria por trás da robótica pelo acesso do *software* direto ao baixo nível além de manter a compatibilidade com o alto nível e todo o universo de aplicações do *framework ROS*.

O mini computador utilizado possui dezenas de conexões disponíveis para a adição de sensores e outros periféricos no robô tais como: sensores de distância ultrassônicos, GPS, sensor *laser*, sensores infravermelhos, entradas *USB* para câmeras e dispositivos de percepção de profundidade como o *Microsoft Kinect*. Um *smartphone* com *software* baseado em *ROS* permite ainda o uso dos sensores internos de orientação, localização, câmeras, e o seu próprio poder de processamento.

No *LEGO Mindstorms* os sensores são mais limitados aos produtos da companhia gerando dificuldade de adaptação de outros sensores e encarecendo expansões. Por outro lado, a flexibilidade das peças facilita adaptações mecânicas e permite inúmeras possibilidades sem custo adicional.

[5]Navegação Autônoma: `https://youtu.be/pUIVsiPxqQI`

Tabela 3. Tabela com preço de custo estimado do robô.

Item	Quantidade	Preço (U$)	Total (U$)
Driver + Motor + Roda	3	33,00	99,00
Odroid C2	1	45,00	45,00
Bateria Lipo	1	15,00	15,00
Arduino Pro Mini	1	3,00	3,00
Materiais estruturais	-	15,00	15,00

É valida também uma comparação com o robô *Festo Robotino*, que possui sistema de locomoção semelhante e possibilidade de acesso de baixo nível, porém, em suas versões mais simples não tem poder de processamento suficiente para tarefas embarcadas complexas embora atinja o preço de trita mil reais em conversão direta sem impostos.

5. Conclusão

As aplicações observadas para o produto final são direcionadas para a introdução da robótica, ensino aprofundado e pesquisas na área. Com o material utilizado e código fonte abertos ao público, a construção de um robô baseado no projeto é simplificada. O *software* desenvolvido em *ROS* e feito compatível com os pacotes mais comuns de navegação, localização e sensoriamento tornando-o otimizável e com alto nível de personalização e manipulação para a aplicação desejada.

Teorias de controle, lógica de programação, máquinas de estados, visão computacional, e navegação dentre outros assuntos podem ser profundamente pesquisados com o uso do robô. Para a aplicação em escolas de ensino médio e fundamental uma camada de simplificação de código com bibliotecas será desenvolvida, podendo ser feito o uso também de interfaces gráficas para controle e navegação do robô de modo simplificado.

A versatilidade e possibilidade de personalização permite uma comparação com os robôs citados na seção 4, ressaltando suas vantagens de custo. Existem melhorias necessárias, além da criação de interfaces com softwares como *LabView* e sistemas *Android* que permitirão ao projeto alcançar um maior público alvo e aplicações.

Referências

Baede, T. (2006). Motion control of an omnidirectional mobile robot. *Traineeship report DCT*, 2006.

Li, X. and Zell, A. (2009). Motion control of an omnidirectional mobile robot. In *Informatics in Control, Automation and Robotics*, pages 181–193. Springer.

Romero, R. A. F., Prestes, E., Osório, F., and Wolf, D. (2014). Robótica móvel. *SÃO PAULO: LTC*.

ROS (2007). Wiki ros.

Siegwart, R., Nourbakhsh, I. R., and Scaramuzza, D. (2011). *Introduction to autonomous mobile robots*. MIT press.

Wolf, D. F., do Valle Simões, E., Osório, F. S., and Junior, O. T. (2009). Robótica móvel inteligente: Da simulação às aplicações no mundo real. In *Mini-Curso: Jornada de Atualização em Informática (JAI), Congresso da SBC*, page 13.

Implementação de um Controlador P e PID em um seguidor de parede para o LEGO Mindstorms Education EV3 com utilização do LabVIEW

Matheus G. Medeiros[1], Bruno P. S. de Freitas[1], Marco A. de S. L. Cuadros[1], Rogerio P. do A. Pereira[1], Eduardo Monteiro Rocha[1]

[1] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES)
Rodovia ES 010, Km 6.5, Manguinhos – 29173-084 – Serra – ES – Brazil

{matheusguerinimedeiros,emrochabr}@gmail.com, bruno.smit@hotmail.com,
{marcoantonio,rogeriop}@ifes.edu.br

Abstract. *In the area of Electrical Engineering controllers are very used in the production processes, however, engineering courses do not have the necessary equipment to carry out practical activities. This work shows the implementation of a wall follower for a mobile robot using the P and PID controllers with the objective of stimulating students in the study of controllers and their applications. For the application, a Lego® Mindstorms® EV3 mobile robot will be used. The programming environment used was LabVIEW, it is based on data flow, where the flow determines the execution of the algorithm. The tests were performed throughout the work, and the results were presented.*

Resumo. *Na área de Engenharia Elétrica os controladores são muito utilizados nos processos de produção, entretanto, os cursos de engenharia não possuem equipamentos necessários para realização de atividades práticas. Neste trabalho se mostra a implementação de um seguidor de parede para um robô móvel usando os controladores P e PID com o objetivo de estimular os alunos no estudo de controladores e suas aplicações. Para a aplicação será utilizado um robô móvel Lego® Mindstorms® EV3. O ambiente de programação usado foi o LabVIEW, ele é baseado em fluxo de dados, onde o fluxo determina a execução do algoritmo. Os testes foram realizados ao longo do trabalho, e os resultados foram apresentados.*

Palavras-chave. *Robótica Educacional, Lego® Mindstorms® EV3, Seguidor de parede, Controlador P, Controlador PID*

1. Introdução

Estudos indicam que a robótica fornece uma fonte de energia que pode ser usada para motivar a aprendizagem dos estudantes. Pesquisas realizadas mostram um ganho de aprendizagem com o uso de robótica (OLIVER et al., 2010).

A Robótica como disciplina técnica tem aparecido de forma muito frequente nos currículos escolares. Seus defensores afirmam que a utilização desta disciplina na escola desenvolve nos alunos habilidades e características eficientes para a solução de problemas em equipe e o interesse pela Ciência. Em nível de graduação, segundo

(LESKA, 2004) há indícios de que a robótica tem sido uma ferramenta educacional eficiente para o ensino. A seguir apresentamos alguns trabalhos com aplicação de controladores na robótica móvel.

O controlador Proporcional-Integral-Derivativo (PID) é certamente o algoritmo mais tradicional e mais utilizado em malhas de controle de processos industriais. Um levantamento feito com mais de 11.000 controladores utilizados em refinarias, indústrias químicas e indústrias de papel e celulose mostraram que 97% dos controladores regulatórios tinham a estrutura PID. (ÅSTRÖM & HÄGGLUND, 2004).

Isto não se limita ao fato do mesmo apresentar uma estrutura simples e de fácil entendimento, mas também pelo fato de sua aplicabilidade geral à maioria dos sistemas de controle, pois o controle PID se torna mais adequado quando métodos de projetos analíticos não podem ser utilizados em plantas industriais. O PID se mostra o mais prático e eficiente dos controladores no que se refere aos problemas de controle industrial.

Neste presente trabalho foi utilizado o kit educacional da LEGO®, o LEGO® Mindstorms EV3, afim de unir a praticidade do controlador, com a didática educacional que possui o kit utilizado. Assim, os testes a serem realizados, são de inteira compreensão e aplicação pelos estudantes. Foram montadas 2 equipes para realização das implementações dos controladores, para os alunos terem a inserção na robótica afim de observarem como é possível unir a teoria à prática, além de motivá-los aos estudos aplicados.

2. O Lego Mindstorms EV3

O Grupo Lego é uma empresa dinamarquesa que existe desde 1949. Seu foco era o desenvolvimento de brinquedos de montar, até que em 1980 criou uma divisão educacional, a qual chamou de LEGO® *Educational Division* (LEGO, 2017). O conceito da LEGO® *Educational Division* é baseado na filosofia de que a criança pode construir seu próprio conhecimento utilizando-se de recursos tecnológicos e guiando-se pelo método do construcionismo, ou seja, o "aprender fazendo".

Essa divisão tem a preocupação de tornar a tecnologia simples e significativa para seus usuários, preparando o aluno para que ele seja capaz de investigar, criar e solucionar problemas. Para isso, desenvolveu os chamados *kits*, voltados para o público escolar.

O LEGO® MINDSTORMS® EV3 é um conjunto de robótica, voltado para a educação, que permite ao usuário criar suas invenções usando as peças LEGO® que incluem os blocos de montar, engrenagens, motores, sensores, polias e o bloco programável e inteligente.

Possui uma interface iluminada com um botão que muda de cor para indicar o estado ativo do robô, alto-falante embutido, porta USB, um leitor de cartão mini SD, quatro portas de entrada e quatro portas de saída. O EV3 também suporta USB, comunicação *Bluetooth* e *Wi-Fi* com um computador e tem uma interface de programação que permite a programação e registro de dados diretamente sobre ele. Ele é compatível com dispositivos móveis e é alimentado por pilhas ou por uma bateria recarregável (LEGO, 2017). As características do robô são:

- Processador ARM 9 com sistema operacional baseado em Linux;
- Quatro portas de entrada para a aquisição de até 1000 amostras por segundo;
- Quatro portas de saída para a execução de comandos;
- Armazenamento *on-board*, incluindo 16 MB de memória *flash* e 64 MB de RAM;
- Leitor de cartão Mini SDHC de 32 GB de memória expandida;
- *Display* de resolução 178x128 *pixels* que permite a visualização detalhada do gráfico e sensor de observação de dados;
- Alto-falante de alta qualidade;
- Comunicação Computador-Robô através de USB, *Wi-Fi* ou *Bluetooth*;
- Alimentado por 6 pilhas AA ou uma bateria de 2050 mAh recarregável DC;

3. Montagem do Robô

O kit da LEGO® MINDSTORMS® EV3 possui uma alta quantidade e tipos de peças, como pode ser visto na figura 1, deste modo, com ele é possível facilmente fazer vários tipos de montagens para serem usadas como base para nosso robô.



Figura 1. As peças do kit EV3

O modelo escolhido para esse presente trabalho pode ser visto abaixo na figura 2. Ele possui 2 rodas motoras paralelas de tração independente, 1 roda livre (roda boba), 2 motores, 1 sensor ultrassônico, eixos para ajuste das rodas, engrenagens, polias, cabos de ligação e o bloco programável, que é a parte inteligente.

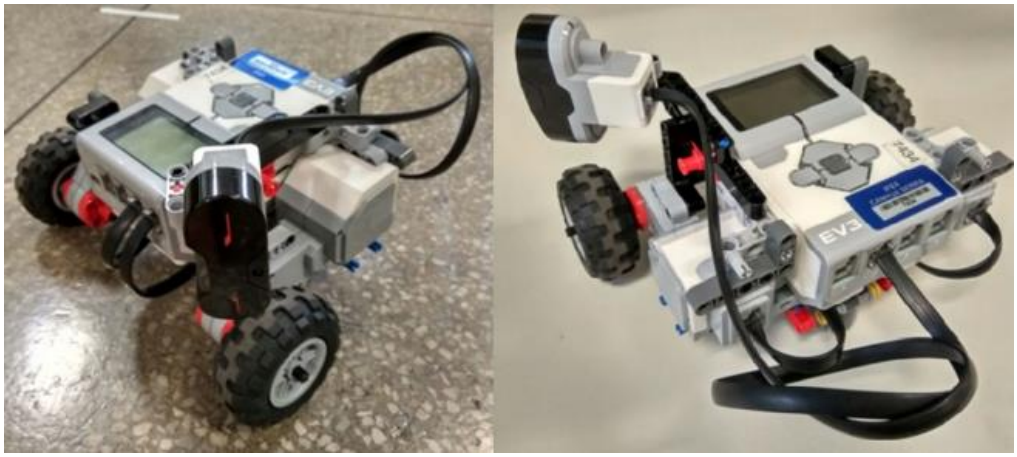


Figura 2. Montagem do EV3

4. Controladores

Os controladores são equipamentos utilizados em processos industriais e têm a função de manter os processos em seus pontos operacionais mais eficientes e econômicos, ou seja, em seus valores ótimos, além de prevenir condições instáveis no processo que podem pôr em risco pessoas e/ou equipamentos.

O controle PID combina as vantagens do controlador tipo P, PI, PD. A ação integral está diretamente ligada a precisão do sistema, sendo que ela é responsável pelo erro nulo em regime permanente. O efeito desestabilizador do controle PI é contrabalanceado pela ação derivativa que tende a aumentar a estabilidade relativa do sistema ao mesmo tempo em que torna a resposta do sistema mais rápida devido ao seu efeito antecipatório, de acordo com (MATAS, 2002).

Em outras palavras, o controlador PID calcula inicialmente o "erro" entre a variável manipulada (VP) e o seu valor desejado (*setpoint*), e em função deste "erro" o controlador gera um sinal de controle, de forma a eliminar este desvio (CAMPOS, 2006). O algoritmo PID usa o erro em três formas para produzir a sua saída ou variável manipulada: o termo Proporcional (P), o Integral (I) e o Derivativo (D).

Os principais controladores encontrados nas industrias são os seguintes:

- Controlador Proporcional (P);
- Controlador Proporcional-Derivativo (PD);
- Controlador Proporcional-Integral (PI);
- Controlador Proporcional-Integral-Derivativo (PID);

4.1. Ação Proporcional (P)

O controlador proporcional (P) gera a sua saída proporcionalmente ao erro e(t). O fator multiplicativo (Kp) é conhecido como ganho do controlador

$$u(t) = K_p \, . \, e(t) \tag{1}$$

A ação proporcional de controle, figura 3, pode ser considerada uma evolução do modo de controle liga-desliga. Esse tipo de ação atua conforme o valor do erro. A palavra proporcional tem o mesmo significado que relação ou razão.

Na ação liga-desliga, quando a variável controlada se desvia do *setpoint*, o controle oscila com um sinal brusco de liga (*on*) para desliga (*off*). O controle proporcional, foi desenvolvido para evitar essa oscilação e para produzir uma ação corretiva proporcional ao valor do desvio.

Existe um sinal inicial do controlador mesmo com desvio zero cuja finalidade é a de manter a variável controlada no valor desejado (*setpoint*). Quando ocorre um desvio repentino no valor da variável controlada (sinal degrau) o sinal de controle varia proporcionalmente ao desvio, ou seja, de acordo com o ganho.

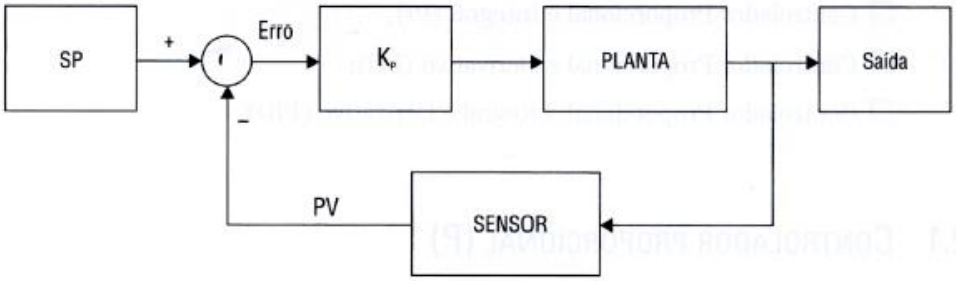


Figura 3. Controlador Proporcional

Embora a ação proporcional elimine as oscilações no processo do controle liga-desliga em malha fechada, não é possível eliminar o erro de *off-set* (erro de regime permanente), visto que após um distúrbio qualquer no processo persiste uma diferença entre o *setpoint* e o valor medido.

A principal vantagem deste controlador é a eliminação das oscilações provocadas pelo controle liga-desliga devido à correção proporcional ao desvio. Uma desvantagem é o aparecimento do erro de *off-set*, como pode ser visto na figura 4, sempre que ocorrer variação de carga. Esta ação é especialmente útil quando grandes variações de carga no processo são improváveis e podem-se tolerar pequenos erros de *off-set.*

O controle proporcional responde imediatamente quando detecta um sinal de erro e daí inicia sua ação corretiva. É um dos tipos de controle mais fáceis de serem utilizado, pois requer somente o ajuste do ganho.

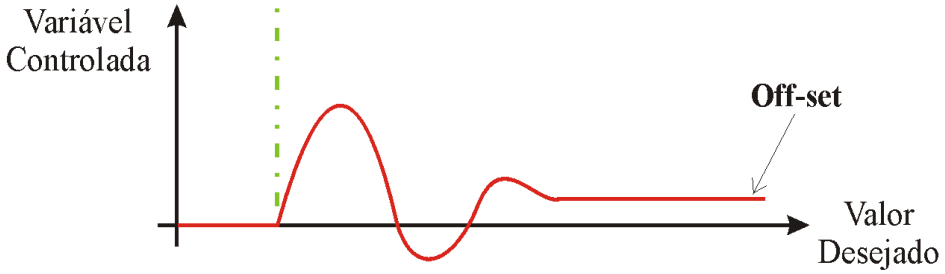


Figura 4. Erro de *off-set*

4.2. Ação Integral (I)

A ação integral atua no processo ao longo do tempo enquanto a diferença entre o valor desejado (*setpoint*) e o valor mensurado persistir. Diferentemente da ação proporcional que corrige os erros instantaneamente, o sinal de correção age de forma lenta até eliminar por completo o *off-set*. Quanto mais tempo o desvio perdurar, maior será a saída do controlador.

A ação integral não é, isoladamente, uma técnica de controle, pois não pode ser empregada estando separada de uma ação proporcional.

A ação integral tem como único objetivo eliminar o erro de *off-set* em regime permanente, e a adoção de um tempo integral excessivamente longo pode levar o processo à instabilidade. Por sua vez, a adoção de um tempo integral curto retarda em demasia a estabilização. Quanto maior o desvio, maior será velocidade de correção. No entanto, como também depende do tempo, a resposta é lenta e, por isso, desvios grandes em curtos espaços de tempo não são devidamente corrigidos. Dá-se, portanto a necessidade de associar esta ação a ação proporcional.

Abaixo segue a equação do controlador PI:

$$u(t) = K_p \, . e(t) + K_p . \frac{1}{T_i} . \int e(t)\, dt + u_o \qquad (2)$$

4.3. Ação Derivativa (D)

Uma das principais funções da ação derivativa é melhorar o desempenho do processo durante o regime transitório, isto é, sempre que ocorrerem oscilações no valor da variável controlada antes da estabilização. Essas oscilações podem aparecer durante a partida do processo e também por outro tipo de perturbação.

A ação derivativa é apropriada para processos que possuem grandes constantes de tempo, processos lentos. Porém, a ação derivativa é sensível ao ruído do sinal de medição, sensível às mudanças rápidas na entrada e no *setpoint*. Deve-se escolher o controlador com ação derivativa baseado na variação da variável do processo e não no erro. Além disso, a sintonia deste controlador é mais complicada.

Abaixo segue a equação do controlador PD:

$$u(t) = K_p \, . e(t) + K_p . T_D . \frac{de}{dt} . (t) + u_o \qquad (3)$$

4.4. Ação Proporcional, Integral e Derivativa (PID)

As reuniões destas três ações de controle básicas constituem um dos controladores mais utilizados na indústria que é o controlador proporcional-integral-derivativo ou simplesmente Controlador PID. No que se refere à sintonia do controlador PID, vale destacar que a mesma consiste no ajuste dos ganhos (KP, Ti, TD) de forma ao atendimento a um conjunto de especificações exigidas para um determinado problema.

É a partir daí que se tem a necessidade de buscar técnicas de sintonia, segundo (GUIMARÃES ,2013), que promovam melhor resposta para o sistema diante da situação-problema, dentre os quais, conforme mencionado podem ir desde métodos tradicionais às técnicas pertencentes à Inteligência Computacional.

Abaixo segue a equação do controlador PID:

$$u(t) = K_p \,.e(t) + K_p.\frac{1}{T_i}.\int e(t)\,dt + K_p.T_D.\frac{de}{dt}.(t) + u_o \qquad (4)$$

5. O Ambiente de Programação

O LabVIEW® (*Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*) é uma ferramenta de software da National Instruments, líder na indústria para o projeto de sistemas de teste, medida e controle. Usando o ambiente integrado do LabVIEW® é possível integrar o mundo virtual com o mundo real, receber dados, e analisa-los, afim de obter informações importantes para estudos.

A instrumentação virtual poder ser usada em diferentes tipos de aplicações, desde o projeto até a prototipagem e implementação. E seus principais campos de aplicação são a realização de medições e automação.

O LabVIEW® possui uma linguagem de programação gráfica – chamada de linguagem "G". Ele utiliza programação baseada em fluxo de dados, onde o fluxo dos dados determina a execução.

Os programas criados por essa ferramenta são chamados de instrumentos virtuais ou, simplesmente de VI, e cada VI é composto por partes principais:

- Painel frontal – Onde o usuário interage com o VI;
- Diagrama de blocos – O código que controla o programa;
- Painel de conector e ícone – Define o modo de conectar o VI a outros VIs.

5.1. O Algoritmo

Os algoritmos utilizados no software LabVIEW®, para seguidor de parede nos dois controladores serão apresentados abaixo, conforme a figura 5 e figura 6. Os mesmos podem ser usados no robô Lego NXT.

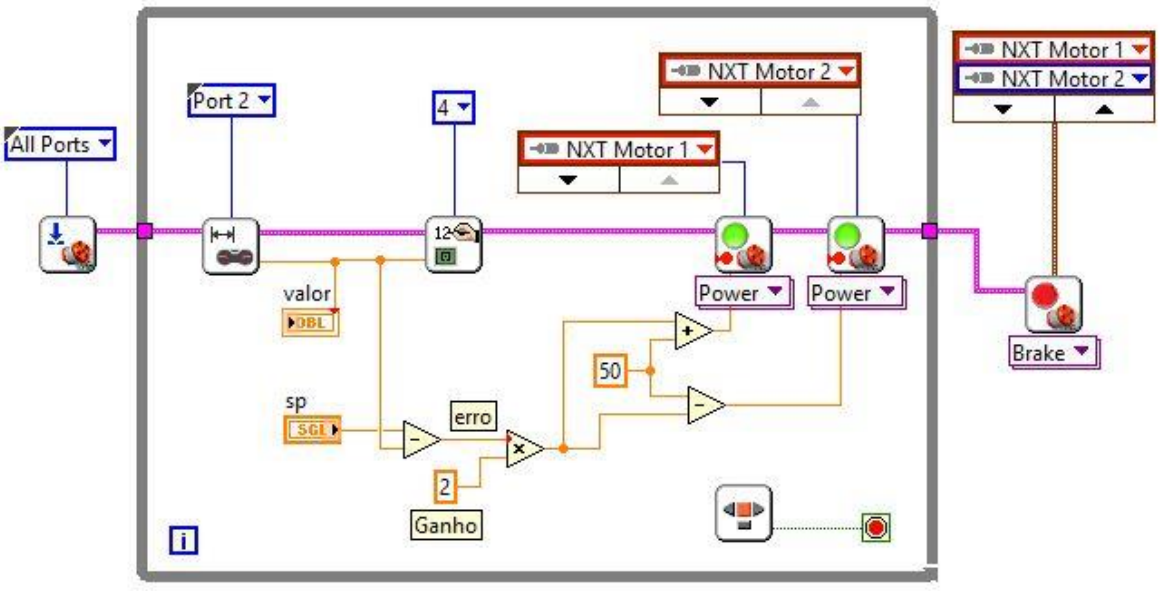


Figura 5. Programa do Controlador P

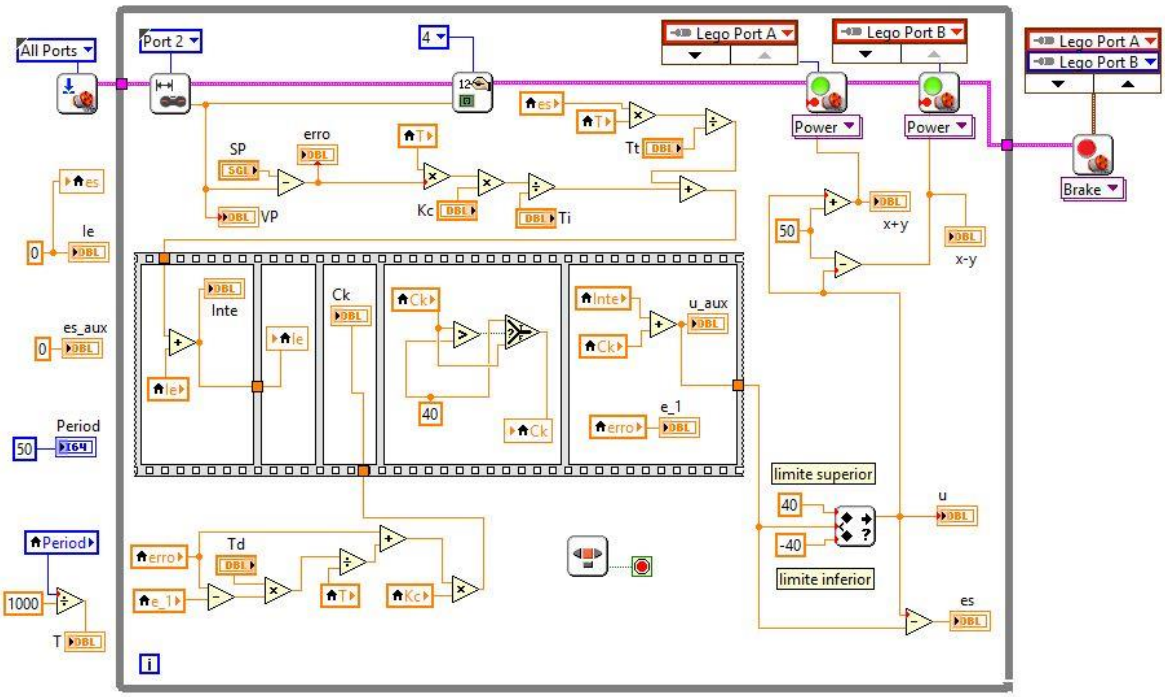


Figura 6. Programa do Controlador PID

Os algoritmos mostrados nas figuras acima, foram feitos a partir das equações 1 e 4, que são respectivamente as equações do controlador P e controlador PID.

6. Metodologia

Para realização dos testes foram escolhidos 6 alunos do IFES Campus Serra com conhecimento em Controle de Processos e Programação. Foram criados 2 grupos de 3 alunos para melhor fixação das atividades de todos integrantes, e cada grupo fez um tipo de controlador.

Para cada tipo de controlador, foram usadas aproximadamente 2 horas para serem implementados. Na realização das atividades, cada grupo precisou de: um computador, o LabVIEW® e o kit da Lego EV3. O critério de avaliação dos resultados dos grupos foi ter o programa funcionando, fazer funcionar no robô e por último, escrever um pequeno relatório com fotos de todos os passos que foram realizados para fixação dos dois exemplos. Maiores informações serão apresentadas nos resultados.

7. Resultados

Aqui são apresentados os resultados dos testes realizados de cada grupo. Para melhor visualização e validação dos testes, foi fixado um pincel no robô para fazer as marcações no chão. Segue as imagens:



Figura 7. Resultados Práticos

É possível observar que o controlador foi bem implementado, pois o robô conseguiu seguir parede e o caminho foi muito estável, como é visto na marcação feita pelo pincel. Os grupos tiveram poucas dificuldades na realização das tarefas, pois os alunos já tinham noções de Controle de Processos e Programação. A parte que eles precisaram de auxílio foi na parte estrutural do programa, tais como a localização dos blocos do robô no programa, por exemplo.

Tendo em vista a experiência positiva que os alunos vivenciaram durante todo esse processo de ensino-aprendizagem, foi possível observar que essa experiência, de inserção na robótica móvel, é necessária nos cursos de Engenharia, pois os alunos absorvem melhor a teoria junto a prática, além de motivá-los nos estudos.

8. Considerações Finais

Os brinquedos inteligentes da Lego® se adaptam bem à geração atual, já que crescem em um ambiente altamente tecnológico e de acesso fácil aos meios digitais. Os robôs da LEGO são muito didáticos e funcionais no ensino tecnológico da robótica.

Nesse trabalho foi visto o uso da robótica como instrumento para apoiar a parte teórica e prática dos controladores. Uma disciplina de Controle desenvolvida junto com a parte prática, potencializa a construção de habilidades importantes e essenciais para os estudantes de Engenharia.

O objetivo do trabalho foi alcançado, uma vez que os resultados práticos foram bem satisfatórios e os alunos conseguiram fazer a união dos conhecimentos de Controle de Processos, programação com a robótica móvel.

Também foi possível concluir que os 2 tipos de controladores foram bem satisfatórios, como foram vistos nas marcações feitas no chão. Da mesma forma, é fácil notar que o Controlador P já seria útil para essa aplicação do trabalho, visto que este teve uma melhor estabilidade. Porém, dos resultados obtidos, o controlador PI foi o que mais se aproximou do *setpoint*, mesmo com um sobressinal. A resposta, para ambos os controladores, irá depender da sintonia aplicada ao controlador, onde no trabalho realizado usamos o método empírico.

Referências

Åström, K. J., Hägglund, T. (2004) Revisiting the Ziegler-Nichols step response method for PID control. Journal of Process Control - Elsevier. Volume 14, Issue 6: 635-650.

Campos, Mario Cesar M Massa De. Controles Típicos de Equipamentos e Processos Industriais. 1. ed. Edgard Blucher, 2006. 396 p, il.

Campos, M. C. M. M., Teixeira, H. C. G. (2006) Controles típicos de equipamentos e processos industriais. 1ª ed. São Paulo: Edgard Blücher. 415p.

Guimarães, A. O. (2013) Algoritmo genético aplicado no controle de posição do rotor de um motor de corrente contínua com rejeição a distúrbios por ação feedforward. Tese (Mestrado em Sistemas de Comunicação e Automação) – Mossoró – RN, UFRN. 72p

LabVIEW. Disponível em: <http://www.ni.com/pt-br/shop/labview.html> Acesso em: 24 setembro 2017.

LEGO. New smarter, stronger LEGO MINDSTORMS EV3. Disponível em: <http://www.lego.com/en-us/aboutus/news-room/2013/january/new-smarter-stronger-lego-mindstorms-ev3> Acesso em: 20 maio 2017.

LESKA, C. (2004) "Introducing Undergraduates to Programming using Robots in General Education Curriculum". In: ITICSE ACM 1-58113-836-9/04/0006. Leeds, United Kingdom.

MATAS, Alexandre Luiz. Sintonia de controladores PID com controle adaptativo por modelo de referencia (MRAC) aplicado a um motor de corrente contínua. Tese — Engenharia de São Carlos, 2012

Oliver, J.; Toledo, R.; Valdemarra, E. A learning approach based on robotics in computer science and computer engineering. In: Education Engineering (EDUCON), 2010 IEEE . [S.l.: s.n.], 2010. p. 1343–1347.

Desenvolvimento de um robô aéreo usando o Raspberry Pi, um microcontrolador PIC e o Pixhawk

Eduardo Monteiro Rocha[1], **Marco Antonio de Souza Leite Cuadros**[1]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo - Serra / ES (IFES Serra)
ES-010 – Km-6,5 – Manguinhos – Serra – ES – 29.173-087

emrochabr@gmail.com, marcoantonio@ifes.edu.br

Abstract. *The engineering study usually includes disciplines such as digital electronics, microcontrollers, embedded systems, algorithms and computer programming. However, there are few applications that combine all these disciplines applied to Unmanned Aerial Vehicles (or simply "drones"). Drones are increasingly popular and attract the interest of students of all levels. Therefore, this paper proposes to develop an aerial robot using well-established technologies such as Pixhawk, in addition to devices such as Raspberry Pi and microcontrollers of the PIC family in an application that aims to control a drone at a pre-defined height by the user. The results will be represented by the correct integration between the components, which will later be implemented in a PI controller for height control.*

Resumo. *O estudo da engenharia normalmente contempla disciplinas como eletrônica digital, microcontroladores, sistemas embarcados, algoritmos e programação de computadores. Entretanto, existem poucas aplicações que combinam todas essas disciplinas aplicadas à Veículos Aéreos não Tripulados (ou simplesmente "drones"). Os drones estão cada vez mais populares e atraem o interesse dos estudantes dos mais diversos níveis. Assim, esse artigo se propõe a desenvolver um robô aéreo usando tecnologias bastante consolidadas como o Pixhawk, além de dispositivos como o Raspberry Pi e microcontroladores da família PIC em uma aplicação que objetiva controlar um drone a uma altura pré-definida pelo usuário. Os resultados estarão representados pela correta integração entre os componentes o que posteriormente será implementado em um controlador PI para o controle de altura.*

1. Introdução

Com o desenvolvimento da tecnologia e a popularização dos drones, cada vez mais acessíveis ao público em geral, se torna bastante interessante a possibilidade de utilização desses dispositivos aumentando a atratividade das disciplinas das engenharias, em especial para as aulas de microcontroladores, eletrônica digital, sistemas embarcados, linguagens de programação, dentre outras. A possibilidade de combinar diversas disciplinas em torno de uma mesma aplicação prática, pode gerar um interesse muito maior no estudo da tecnologia [Neto et al. 2015].

A robótica sempre atraiu o interesse dos estudantes, e além de ser um tema multidisciplinar na engenharia, tem se tornado cada vez mais popular com o barateamento dos sensores e miniaturização dos componentes, tornando atualmente mais acessíveis os robôs

aéreos com elevado nível de controle, já fazendo parte de plataformas para a educação e pesquisa [Krajník et al. 2011]. Além disso, o avanço dos microcomputadores embarcados, como o Raspberry PI [Foundation 2017], já em sua terceira geração tem conquistado cada vez mais adeptos na Academia.

Nesse artigo, são combinados diversos componentes com atribuições bem determinadas: foi utilizado um controlador de voo modelo Pixhawk [DevTeam 2017b], da empresa 3DRobotics, para controle e estabilidade do veículo aéreo, também foi usado um microcontrolador PIC 16F877A com a função de processar sensores externos em conjunto com um sensor ultrassom modelo HC-SR04. Para a coordenação das tarefas e controle de alto nível foi utilizado o microcomputador Raspberry Pi 3 Versão B.

O robô aéreo tem autonomia para cumprir missões de até 10 minutos e não pode estar sujeito a instabilidades climáticas, como chuvas ou ventos com velocidades superiores a 10km/h. Para acompanhamento dos voos foi utilizado o software Mission Planning [DevTeam 2017a] instalado em um microcomputador funcionando como uma estação em terra. O software recebe mensagens via telemetria enviadas pelo controlador de voo utilizando protocolo Mav Link através de um par de rádios na frequência de 915Mhz.

Através da estação terrestre o operador pode acessar o Raspberry Pi e usando comandos Mav Link tem acesso às configurações e acionamentos dos atuadores do drone. Quando o drone estiver no modo manual, o usuário pode controlar a altura através de um rádio de 2.4Ghz (conforme Figura 1) mantendo o equilíbrio do drone, isto possibilita modelar o processo de modificação da altura do drone e posteriormente implementar um controlador de altura.

Os resultados obtidos são a correta comunicação entre todos os dispositivos visualizado através do funcionamento integrado no Raspberry Pi e posteriormente será desenvolvido o controlador PI que estará embarcado no Raspberry Pi, para controle de altura conforme a aplicação proposta.

O artigo está dividido da seguinte maneira: seção 2 - Descrição funcional do robô; seção 3 - Descrição dos módulos de hardware e software embarcados; seção 4 - Estrutura Física; seção 5 - Descrição da Comunicação e Troca de Dados; seção 6 - Aplicação em Estudo; seção 7 - Resultados Preliminares e seção 8 - Conclusões.

2. Descrição Funcional do Robô

O robô está segmentado em três módulos principais: Controlador de voo, Módulo Auxiliar e Controlador de Sensoriamento Externo.

Além dos módulos principais, também fazem parte do robô os controladores de velocidade dos motores (ESC - Eletronic Speed Controller), um para cada motor. Esses controladores têm a função de converter o sinal PWM enviado pelo Controlador de Voo em sinal de tensão variável para aplicação nos motores do tipo brushless trifásico.

O Controlador de Voo recebe os sinais de Set Point de posicionamento e velocidade via rádio do Operador, que pode acompanhar o desenvolvimento do voo através da estação em terra utilizando o software Mission Planning. Através do software Mission Planning, o Operador também pode definir uma missão autônoma aplicável diretamente ao Controlador de Voo. Dessa forma, ele pode ou não atuar via rádio em conjunto com a missão autônoma.

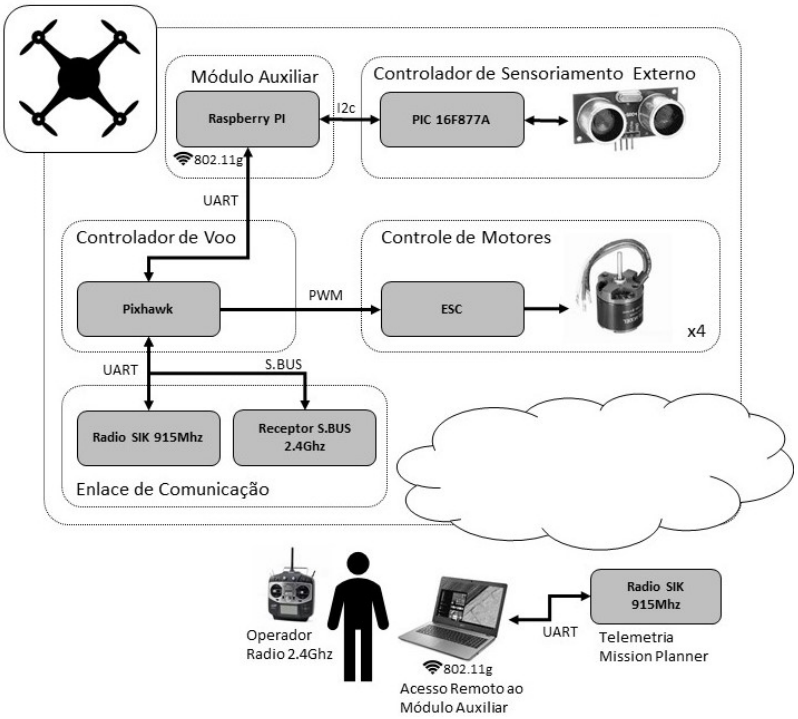


Figura 1. Desenho Esquemático.

O Módulo Auxiliar tem a responsabilidade de receber informações de sensoriamento externo, interpretar o sensor de ultrassom que está apontado para o solo, identificar se há risco de colisão e enviar comandos de aumento de rotação dos motores para que se evite a colisão. Pode futuramente atuar também como auxiliar em pousos.

O Controlador de Sensoriamento Externo tem a função de leitura do sensor de ultrassom para posterior envio ao Módulo Auxiliar. Há possibilidade de ser implementados diversos outros sensores.

3. Descrição dos Módulos de Hardware e Software Embarcados

Foi utilizada arquitetura distribuída de hardware e software. Cada controlador possui características independentes e foi desenvolvido em separado. Dessa forma, o robô pode ser facilmente adaptável para outros usos e estudos sem a necessidade de mudança completa de sua estrutura, tornando-o uma plataforma aberta a evoluções.

3.1. Controlador de Voo

O controle de voo é realizado pelo controlador Pixhawk, este controlador é responsável por receber todos os comandos do operador de voo e do Módulo Auxiliar e traduzir tais comandos em ações de controle de estabilização e atitude. O controlador Pixhawk possui os seguintes sensores para atuação em seu enlace de controle:

- MPU6000 - acelerômetro e giroscópio;
- ST Micro - giroscópio de 16bits;
- ST Micro - acelerômetro e magnetômetro de 14 bits;
- MEAS - barômetro.

3.2. Módulo Auxiliar

O Módulo Auxiliar é comandado pelo Raspberry Pi. Este módulo executa sistema operacional Linux, rodando aplicação escrita em Python que objetiva a aquisição dos dados dos sensores gerenciados pelo Controlador de Sensoriamento Externo e combinando com comandos MavLink enviados ao Controlador de Voo através da aplicação MavProxy também implementada no Módulo Auxiliar.

3.3. Controlador de Sensoriamento Externo

Esse módulo utiliza como hardware um Microcontrolador Microchip PIC 16F877A de 8 bits e sensor ultrassom modelo HC-SR04. O software foi desenvolvido em linguagem C para leitura de distância através do ultrassom e armazenamento em buffer no microcontrolador. Esse controlador foi desenvolvido para se comunicar com o Módulo Auxiliar através de interface serial I2c. Dessa forma esse módulo pode facilmente ser incrementado com diversos outros sensores, podendo chegar a até 1024 sensores instalados utilizando endereçamentos de 10bits.

4. Estrutura Física

A Estrutura física proposta para desenvolvimento do robô pode ser vista na Figura 2. Ele está montado em uma plataforma com quatro motores dispostos em X. Foi adaptada uma placa acrílica para distribuição dos componentes e possibilitar o desenvolvimento e testes em bancada. Após a realização de todos os testes, a distribuição dos componentes poderá ser reduzida para possibilitar as missões de voo com os controladores embarcados.

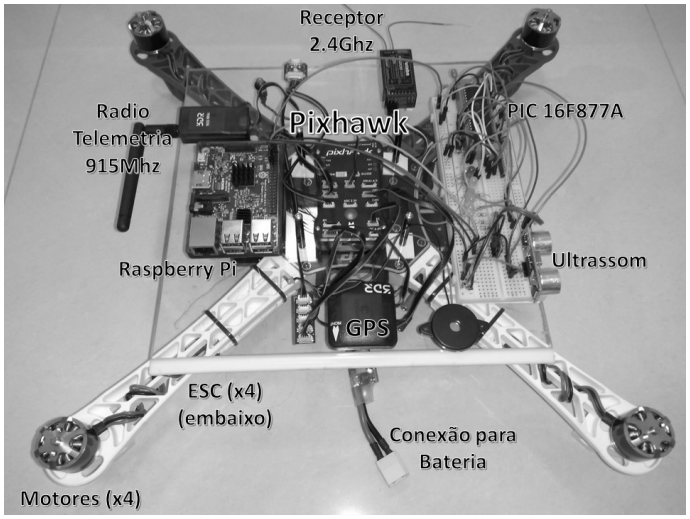


Figura 2. Estrutura Física do Drone.

A plataforma com quatro motores é também chamada de Quadrirotor. Os drones do tipo quadrirotores se enquadram na categoria de asas rotativas. Essa categoria tem a característica de não possuírem asas fixas como os aviões, e nesse caso, qualquer movimento é comandado pela variação da velocidade angular dos seus quatro motores. Seu controlador é do tipo sub-atuado, pois ele possui mais graus de liberdade que atuadores, e mesmo assim pode realizar manobras em qualquer direção espacial.

5. Descrição da Comunicação e Troca de Dados

Existem quatro diferentes enlaces de comunicação aplicados a essa plataforma, eles estão dispostos em duas camadas específicas, a primeira de comunicação interna, ou entre os componentes embarcados, e a segunda de comunicação externa, ou entre o robô e o operador/bases em solo.

5.1. Comunicação Interna

Essa camada é composta por enlaces de comunicação seriais. O Módulo Auxiliar se comunica através de enlaces I2c com o Controlador de Sensoriamento Externo e via comunicação serial UART com o Controlador de Voo. Além dos enlaces entre os controladores, há também os de comando dos motores, através de sinais PWM e de interface rádio/Controladores, também utilizando comunicação serial UART.

5.2. Comunicação Externa

A camada de enlaces externos é responsável pela comunicação Ar-Terra, ou seja, entre o drone e o operador em solo, ou Bases em solo. Existem dois enlaces distintos, o primeiro para a comunicação com rádio de Comandos Remotos, para atuação direta do operador ao robô, utilizando rádio tipo Futaba S.BUS na frequência 2.4Ghz. O segundo utilizado pelo sistema de telemetria através de rádios SIK operando na frequência 915Mhz.

6. Aplicação em Estudo

A aplicação em desenvolvimento para esse estudo contempla a construção do quadrirotor apresentado e implantação dos controladores conforme Fluxograma da Figura 3.

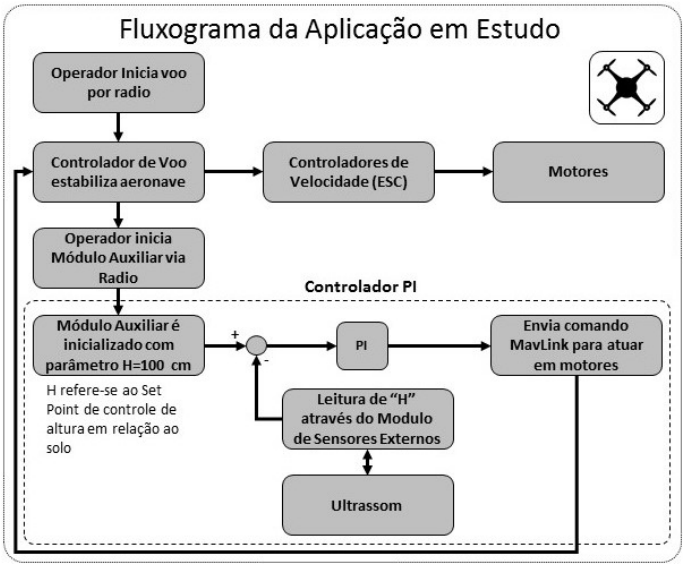


Figura 3. Fluxograma da Aplicação.

7. Resultados Preliminares

Os testes iniciais se mostraram bastante promissores. Para realiza-los foi utilizado um notebook com Windows 10 (executando também a estação em solo com Mission Planning)

conectado ao Raspberry Pi (Módulo Auxiliar) por meio de uma conexão Wifi 802.11g. Através do protocolo SSH foram enviados comandos diretamente ao Raspberry Pi.

Foi possível verificar com sucesso a comunicação I2c entre o Módulo Auxiliar e o Controlador de Sensoriamento Externo. Foram realizadas diversas leituras do sensor ultrassom através do Módulo Auxiliar rodando aplicação em Python e o Controlador de Sensoriamento Externo rodando aplicação em C, como pode ser visto na Figura 4, o Módulo Auxiliar recebendo os valores de leitura do sensor ultrassom.



Figura 4. Resultados da Comunicação entre Módulo Auxiliar e Sensoriamento Externo.

Também foi implementada a comunicação entre o Módulo Auxiliar e o Controlador de Voo. Foram executados comandos MavLink através do Raspberry Pi via conexão SSH com Windows 10. Foram enviados comandos para armar os motores do robô e o controlador de voo responde com os motores armados, como pode ser visto na Figura 5.



Figura 5. Resultados da Comunicação entre Módulo Auxiliar e Controlador de Voo.

A mesma resposta do Controlador de Voo pode ser vista pela Estação em Solo, conforme mostra a Figura 6.

Os próximos passos para conclusão dessa aplicação será o desenvolvimento em Python do Controlador PI que será também embarcado no Módulo Auxiliar comunicando-



Figura 6. Resultados da Comunicação visto através da Estação em Solo.

se simultaneamente com o Controlador de Voo e o Controlador de Sensoriamento Externo e atuando autonomamente no Controlador de Voo, concluindo a aplicação de controle de altura.

8. Contribuições para as Disciplinas da Engenharia

Esse trabalho contribui com o estudo de diversas disciplinas relacionadas a graduação das engenharias elétrica e de automação e controle, como pode ser visto na Tabela 1

Desde as disciplinas básicas até as optativas, o projeto de um Robô Aéreo pode ser conduzido de forma segmentada e colaborativa para que em cada fase do desenvolvimento do conhecimento esteja relacionada à disciplina em questão, concluindo-o ao final dos cursos da graduação a totalidade do robô.

9. Conclusões

Com os resultados apresentados, pode-se concluir o funcionamento da aplicação proposta, além das possibilidades de incremento da própria plataforma, com a utilização de um número maior de sensores, como múltiplos sonares para navegação autônoma indoor, sensores ópticos, sensores LIDAR, acelerômetros, giroscópios e outros que forem necessários à aplicação.

Foi possível criar múltiplos enlaces de comunicação entre um microcomputador em terra e um drone, embarcar um Raspberry Pi para envio de comandos a um drone e acionar sensores externos através de diferentes protocolos de comunicação entre microcontroladores. Foram desenvolvidas aplicações em diferentes linguagens de programação e as aplicações foram dispostas em sintonia para responder tando a comandos externos quanto internos.

A pluralidade desenvolvida nessa experiência pode ser de grande utilidade no ensino da tecnologia, pois diferentes grupos podem ser desenvolvidos para produzir estudos específicos que terão a possibilidade de se somarem a estudos mais complexos com aplicações extremamente interessantes para o ensino da tecnologia.

A multidisciplinaridade da proposta de aplicação, como foi mostrada, tem grande utilidade para uso em diversas disciplinas. Podendo ser útil para o desenvolvimento de linguagens de programação, sistemas embarcados, sistemas de controle, IoT (Internet das Coisas), microcontroladores, eletrônica digital ou outras, tendo ótimo potencial para o envolvimento de alunos de diferentes disciplinas trabalharem cooperativamente para a construção de aplicações de maior nível de complexidade, mas com objetivos em comum.

Conforme [da Silva 2008] a criação desse contexto prático e teórico e com participantes de variadas atribuições e estágios de conhecimento, favorece a produtividade científica e do aprendizado, possibilita inclusive a quebra de barreiras cientificas, tecnológicas e econômicas em geral presentes na produção do conhecimento.

Referências

da Silva, E. L. (2008). A construção do conhecimento científico: o processo, a atividade e a comunicação científica em um laboratório de pesquisa. *Perspectivas em ciência da informação*, 7(2).

DevTeam, A. (2017a). Mission planning. http://ardupilot.org/copter/docs/common-mission-planning.html.

DevTeam, A. (2017b). Pixhawk overview. http://ardupilot.org/copter/docs/common-pixhawk-overview.html.

Foundation, R. P. (2017). Raspberry pi documentation. https://www.raspberrypi.org/documentation/.

Krajník, T., Vonásek, V., Fišer, D., and Faigl, J. (2011). Ar-drone as a platform for robotic research and education. *Research and Education in Robotics-EUROBOT 2011*, pages 172–186.

Neto, R. P. B., Santana, A. M., Rocha, D. P., and Souza, A. (2015). Robôtica na educação: Uma revisão sistemática dos últimos 10 anos. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 26, page 386.

Tabela 1. Contribuições para as disciplinas da engenharia

Disciplinas	Contribuições
Algebra Linear / Mecânica Classica	Matrizes de estado e espaços vetoriais de robôs aéreos; Dinâmica das forças aplicadas aos robôs móveis.
Controle Automático	Implementação de controlador PID para controle de altura de um robô aéreo.
Controle Avançado	Modelagem do sistema físico dinâmico de um robô aéreo.
Controle de Processos	Sintonia de controladores PID e análise de estabilidade aplicados ao controle de posição de um robô aéreo.
Controle de Sistemas Dinâmicos	Modelagem no espaço de estados para controlador de estabilidade de um robô aéreo.
Controle Inteligente	Aplicações da lógica de Fuzzy para o controle de um robô aéreo.
Desenho Técnico / Expressão Gráfica	Projeto de Robô aéreo quadrirotor através de CAD. Distribuição de componentes. Desenhos de componentes. Composição completa.
Introdução a Robótica	Modelagem Cinemática de um robô aéreo; Geração de trajetórias no espaço tridimensional.
Linguagem de Programação	Desenvolvimento em linguagem C do sistema de navegação e interpretação de dados sensoriais externos.
Microcontroladores	Desenvolvimento de módulo de sensoriamento utilizando múltiplos sensores de distância e integração através de comunicação serial.
Modelagem de Sistemas Dinâmicos	Proposta de Modelagem no espaço de estados para controlador de estabilidade de um robô aéreo.
Robótica Móvel	Desenvolvimento de lógica de controle Fuzzy aplicado a um controle de trajetória para robô aéreo com altura Z constante.
Sistemas Digitais	Arquitetura e Proposta de Aplicação: Uso de microcontroladores na aquisição de dados para navegação autônoma através de uso de sensores de distância (Ranging Sensors).
Sistemas Embarcados	Desenvolvimento do hardware para sensoriamento externo, utilizando microcontroladores PIC e linguagem Assembly / C; Desenvolvimento de aplicação de controle de um robô aéreo utilizando Raspberry Pi através de linguagem Python para leitura e processamento de dados de sensoriamento externo e comunicação via rede wll.

BlockEduc - A Tool for Visual Programming of Robots on Dynamic Environment W-Educ

Francinaldo Almeida[1], Erika Yanaguibashi[1], Samara Revoredo[1], Sarah T. de L. Sá[2], Luiz Marcos G. Gonçalves[3]

[1]Escola de Ciências e Tecnologia
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) - Natal, RN – Brasil

[2]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN)
Natal, RN - Brasil

[3]Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Computação - PPGEEC
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) - Natal, RN – Brasil

{falmeida,sarah,lmarcos}@dca.ufrn.br

Abstract. *The present work presents a visual programming tool, associated with W-Educ environment, focused on programming robots on learning environments using robotics for education. This tool, called BlockEduc, makes possible for a code to be programmed using a visual environment and then converted into R-Educ or any other language registered on W-Educ system. We present the process of generating dynamic blocks and, as a result of our work, the conversion of blocks from BlockEduc into R-Educ and further into NXC, without changes on the system core.*

1. Introduction

The use of robotics on school environment allows students to apply their theoretical knowledge in solving problems through stimulating logical reasoning, investigative thinking, motor skills, creativity and group work [Miranda et al. 2010] [Zilli 2004]. Besides that, the use of innovative technologies, like educational robotics on classroom enables for a transformation of school life into a dynamic, creative, and challenging environment [de Almeida Prado 2008].

Seeking disseminate even more this conviction, a web system was developed to program robots, combining a unique set of features to support teaching of programming and robotic algorithms [Thomaz et al. 2013]. Dynamic, free to use and open-source, the system called W-Educ allows programming and sending program to several kinds of robotic devices using an universal language, the R-Educ language [Pitta et al. 2010, Sá et al. 2013]. The system also allows to program using the base language of the controller, and has the characteristic of encouraging interaction between student and teacher.

By using W-Educ, the user has flexibility regarding the use of robotic devices, since it is possible to edit, compile and send programs to different robots using a browser, on the web. In the environment, the student can ask and receive advice from the teacher, while the teacher can register new programming languages, enabling the kit used in classroom to be programmed on the environment. Furthermore, out of school usage of the

tool is possible by conducting activities sent by teachers, with statistics of usage and user error. There is also a forum, which is a gathering point for students and teachers to share their experience.

Technical and pedagogical evaluation of W-Educ environment was made using EducAval method [Yanaguibashi et al. 2016, de Lima Sá et al. 2017] and it was observed that, even though it has a reasonable set of features, W-Educ still had a gap to be filled regarding a visual programming environment. Up until then, the system only had a textual environment, in which the user writes his or her code, so that it is necessary a deeper knowledge of the language to be programmed and also a fair ability to construct logical sentences that are valid in that language. Such requirements turn out to hamper the use of the system by children in first years of elementary school, in which reading and writing skills are yet to be fully developed.

The work presented in this paper aims to complement the achievements of the multiplatform web development environment W-Educ, oriented to robots programming in learning environments that make use of educational robotics.

2. Blockly and R-Educ

The visual programming environment developed in this paper has its core on the Blockly library developed by Google. Blockly is an open source library written in *JavaScript*. It aims to introduce a visual code editor in web and Android applications [Google Developers]. When integrated into the application, the library enables the end user to program through dragging and dropping blocks, which are predefined units programmed for a specific programming language. In this section we present the process of integrating the Blockly library with the high-level programming language R-Educ.

The Blockly library, in its original project, support five different programming languages: *JavaScript*, *Python*, *PHP*, *Lua* and *Dart*. Nevertheless, our concerns when integrating this tool into W-Educ is about supporting a wide variety of robotic platforms and their respective programming languages. In order to maintain such intrinsic characteristic to the system, we added the support to the programming language R-Educ into the Blockly library. With this move, we take advantage of W-Educ capabilities of translating R-Educ into other registered languages [de Lima Sá 2016].

We redefined the original blocks from Blockly to make them capable of generating R-Educ code for structures of that language. However, the process of redefining blocks alone is not enough to achieve a full support of R-Educ language, since for each low-level programming language registered in W-Educ, the user creates what we call “functions”: code snippets written in R-Educ that have specific meaning and translation for the particular registered language.

It was then necessary a dynamic implementation of custom blocks to represent the related functions of R-Educ language. In the process of creating custom blocks, we followed the structure used in Blockly. The library divides each block into three different components: block definition, toolbox reference and generator function. The components will be detailed below and the function *definircor* will be used as an example. This function is defined in R-Educ for the *NXC*language and its goal is to indicate to the program which port the color sensor is connected to. At the end of the process, the generated block will look like the one in Figure 1.

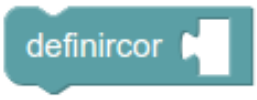


Figure 1. Function *definircor* block

Listing 1. Block Definition for Function *definircor*

```
1  Blockly.defineBlocksWithJsonArray([
2      {
3          "type":"funcao_definircor",
4          "message0":"definircor %1",
5          "args0":[
6              {
7                  "type":"input_value",
8                  "name":"var1",
9                  "check":"Number"
10             }
11         ],
12         "inputsInline":true,
13         "colour":185,
14         "previousStatement":null,
15         "nextStatement":null
16     }
17 ]);
```

2.1. Block Definition

A block definition contains all of its characteristics and how the block will behave on the programming environment. We choose JSON format to define our custom blocks for R-Educ. Listing 1 shows the block definition for function *definircor*. It is possible to identify, besides other information, the message to be displayed in the block, as well as the inputs the block has. Lines 6 through 10, for example, define an input of name *var1* which will receive a numeric value. The parameter *check* on line 9 will be used to validate the blocks that can fit into this input.

Inputs are of extreme importance for blocks. It is based on inputs that the final code for the block will be generated.

2.2. Toolbox Reference

In Blockly, toolbox is a section that shows all blocks available to the user. It is generated through an XML code code in which blocks are classified into categories. In order for custom blocks to be displayed on the toolbox, it is necessary to add each block's reference to the XML code. Line 3 of Listing 2 shows *definircor* block's reference.

Listing 2. Toolbox Reference for *definircor* Block

```
1 <xml id="toolbox" style="display: none">
2     <category name="Funcoes R–Educ" colour="185">
3         <block type="funcao_definircor"></block>
4     </category>
5 </xml>
```

Listing 3. Generator Function for *definircor* Block

```
1 Blockly.Reduc['funcao_definircor'] = function(block) {
2     var value_var1 = Blockly.Reduc.valueToCode(
3         block, 'var1', Blockly.Reduc.ORDER_ATOMIC
4     );
5     var code = 'definircor('+ value_var1+ ')\n';
6     return code;
7 };
```

2.3. Generator Function

In the use of Blockly library, the most important procedure is code generation for R-Educ language custom functions. Listing 3 has the code for this procedure. It is possible to note on lines 2 through 4 that a piece of code is generated for the input variable previously defined.

The input is then put together with custom function's standard code (function name and parenthesis delimiting start and end) and the final code is returned.

3. W-Educ Integration

The culmination of the present work is a combination of R-Educ language Blockly support with web multiplatform development environment W-Educ. To this we give the name BlockEduc.

BlockEduc uses the same database of W-Educ and the already registered languages on the later have no need for adaption to work the former, since its operation is completely independent. In order for BlockEduc being able to immediately apply to the environment any changes made in language records, the items detailed on Section 2 are dynamic generated through procedures implemented on *Groovy on Grails* framework, used by W-Educ [Sá et al. 2013].

To include a visual programming area specific to BlockEduc, we designed a new layout for W-Educ programming interface. This improvement collaborates to a cleaner and more intuitive interface. Concerning BlockEduc toolbox, we classified blocks into seven categories: Logic, Loop, Math, Text, Variables, Tasks and R-Educ Functions. The first four contain standard R-Educ language blocks. Categories "Variables" and "Tasks" contain dynamic user generated blocks for each program. The last category contains blocks defined by functions registered on W-Educ for each low-level language with respect to R-Educ.

4. Results

An experiment was made to evaluate the results of our implementation. We created a program to work with LEGO Mindstorms NXT robot, a robot that is programmed with NXC language. Figure 2 shows the program created on BlockEduc. In it, the engines connected to ports **B** and **C** should move in such a way that, by the end of their path, they have formed a square in the pathway.

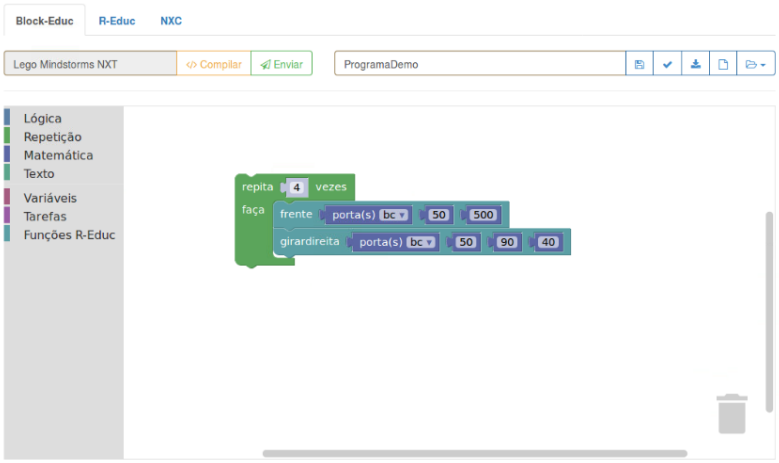


Figure 2. A BlockEduc Program

Figure 3 presents the very same program, but this time automatically converted to R-Educ language. It is important to note that in this process no specific command was necessary from the user. The whole conversion of blocks into code is quietly made through processing by BlockEduc.

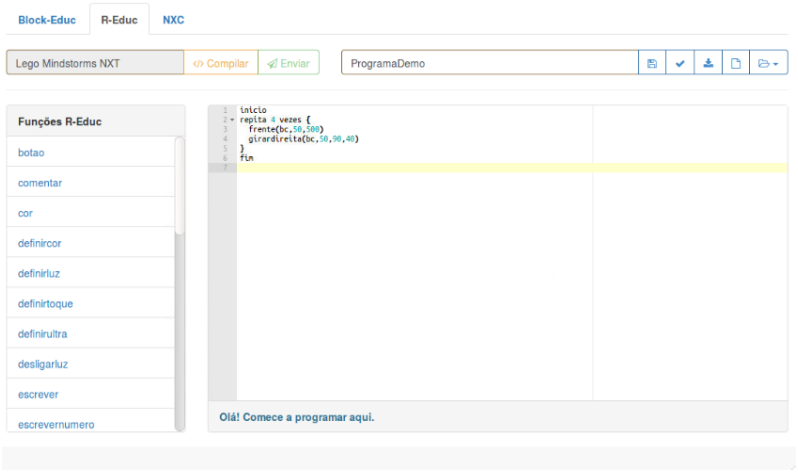


Figure 3. R-Educ Converted Program

Finally, we present on Figure 4 the results of converting the same program into NXC code, the final language to be used when programming LEGO Mindstorms robots. This functionality was already present on W-Educ environment and is presented here to ensure effectiveness of the use of visual programming with blocks when programming in different languages. Most importantly, all of this was achieved without requiring, from the user, any knowledge about the target language to be used.

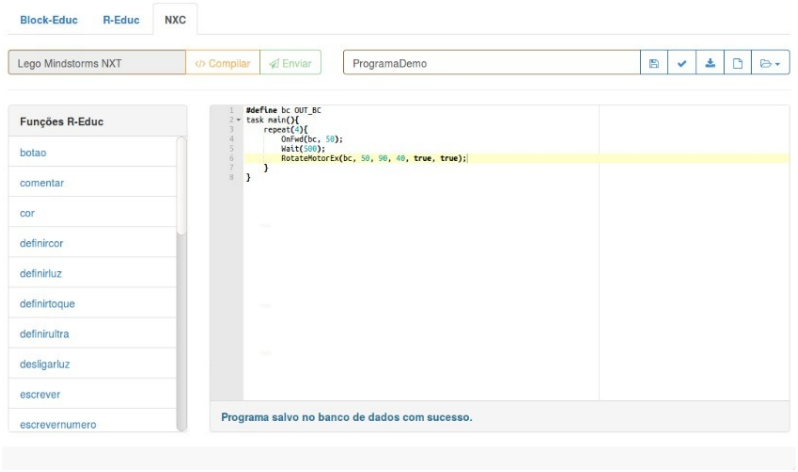


Figure 4. NXC Converted Program

5. Conclusion

This paper presented a successful implementation of the Blockly library by Google with the addition of support for R-Educ language to create a visual programming tool called BlockEduc. Taking advantage of its powerful capabilities, we integrated BlockEduc into W-Educ in order to achieve a complete programming experience, dedicated to learning environments that make use of educational robotics, and ranging from visual to textual programming, for nearly any kind of robotic platform, and by any group of student, being it children or young adults.

In future works we intent to investigate the impact of this visual programming tool on children in elementary school, analyzing how our tool can be effectively used to improve programming skills on those children.

References

de Almeida Prado, J. P. (2008). *Robôs estarão disponíveis para estudantes brasileiros*. PhD thesis.

de Lima Sá, S. T. (2016). *W-Educ: Um Ambiente Web, Completo e Dinâmico para Robótica Educacional*. PhD thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

de Lima Sá, S. T., Yanaguibashi, E. A., Gonçalves, L. M. G., Burlamaqui, A. M. F., Barros, R. P., and da C. Fernandes, C. (2017). Educaval: Towards assessment of educational robotics softwares. *IEEE Latin America Transactions*, 15.

Google Developers. Blockly: A library for building visual programming editors. Available at `https://developers.google.com/blockly/`. Accessed 2017-17-07.

Miranda, L. C., Sampaio, F. F., and Borges, J. A. S. (2010). Robofácil: Especificação e implementação de um kit de robótica para a realidade educacional brasileira. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 18(3).

Pitta, R., Thomaz, S., Aglaé, A., Azevedo, S., Burlamaqui, A., and Gonçalves, L. M. (2010). Roboeduc: Um software para programação em níveis. In *WorkShop de Informática na Educação - WIE*.

Sá, S. T. L., Fernandes, C. C., Barros, R. P., Torres, V. P., and Gonçalves, L. M. G. (2013). Web based configurable and multiplatform development environment for educational robotics. In *16th International Conference on Advanced Robotics*, Montevideo.

Thomaz, S., Fernandes, C., Pitta, R., Torres, V., and Gonçalves, L. M. (2013). Web-based configurable and multiplatform development environment for educational robotics. In *2013 16th International Conference on Advanced Robotics (ICAR)*, pages 1–8.

Yanaguibashi, E., Medeiros, F., Thomaz, S., and Gonçalves, L. (2016). Avaliação do ambiente para robótica educacional w-educ utilizando o método educaval. In *Workshop de Robótica Educacional*.

Zilli, S. (2004). A robótica educacional no ensino fundamental: Perspectivas e práticas. Master's thesis, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, SC.

CABOCLINHOS: An Open Robotic Educational Platform for Engineering Students

Weslley Alves Farias, Alana de Santana Correia, Jefferson de Lima Silveira Júnior, Glênia Magda Barreto de Melo, José Gilmar Nunes de Carvalho Filho, Elyson Adan Nunes Carvalho, Eduardo Oliveira Freire, Lucas Molina

[1] Departamento de Engenharia Elétrica
Grupo de Pesquisa em Robótica (GPR-UFS)
Universidade Federal de Sergipe (UFS) – Sergipe, SE – Brasil

{weslleyalvesfarias,alana.stc,jeffs.junior01,gmag.melo}@gmail.com

{jgncfilho}@gmail.com

{ecarvalho,efreire,lmolina}@ufs.br

Abstract. *Multidisciplinarity in schools and Universities has intensified in the last years as a complement to the student's curriculum. In this sense, educational robotics has great importance because it allows the students to learn by competing in tournaments. Robot soccer competitions stand out because the students can learn concepts motivated through exciting matches. Due to the importance of the aspects, this paper presents the application of the Caboclinhos robot soccer team developed by students and professors of the Universidade Federal de Sergipe as an open and challenging educational platform for engineering students. To demonstrate the viability of the platform some comparisons are made with the LEGO platform and good results are obtained.*

1. Introduction

Education yields an understanding of the surroundings that makes us capable to transform the environment. Through education, we become capable of increasing our freedom, communication, and collaboration in social groups [Saviani 2007]. According to Coll [Coll 1999], society foments development and socialization of its members through education, ensuring the operation of an essential mechanism of human species evolution: cultural heritage.

Through process of teaching and learning, knowledge can be formally passed on generations. In this regard, humankind has sought to innovate the learning process in order to facilitate the knowledge acquisition and to meet the requirements of the current world [Saviani 2007]. Every day new discoveries in many areas of knowledge arise. Such process requires people to seek learning more often in order to keep updated in their jobs.

This aspect of multidisciplinary education has been gradually noticed by schools and universities, which have been trying to follow such evolution [Liguori 1997]. In this regard, the insertion of technological resources as a form of educational aid has high dissemination potential. Hence, robotics can greatly contribute to teaching and learning process of professors and students since it involves the application

of multidisciplinary concepts in practice that the students usually learn in classroom [Santos and de Menezes 2005] [Sousa et al. 2011] [Ribeiro et al. 2011].

In this context, robotics creates an environment in which the students can interact and work on real world problems. Such interaction is usually accomplished through robotic educational platforms. One of the first widely used platforms was the LEGO Mindstorm and it is still the most commonly used nowadays. It is modular, relatively inexpensive, configurable, and it has the easiest learning curve of all systems. Nevertheless, there are other popular robot kits, such as VEX and Fischertechnik that have similar characteristics to LEGO [Kee 2011].

The application of robotic platforms in universities has had positive impacts on the learning of engineering subjects and on the developments of skills, such as observation, problem solving, hypothesis generation, teamwork, among others. [Benitti 2012]. The manner how robotic platforms are applied in class is not unique. Eguchi [Eguchi 2010] classifies the different methods for teaching robotics in three approaches: theme-based, project-based, and goal-oriented. In the goal-oriented approach, the learning process is encouraged through competitions [Alimisis 2013].

Robotics teaching through competition is very popular because it not only motivates students but it also offers a more immediate payoff to the general educational development of the individual student [Murphy 2001]. Robot soccer stands out in competitions for its appeal of being one of the most practiced sports in the world, and for its exciting and dynamic matches. There are several categories that include robot soccer in their competitions, such as RoboCup and IEEE Robotics Competition.

The biggest problem in applying the goal-oriented approach in developing countries is the cost of obtaining good robotic platforms that allow students to participate in competitions and that provide good quality teaching material, specially in public schools and universities. In order to mitigate such problem, IEEE Robotics Competition promotes the category IEEE Very Small Size, which requires only three small simple robots that can be easily built in universities.

Considering such problem, the Group of Research in Robotics at UFS (GPR-UFS) has decided to develop and provide to the community a robot soccer team compatible to the rules of the category IEEE Very Small Size. The main goals while developing this team were: ease of replication and low-cost for universities with low budget. This initiative resulted in the Caboclinhos team, which became champion[1] in the category IEEE Very Small Size in the year of 2016. During the development of the team and participation in competitions, the students came into contact with several practical applications of subjects studied theoretically in classroom. In these circumstances, this paper proposes the application of the open robotic platform Caboclinhos to be used as an educational robotics tool in universities.

This paper is structured as follows: Section 2 presents the different categories of robot soccer competitions; Section 3 presents the open platform Caboclinhos and all its modules as a tool to aid in the teaching of robotics; Section 4 shows a comparison between the LEGO Mindstorm EV3 and the Caboclinhos platform; finally, Section 5 presents our conclusions.

[1]Information available at `http://www.cbrobotica.org/?page_id=81&lang=pt`

2. Robot Soccer

Soccer is one of the great passions as a sport and it is considered the most widely spread worldwide. Thus, why not apply it together with robotics in order to instigate teamwork, ethics, and integration of different areas of knowledge, as well as to leverage scientific and technological initiatives through competitions?

Considering that, Mackworth [Mackworth 1993] mentioned for the first time the idea of robots playing soccer. Such idea quickly attracted the attention of many researchers worldwide and two organizations, Robocup and FIRA (Federation of International Robot-soccer Association), took the lead in holding international championships comprised of several robot soccer categories.

The Brazilian representative of RoboCup, for example, provides the following categories in its annual competition held jointly with the Brazilian Competition of Robotics (CBR) and Latin American Robotics Competition (LARC) [RoboCup 2017]:

- RoboCup Small-Size (F180): composed of two soccer teams of 6 robots each. The robots must fit within 180 mm diameter and must be no higher than 150 mm. The robots can be controlled remotely by a computer or by internal processing. This category allows the development of hardware and software. The computer vision system is provided by the organization;
- RoboCup *Simulation* 2D and 3D: The teams are composed of 11 robots. The players are represented in two dimensions in the 2D category and by humanoid robots in the 3D category. Every robot only receives limited information about the state of the game and should decide its action taking into account the benefit of the team. The focus on these categories is the coordination of the robots;
- RoboCup Humanoid and Standard Platform League (SPL): In the former, the teams are composed of 5 real humanoid robots NAO from Aldebaran Robotics and, in the latter, the teams are composed of 4 humanoid robots of any platform and they are subcategorized in three different sizes: child, young, and adult size.
- IEEE Very Small Size: This is a category stablished in Brazil since 2003. The teams are composed by 5 or 11 robots developed by the competitors (in Brazil only 3 are used) . The robots should fit in a box of 75 mm x 75 mm x 75 mm and the soccer field must be 1500 mm x 1300 mm. In this category, no information about the state of the game is provided by the organization. The competitors have to implement all the hardware and software, including the computed vision system.

There are other categories that applies to primary and secondary students by use of educational kits or open platforms to perform specific tasks, such as assessment of coordination and fluidity of humanoid robot movements and rescue. Among the robot soccer categories, the one that is less cost restrictive in the development of a team is the IEEE Very Small Size mainly because of three reasons: requirement of only 3 robots; small and simple hardware; possibility to develop the whole system according to the team's budget.

From the analysis of the benefits that robot soccer provides, the GPR-UFS group decided to create a low cost open robot soccer platform called Caboclinhos in 2015. The whole hardware and software are open and available for download. Section 3 presents a

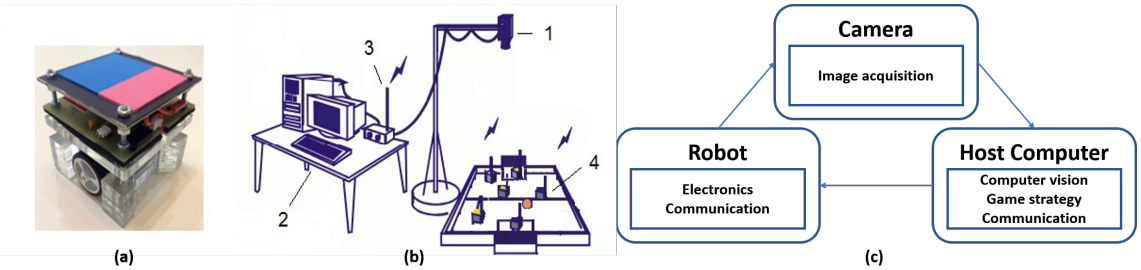


Figure 1. (a) Caboclinhos robot, (b) structure of the robot soccer platform, and (c) execution procedure of the Caboclinhos platform.

detailed description of the project and the skills that can be developed by constructing and using the platform.

3. Caboclinhos Platform

The Caboclinhos platform was developed to be easy to replicate with a low budget, making it an attractive didactic tool for the development of engineering skills and diffusion of science through robot soccer. The platform follows the standard of the IEEE Very Small Size robot soccer category. Figure 1 (a) presents the robot structure. Figure 1 (b) illustrates the overall structure used in the IEEE Very Small Size category. The camera (1) captures the images and send them to the host computer (2). In the computer, the vision system is responsible to identify the state of the game. This information is used by the strategy that decides the commands to be sent via radio (3) to every robot (4). Figure 1 (c) presents the main loop that is repeated over the game.

This platform provides the development of skills related to multidisciplinary robotics such as control of multiple robots, computer vision, development of game strategies, communication, study and application of electronic devices, and application of microconttrolers. The opportunity to work on real world situations and to compete against other students makes learning even more stimulating and effective. A more detailed description of the processes: computer vision system, electronics, and strategy and control are discussed in the following sections. The full documentation of the platform is available at the research group's website[2].

3.1. Vision System

Computer vision is an area of computing that deals with the study of information extraction from an image. It has many applications because it is a mechanism of perception of the environment. Thus, vision is applied in many areas such as medicine, data digitalization, robotics, and security [Ballard and Brown 1982].

In the Caboclinhos vision system, the image of the soccer field is captured and sent to the computer. From the image, many techniques of noise reduction and filtering are applied in order to highlight the important features. In robot soccer, the important features are the color of the robots and ball, as shown in Figure 2 (a). After filtering, the required information is highlighted in white, as can be seen in Figure 2 (b).

[2]Website where all the information is available: `http://gprufs.org/`

After identifying the players and the ball, their positions and orientations are retrieved through segmentation and feature extraction algorithms. This information is extracted in real-time and used by the strategy system which decides the robot actions (Figure 2 (c)). However, the extracted features might not be correct due to lighting interference. Such failure causes the strategy system to send wrong commands to the robots. This is the reason why the computer vision system is a challenging task.

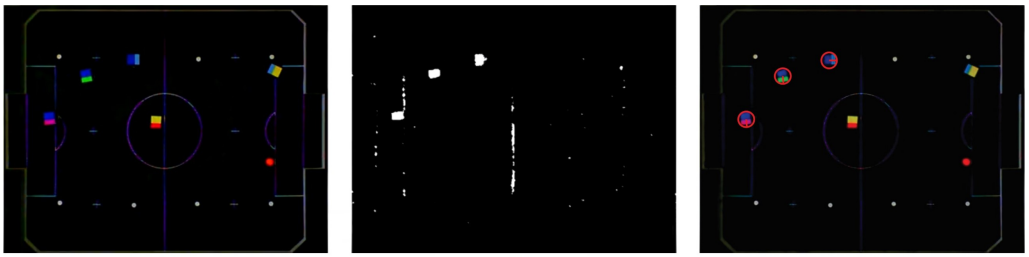


Figure 2. a) Soccer field image with Caboclinhos robots; b) Result of the segmentation algorithm for the blue team identification; c) Identification of the team.

Besides the inherent problems in correctly extracting features from the robots and ball, due to environment noise, there are challenges related to processing time. The students have to deal with not only mathematical techniques behind the algorithms but also optimization techniques so that the strategy can run in real time. In addition, the Caboclinhos vision system is open source, which means the system can be improved or even a completely new system can be implemented.

3.2. Robot and Transmitter Electronics

The Caboclinhos platform requires one printed circuit board (PCB) for every robot and one for the transmitter, which is responsible to establish a communication link between computer and robots. Figure 3 presents the block diagrams of the internal structures on both modules. As can be seen, this platform includes concepts of embedded systems, such as power source, wireless communication, microcontroller programming, and motor drive. Such skills are usually required in courses such as Electronic, Mechatronic, and Computer Engineering.

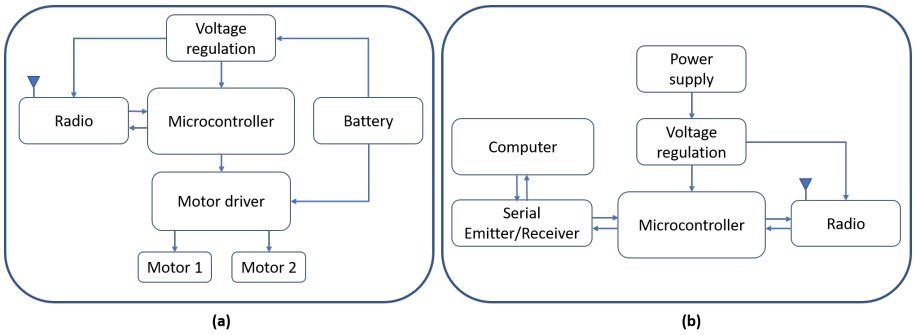


Figure 3. Block diagram of: (a) robot and (b) transmitter.

In the Caboclinhos platform, two different means of communication are used. A wired communication between computer and transmitter and a radio communication

between transmitter and robots. The transmitter is responsible to send the velocity commands decided by the strategy to the robots. In the robot, the microcontroller interprets the information received by the radio and drives the motors through the motor controller. Through the motor controller, the microcontroller is able to change not only the velocity but also the rotation direction of the motors. The electronics and communication modules are the most difficult ones to work properly, mainly when the students do not have a strong background in electronics. Thus, it is important to have an open and functional platform available, such as the Caboclinhos platform, to serve as a reference to help the construction of new robots.

The student's practical involvement with the robot and transmitter electronics allows the development of knowledge and skills such as logic programming, communication, embedded systems, feedback control, PCB production, and others. The development of these skills goes beyond the curricular structure and provides the students knowledge to help them design their own electronic projects.

3.3. Control and Strategy

The control system and strategy have both an important role in robot soccer, whether by simulation or with real robots. The control system consists in deciding the velocity of the wheels in order to achieve a goal such as getting to a specific point in the field or keeping the robot pointing at the ball. The strategy is the set of algorithms that aims to coordinate the team movement using the control system. In some teams, the concept of strategy and control are merged, which might difficult the development of new strategies. In order to address this problem, the control and strategy implemented in the Caboclinhos platform were developed independently, allowing easy modification of the strategy or control.

Usually, the decision-making in robot soccer follows such structure: the computer receives the information from the vision system and the strategy decides which action every robot should execute based on the state of the game. Then, the control algorithms are responsible to interpret these decisions and compute the velocity of the wheels in order to achieve the desired goals. The control and strategy are steps that the competitors are more interested in developing new approaches. Thinking of that, the Caboclinhos platforms provides the champion strategy, used in the IEEE Very Small Size Soccer competition in 2016, as an excellent reference for the development of new approaches.

Since it is not a simple to make all robots act as a team and to make the ball cross the enemy goal line, the strategy is a critical and challenging process. Thus, besides using all their creativity, the competitors can apply several concepts, such as coordination of multiple robots, and mathematical and programming logic.

4. Comparison between Caboclinhos and LEGO

The Caboclinhos platform was compared against the LEGO Mindstorm EV3, which is widely used in educational robotics, in order to validate the advantages of our platform. These characteristics are presented in Table 1. The LEGO platform features found for comparison are best detailed in [Klassner and Anderson 2003].

The LEGO platform allows: modular configuration of many robotic structures; programming blocks, which require less programming knowledge; and application of

Table 1. Comparison between Caboclinhos and LEGO.

Characteristic	LEGO Mindstorm EV3	Caboclinhos
Configurable module	X	
Wireless	X	X
Embedded electronics	X	X
Embedded control	X	
Electronic devices	X	X
Block programming	X	
Open source		X
Open hardware		X
Multiple robots application		X
Computer vision		X
Replicable platform		X
Reduced size		X

modular sensors. On the other hand, the Caboclinhos platform has a single configuration, and it allows programming of more complex algorithms. The sensing is performed through an external camera and the position and orientation of the robots are computed via image processing.

The Caboclinhos robots do not have an embedded control system like LEGO does. However, the game strategy and control system is performed in a host computer, which provides more computing power to develop more complex game strategies. In addition, it allows the application of concepts such as coordination of multiple robots. In addition, the Caboclinhos platform allows the implementation of physical circuits, low level programming, development of more robust game strategies based on artificial intelligence, among others.

The financial cost is another differential. The construction of the whole Caboclinhos platform requires R$ 1200,00, which corresponds to three robots and one camera, while a single LEGO Mindstorm EV3 costs around R$ 2400,00. The advantages over the LEGO Mindstorms EV3 demonstrate the potential of the Caboclinhos team as an educational platform helping students to develop engineering skills, especially in the practical application of concepts studied in classroom.

5. Conclusion

This paper presents the open platform for robot soccer Caboclinhos as an educational platform. This platform was developed based on the category IEEE Very Small Size and the whole documentation is available for download at the GPR-UFS website[3]. Caboclinhos is an easy platform to reproduce, low cost and that allows the development of many skills in a challenging task: robot soccer.

In comparison to the widely used LEGO Mindstorm EV3 platform, Caboclinhos stands out due to its low cost, which is 12 times cheaper, for the construction of one robot, and 2 times cheaper, for the construction of the whole system. Besides that, Caboclinhos

[3]Website where all the information is available: `http://gprufs.org/`

stands out because its modules are open and the students can develop new features and improve the already existing ones.

Therefore, the Caboclinhos team can be used as an educational platform for engineering students by allowing the development of skills in many areas of knowledge through practical applications in robot soccer competitions, which are exciting and motivating.

References

[Alimisis 2013] Alimisis, D. (2013). Educational robotics: Open questions and new challenges. *Themes in Science and Technology Education*, 6(1):63–71.

[Ballard and Brown 1982] Ballard, D. H. and Brown, C. M. (1982). Computer vision, article, 4 pages prentice-hall. *Englewood Cliffs, New Jersey, believed to be published more than one year prior to the filing date of the present application*.

[Benitti 2012] Benitti, F. B. V. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers & Education*, 58(3):978–988.

[Coll 1999] Coll, C. (1999). Educação, escola e comunidade: na busca de um novo compromisso. *Pátio revista pedagógica*, 3(10):9–12.

[Eguchi 2010] Eguchi, A. (2010). What is educational robotics? theories behind it and practical implementation. In *Society for information technology & teacher education international conference*, pages 4006–4014. Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).

[Kee 2011] Kee, D. (2011). Educational robotics—primary and secondary education [industrial activities]. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 18(4):16–19.

[Klassner and Anderson 2003] Klassner, F. and Anderson, S. D. (2003). Lego mindstorms: Not just for k-12 anymore. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 10(2):12–18.

[Liguori 1997] Liguori, L. M. (1997). As novas tecnologias da informação e da comunicação no campo dos velhos problemas e desafios educacionais. *Tecnologia Educacional–Política, Histórias e Propostas. Porto Alegre: Artes Médicas*.

[Mackworth 1993] Mackworth, A. K. (1993). On seeing robots.

[Murphy 2001] Murphy, R. R. (2001). " competing" for a robotics education. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 8(2):44–55.

[Ribeiro et al. 2011] Ribeiro, C. R., Coutinho, C. P., and Costa, M. F. (2011). A robótica educativa como ferramenta pedagógica na resolução de problemas de matemática no ensino básico. In *6ª Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação (CISTI 2011)*, pages 440–445. AISTI.

[RoboCup 2017] RoboCup (2017). Disponível em: `http://robocup.org.br/historico.php#`. Acesso em: 04 julho 2017.

[Santos and de Menezes 2005] Santos, C. F. and de Menezes, C. S. (2005). A aprendizagem da física no ensino fundamental em um ambiente de robótica educacional. In *Anais do Workshop de Informática na Escola*, volume 1.

[Saviani 2007] Saviani, D. (2007). *Educação do senso comum à consciência filosófica*. Autores Associados.

[Sousa et al. 2011] Sousa, M. et al. (2011). A robótica educativa como instrumento de apoio ao ensino de ciências naturais e da física. *Mostra Nacional de Robótica MNR*.

Atraindo Jovens para a Ciência Através do Futebol de Robôs

Eduardo O. Freire[1,2], Lucas Molina[1,2], Elyson A. N. Carvalho[1,2], José Gilmar N. de Carvalho-Filho[2]

[1]Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Sergipe
Av. Marechal Rondon, S/N, Rosa Elze, 49100-000, São Cristóvão-SE, Brasil

[2]Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Sergipe – Av. Marechal Rondon, S/N, Rosa Elze, 49100-000, São Cristóvão-SE, Brasil

{efreire, lmolina, ecarvalho}@ufs.br, jgncfilho@gmail.com

Abstract. *Dreams and fantasies involving science fiction robots and football populate the minds of millions of children around the world. The union of these two passions through robot soccer is an extremely valuable instrument to arouse the attention of young people to science. In Sergipe, Robotics Research Group of the Federal University of Sergipe has been working on an approach based on the realization of a robot soccer championship by simulation with zero cost, involving students from public and private schools, obtaining progressively better results, which is very important, especially in a country where the demand for technological courses is considerably low yet.*

Resumo. *Sonhos e fantasias envolvendo robôs da ficção científica e futebol povoam as mentes de milhões de crianças em todo o mundo. A união dessas duas paixões através do futebol de robôs é um instrumento extremamente valioso para despertar a atenção de adolescentes e jovens para a ciência. Em Sergipe, o Grupo de Pesquisa em Robótica da UFS vem trabalhando em uma abordagem baseada na realização de um campeonato de futebol de robôs por simulação com custo zero, envolvendo alunos de escolas das redes pública e privada, tanto da capital quanto do interior. Os resultados obtidos têm sido progressivamente melhores, o que é muito importante, sobretudo em um país onde a demanda por cursos tecnológicos ainda é consideravelmente baixa.*

1. Introdução

Por ser o esporte mais difundido no Brasil e no mundo, os grandes jogadores de futebol são admirados por crianças de todas as idades e de todo o mundo. Por outro lado, a robótica é algo comum no imaginário infantil. A ideia de robôs disputarem jogos de futebol foi mencionada pela primeira vez em 1992, quando o Prof. Alan Mackworth apresentou seu artigo intitulado "*On seeing robots*", o qual foi publicado no ano seguinte em um livro intitulado "*Computer Vision: System, Theory, and Applications*" [Mackworth 1993].

Também em 1992, pesquisadores japoneses realizaram um *workshop* sobre os grandes desafios em inteligência artificial (IA) em Tóquio. Nesse evento, um dos principais tópicos de discussão foi o uso do jogo de futebol como uma forma de promover a ciência e a tecnologia. Foram realizadas análises de viabilidade técnica e financeira, bem como o impacto resultante na sociedade. Também foram elaboradas regras e desenvolvidos os primeiros robôs jogadores de futebol. Assim, em junho de 1993, foi lançada uma competição denominada de *Robot-J-League*. Logo, chegaram pedidos de todo o mundo para que a inciativa fosse estendida internacionalmente, e o projeto foi renomeado para Iniciativa RoboCup ou, simplesmente, RoboCup. A iniciativa cresceu e, em 1997, ocorreu a primeira Copa do Mundo de Futebol de Robôs, com a participação de mais de 40 equipes [RoboCup 2017].

Na Coreia do Sul, em setembro de 1995, o professor Jong-Hwan Kim da universidade de KAIST iniciou formalmente o IOT (*International Organizing Committee*) da Mirosot (*Micro-Robot World Cup Soccer Tournament*), sendo realizada já em julho de 1996 a primeira competição, envolvendo 30 times de 13 países diferentes Em junho de 1997, a FIRA – *Federation of International Robot-Soccer Association* – foi fundada [FIRA 2017].

Por outro lado, a vitória do computador *Deep Blue* sobre o grande mestre e campeão mundial de xadrez, Garry Kasparov em 1997 marcou o final de uma era, na qual o xadrez era o grande desafio para os pesquisadores na área de IA [Tu 2001].

A coincidência de datas da vitória do *Deep Blue* sobre o campeão mundial de xadrez com a criação da FIRA e a realização da primeira Copa do Mundo de Futebol de Robôs organizada pela RoboCup, fez com que o desafio do jogo de xadrez fosse substituído pelo futebol de robôs como principal desafio para o campo de pesquisa em Inteligência Artificial.

A fim de estimular o aprendizado em disciplinas como matemática e física, muitos educadores vêm fazendo o uso de atividades lúdicas envolvendo robótica. Um reflexo disso é que muitas escolas particulares já oferecem aulas de robótica como forma de atrair novos alunos e diferenciar a sua formação. Contudo, devido aos custos e dificuldades envolvidos na aquisição de *kits* de robótica e contratação ou aperfeiçoamento dos professores que irão utilizá-los, a grande maioria dos alunos da rede pública não têm a mesma oportunidade. Pensando nisso, o Grupo de Pesquisa em Robótica da Universidade Federal de Sergipe (GPR-UFS) decidiu concorrer a um edital para Popularização da Ciência, lançado pela Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação de Sergipe, a FAPITEC-SE. O projeto, intitulado "Despertando Jovens para Ciência Através do Futebol de Robôs", foi aprovado e, como parte dos eventos da Semana Nacional de Ciência e Tecnologia (SNCT) de 2010, ocorreu a primeira edição do Campeonato Sergipano de Futebol de Robôs por Simulação.

O campeonato apresentou-se como uma forma de atrair jovens de escolas públicas para a ciência e tecnologia através da paixão pelo futebol e dos sonhos de infância com robôs da ficção científica. Além disso, também foi uma maneira de contribuir para o aprendizado dos alunos ao fornecer uma forma divertida e concreta de contextualizar conteúdos estudados em disciplinas como matemática e física, que muitas vezes não são devidamente valorizados e assimilados pelos alunos por não vislumbrarem aplicações práticas para tais conteúdos.

Este artigo descreve essa experiência, que começou em 2010 com apenas 5 equipes de escolas públicas e 24 alunos envolvidos e,em sua terceira edição (em 2016) atraiu 44 equipes de escolas das redes pública e privada, totalizando quase 300 alunos e professores, tudo isso sem custos para os participantes e baixo custo de organização.

Assim, este artigo está organizado da seguinte forma: após essa introdução (Seção I), que busca contextualizar historicamente a motivação para a criação do Campeonato Sergipano de Futebol de Robôs por Simulação, serão analisadas iniciativas correlatas, como a Competição Brasileira e Latino Americana de Robótica (CBR-LARC, do inglês *Latin American Robotics Competition*) e a Olimpíada Brasileira de Robótica (OBR). Na Seção 3, será descrito o histórico e metodologia empregada no Campeonato Sergipano de Futebol de Robôs por Simulação. A evolução do evento, na forma dos resultados obtidos será apresentada na Seção 4. Na Seção 5, serão apresentadas as considerações finais, bem como os planos para o desenvolvimento futuro do campeonato, seguidos pelos agradecimentos e referências bibliográficas.

2. Iniciativas Correlatas

Nesta seção, serão brevemente descritas duas iniciativas correlatas a este trabalho, a CBR-LARC e a OBR.

2.1. Competição Brasileira e Latino-Americana de Robótica (CBR-LARC)

De acordo com o *site* oficial da RoboCup Brasil [RoboCup Brasil 2017], em 2003, na cidade de Bauru-SP, ocorreu o evento que veio a ser conhecido como a I Competição Brasileira de Robótica, em paralelo com a II Competição Latino-Americana de Robótica. Em 2004 a RoboCup Brasil também se juntou a esses dois eventos. Desde então, os eventos têm ocorrido nos anos pares juntamente com os eventos científicos da SBC (Sociedade Brasileira de Computação) e nos anos ímpares com os eventos da SBA (Sociedade Brasileira de Automática). A partir de 2007, a OBR (que será abordada na próxima subseção) somou-se a estes eventos. Desde o princípio a CBR-LARC vem ocorrendo em diferentes locais do país, abrangendo públicos cada vez maiores.

A CBR-LARC é uma olimpíada de conhecimento voltada para estudantes universitários, que visa fomentar o desenvolvimento de conhecimento sobretudo nas áreas de robótica e sistemas inteligentes, instigando a competitividade dos participantes [RoboCup Brasil 2017].

Para participar da competição, a equipe interessada deve se inscrever em uma das 12 modalidades disponíveis e submeter um TDP – *Team Description Paper,* que consiste em um artigo no qual a equipe descreve o projeto de seu time, apresentando as técnicas e métodos utilizados. O TDP é avaliado por uma comissão e, caso seja considerado aprovado, a inscrição da equipe é aceita. Além disso, ao final da competição, os TDP's de todas as equipes participantes são disponibilizados, o que serve de subsídio para que as equipes possam aprender umas com as outras para as próximas competições, bem como para novas equipes que queiram participar em anos subsequentes.

2.2. Olimpíada Brasileira de Robótica (OBR)

Conforme foi mencionado na subseção anterior, a primeira edição da OBR ocorreu em 2007, na cidade de Florianópolis-SC, em paralelo com a CBR-LARC e a RoboCup Brasil. Diferente destas últimas, que são focadas em estudantes do ensino superior, a OBR tem como público-alvo estudantes dos ensinos fundamental, médio e técnico, de escolas das redes pública e privada. Outra diferença da OBR com relação às outras competições mencionadas é que as suas inscrições são gratuitas.

De acordo com o *site* da OBR [OBR 2017], um dos seus objetivos consiste em divulgar a robótica visando estimular o surgimento de uma cultura tecnológica, contribuindo assim para a formação de cidadãos que saibam se relacionar com a tecnologia e sejam consumidores conscientes sob esse aspecto. O segundo objetivo consiste em fomentar o uso da robótica como uma ferramenta de ensino que pode ser aplicada em todas as matérias do currículo escolar, bem como no desenvolvimento de experimentos práticos, contribuindo para a aumentar a motivação dos estudantes e para desenvolver suas habilidades de trabalhar em grupos.

A OBR possui duas modalidades: teórica e prática. A modalidade teórica acontece nas próprias escolas e em sedes regionais, consistindo na resolução de uma prova escrita elaborada por uma comissão nacional. A modalidade teórica abrange desde alunos em idade pré-escolar (Nível 0), até alunos matriculados no ensino médio ou técnico (Nível 6). Uma grande vantagem da modalidade teórica é que ela não restringe a participação de nenhum aluno, pois não requer conhecimentos prévios sobre robótica e não demanda investimento financeiro por parte das escolas.

Por outro lado, a modalidade prática acontece em competições regionais e estaduais, nas quais os melhores colocados se classificam para a final nacional. Na modalidade prática, os estudantes se organizam em equipes que são acompanhadas por professores que orientam os trabalhos. A cada ano, a equipe organizadora da OBR define uma determinada tarefa, e as equipes devem então construir robôs que sejam capazes de realizar a tarefa estabelecida. Os robôs devem ser totalmente construídos

pelos alunos que formam cada equipe, e é facultado o uso de *kits* de robótica disponíveis comercialmente. A modalidade prática possui apenas dois níveis. O Nível 1 é destinado aos alunos do ensino fundamental, enquanto que o Nível 2 é voltado para alunos do ensino médio, técnico ou equivalente.

A OBR já começou grande, envolvendo mais de 6.500 alunos de todo o Brasil na sua primeira edição, ocorrida em 2007. Atualmente, estima-se que o evento já abrange mais de 100 mil estudantes em todos os estados do país, e já é uma das maiores olimpíadas científicas do Brasil.

3. O Campeonato Sergipano de Futebol de Robôs por Simulação

O Grupo de Pesquisa em Robótica da Universidade Federal de Sergipe (GPR-UFS), fundado em 2003, sempre trabalhou pela disseminação do estudo da robótica no estado de Sergipe. Inicialmente, esse trabalho aconteceu no âmbito da UFS, mas em 2010 a FAPITEC-SE, lançou um edital visando apoiar projetos focados em popularização da ciência. O GPR-UFS percebeu, então, a oportunidade de levar a disseminação da paixão pela robótica para além dos muros da universidade, além de dar uma maior visibilidade aos cursos tecnológicos da UFS, aumentando o interesse de jovens por tais carreiras. Foi assim que um projeto foi elaborado, submetido e aprovado, e como parte desse projeto, em outubro de 2010, foi realizado o I Campeonato Sergipano de Futebol de Robôs por Simulação.

Na época, a OBR ainda não era realizada em Sergipe. No entanto, a motivação para a realização do Campeonato Sergipano de Futebol de Robôs por Simulação não se restringia a isso. Por um lado, não existem custos para participação na modalidade teórica da OBR, mas ela consiste em resolver uma prova, algo que já faz parte do cotidiano dos estudantes na escola. Por outro lado, para participar da modalidade prática da OBR é necessário dispor de recursos para a construção do robô, o que é um entrave, sobretudo, para a participação de escolas da rede pública. Foi nesse sentido, buscando um compromisso entre a diversão e motivação da modalidade prática e o custo zero da modalidade teórica, que surgiu a ideia de utilizar uma plataforma de simulação gratuita disponibilizada no site da FIRA, denominada SIMUROSOT para a realização de jogos de futebol de robôs [SIMUROSOT 2017]. Trata-se de um servidor que simula o ambiente do jogo de futebol de robôs (campo, jogadores, etc.) e dois programas clientes que rodam as estratégias de jogo dos dois times. O jogo é ilustrado num ambiente colorido 3D (Fig. 1), e estão disponíveis versões com times de 5 e 11 robôs.



Figura 1: SIMUROSOT [SIMUROSOT 2017].

A utilização dessa plataforma gratuita de simulação é uma forma de evitar os custos e dificuldades técnicas da construção de times com robôs de verdade, mas restava ainda a dúvida se o simulador seria funcional e conseguiria atrair a atenção do público-alvo, composto por adolescentes e jovens.

As estratégias de jogo devem ser escritas em uma linguagem de programação denominada Lingo, ou então através de DLL's em C++, o que é ainda mais complicado. Como o foco da competição são os alunos do ensino médio, que em sua ampla maioria não possuem qualquer experiência de programação, seria necessário elaborar uma forma de simplificar o processo de programação das estratégias de jogo.

A abordagem utilizada consistiu em encapsular, em funções de fácil utilização, as ações básicas que os jogadores deveriam executar ao longo do jogo e, assim, as estratégias poderiam ser programadas através da chamada sequencial dessas funções em determinadas situações ao longo da partida. As funções definidas estão apresentadas na Tabela I. Tais funções são relativamente simples, exceto a função *vai_para* que consiste em um controlador de posição final não linear [Carelli, Secchi e Mut 1999], capaz de levar o robô de sua posição atual até o ponto de destino especificado na função (x,y) com a aceleração dada.

Além destas funções, são necessários apenas mais alguns conhecimentos básicos sobre programação para poder elaborar a estratégia de jogo. O simulador já se encarrega de chamar a estratégia de jogo periodicamente, o que dispensa a necessidade de utilizar qualquer estrutura de laço de repetição no desenvolvimento das estratégias. Então, o código consiste basicamente em estruturas de decisão do tipo ***if*** *(condição)* ***then*** *comandos*, sendo que os *comandos* consistem basicamente em ler os valores de variáveis fornecidas pelo simulador, como a posição da bola ou de um dado robô, por exemplo, fazer cálculos com as variáveis disponíveis, e usar os resultados de tais cálculos como parâmetros para as 6 funções pré-estabelecidas (Tabela I).

Para facilitar ainda mais a programação por parte dos alunos, é fornecido a eles um código fonte, no qual está programada uma estratégia de jogo simples e padronizada. Assim, ilustra-se uma estratégia de jogo, o que facilita a contextualização do uso das variáveis fornecidas pelo simulador e das funções básicas de programação.

Todas essas informações são passadas aos participantes durante um minicurso com duração de quatro horas, durante o qual se faz uma introdução a respeito da robótica e do futebol de robôs; explica-se como funciona o SIMUROSOT, descrevendo também as variáveis disponibilizadas pelo simulador; e, finalmente, são apresentadas noções básicas de programação e as funções pré-definidas, inclusive com a programação de uma estratégia de jogo simplificada como forma de exemplo.

Tabela I – Funções usadas para programação das estratégias de jogo.

Função	Descrição
vai_para(robô,x,y,aceleração)	Leva "robô" à posição (x,y) com a aceleração dada
olhar_para(robô,x,y)	Faz "robô" ficar de frente para a posição (x,y)
andar_frente(robô,velocidade)	Faz "robô" ir para frente na velocidade dada
andar_fundo(robô,velocidade)	Faz "robô" ir para trás na velocidade dada
girar_horario(robô,velocidade)	Gira "robô" no sentido horário
girar_antihorario(robô,velocidade)	Gira "robô" no sentido anti-horário

Existem ainda algumas regras que devem ser respeitadas, sendo que as regras principais são: as funções pré-definidas não podem ser modificadas; a estratégia de jogo não pode fazer uso do comando *velocity* que é usado pelas funções pré-definidas para enviar os comandos de velocidade diretamente aos robôs; e é proibido enviar comandos para robôs do time adversário. A transgressão de qualquer uma dessas regras leva à desclassificação sumária da equipe.

Essa abordagem foi capaz de simplificar o processo de programação o bastante para permitir que alunos do ensino médio, sem experiência prévia de programação, pudessem de fato elaborar estratégias de jogo funcionais para participar da competição.

4. Resultados

Nesta seção, serão descritos os resultados obtidos nas três edições do Campeonato Sergipano de Futebol de Robôs por Simulação já realizadas. Em 2010, o Campeonato Sergipano de Futebol de Robôs por Simulação ocorreu durante a Feira de Ciências promovida pela FAPITEC-SE, em comemoração à Semana Nacional de Ciência e Tecnologia – SNCT. Esta primeira edição do campeonato foi pensada visando levar a experiência da robótica, através do futebol de robôs, para alunos da rede pública, que normalmente não têm acesso aos cursos extracurriculares de robótica que são cada vez mais comuns nas escolas da rede privada.

A metodologia empregada consistiu inicialmente na realização do minicurso de formação, conforme descrito previamente na seção 3 e, na sequência, foram destacados pares de alunos de iniciação científica vinculados ao GPR-UFS para atuarem como monitores em cada escola convidada a participar da competição. Como na época havia 10 alunos de iniciação científica, foram convidadas apenas cinco escolas para a primeira edição do campeonato. Esta metodologia funcionou, pois com a ajuda dos monitores, as equipes das escolas participantes foram capazes de elaborar suas estratégias de jogo com sucesso. Porém, a metodologia restringia demasiadamente o alcance do campeonato. Além disso, havia o interesse também de envolver as escolas da rede privada. Diante disso, foi proposta uma modificação na forma de organização do II Campeonato Sergipano de Futebol de Robôs por Simulação.

O primeiro passo consistiu em elaborar um *site* para hospedar todas as informações referentes à competição (http://www.campeonato.gprufs.org), onde também foi colocado um *link* para o *download* do simulador utilizado [SIMUROSOT 2017], bem como foi disponibilizado todo o material necessário: as regras da competição (baseadas nas regras da SIMUROSOT), o código base para programação das estratégias de jogo, um tutorial sobre como programar um time e os arquivos usados durante a realização do minicurso de formação, que mais uma vez foi ministrado com duração de 4 horas.

Após a realização do minicurso, ao invés de designar monitores para cada escola participante, como foi feito na edição anterior do campeonato, foi criado um plantão de dúvidas que funcionava fisicamente no Laboratório de Pesquisa do Departamento de Engenharia Elétrica da UFS (DEL-UFS), através de um esquema de escala de revezamento dos alunos de iniciação científica envolvidos na organização. Além do atendimento presencial, foi criado também uma *fanpage* no Facebook (https://www.facebook.com/CampeonatoGPRUFS/) que passou a funcionar como um canal de dúvidas *online*. Dessa forma, foi possível aumentar significativamente a abrangência do campeonato, mesmo com uma equipe de tamanho semelhante à que esteve envolvida na primeira edição do campeonato.

A segunda edição do Campeonato Sergipano de Futebol de Robôs por Simulação aconteceu em 2013, também no contexto de mais um edital para popularização da ciência da FAPITEC-SE. Dessa vez, como a competição cresceu muito, não foi mais possível realizar todos os jogos em um mesmo dia. Por esse motivo, a fase eliminatória

ocorreu durante dois dias no meio da semana, no Laboratório de Informática do DEL-UFS, enquanto que os jogos das finais ocorreram no sábado seguinte, no Auditório da Associação dos Docentes da UFS (ADUFS).

Em 2016, novamente com o apoio de um edital de popularização da ciência da FAPITEC-SE, foi realizado o III Campeonato Sergipano de Futebol de Robôs por Simulação. Dessa vez, a competição também foi realizada com o apoio da Associação dos Gestores de Tecnologia da Informação do Estado de Sergipe – CIO-SE.

Para a terceira edição do campeonato, foi utilizada a mesma metodologia que havia sido bem-sucedida em 2013, exceto pelo fato de que nesta edição foram admitidos estudantes a partir do 9º ano do ensino fundamental até o final do ensino médio ou técnico. A fase eliminatória aconteceu separadamente nas dependências do DEL-UFS, enquanto que os jogos das finais ocorreram como parte da programação da SNCT, no auditório do DEL-UFS, sendo a entrega de prêmios realizada no Centro de Vivência da UFS, durante a Feira Estadual de Ciências, Tecnologia e Artes de Sergipe – CIENART.

A seguir, na Tabela II, é possível ver a evolução dos números referentes às três edições já realizadas do Campeonato Sergipano de Futebol de Robôs por Simulação.

Tabela II – O Campeonato Sergipano de Futebol de Robôs por Simulação em números.

Ano da Competição	2010	2013	2016
Número de alunos envolvidos	24	108	289
Quantidade de equipes inscritas	5	25	44
Quantidade de cidades envolvidas	4	3	5
Número de escolas participantes	5	11	15
Percentual de escolas públicas participantes	100%	27%	33%
Percentual de alunos que nunca tinham tido contato com robótica	100%	64%	83%

Conforme a análise dos números apresentados na Tabela II, fica claro que o Campeonato de Futebol de Robôs por Simulação vem crescendo a cada ano. Além disso, a partir da parceria firmada com o CIO-SE em 2016, o campeonato passará a contar com edições anuais, e os preparativos para a quarta edição já estão em curso. Porém, mais importante que isso é a reação dos participantes durante a competição. Apesar dos jogos serem realizados em um simulador, alunos, professores e os demais presentes torcem como se estivessem assistindo um jogo de futebol de verdade. Da mesma forma, os professores que acompanham as equipes têm relatado que os seus estudantes se preparam para a competição com muita empolgação, e alguns até mencionaram o interesse em realizar eventos internos, no âmbito de suas respectivas escolas.

A experiência também já foi replicada no CEFET-RJ, só que lá ocorreu no formato de um minicurso com duração de 8 horas, durante a realização da semana de extensão. No primeiro dia do minicurso foi feita uma apresentação geral sobre robótica, futebol de robôs e o simulador. O segundo dia do minicurso foi dedicado à programação em Lingo. Finalmente, no terceiro dia, os participantes do minicurso se dividiram em duplas que disputaram um campeonato, como forma de finalizar o evento. Esse minicurso já foi realizado em duas ocasiões e, em ambos os casos, tem despertado muito interesse entre os participantes.

A participação ainda tímida das escolas públicas, um dos objetivos principais, está sendo analisada, e ainda não foi possível identificar claramente as razões pelas quais isto está ocorrendo. Outra questão ainda a ser respondida é como a participação dos alunos no campeonato de futebol de robôs por simulação impacta no rendimento escolar deles.

5. Considerações Finais

O Campeonato Sergipano de Futebol de Robôs por Simulação, criado em 2010 como uma alternativa local à OBR para difundir a robótica e atrair jovens e adolescentes para carreiras tecnológicas em Sergipe, vem crescendo a cada nova edição.

Com a formalização do apoio do CIO-SE à realização do evento, ele passará a ocorrer anualmente a partir de 2017. Além disso, será possível investir mais na sua estruturação, visando a manutenção do seu ritmo de crescimento.

Espera-se, em breve, que seja possível criar uma forma simples de portar os códigos escritos em Lingo das equipes finalistas para que eles possam ser utilizados no controle do time de futebol de robôs da categoria IEEE *Very Small* do GPR-UFS, os Caboclinhos, que em 2016 conquistou o campeonato latino-americano na edição da CBR-LARC realizada em Recife. Isso deverá atrair ainda mais a atenção da mídia, que desde a segunda edição vem cobrindo os Campeonatos Sergipanos de Futebol de Robôs por Simulação, inclusive dando espaço em seus telejornais locais. Com isso, espera-se que o campeonato tenha cada vez mais visibilidade, atraindo cada vez mais escolas e estudantes.

Além disso, deverão ser temas de trabalhos futuros questões ainda em aberto, como as razões pelas quais a adesão das escolas públicas ao campeonato ainda é tímida, e a análise de como a participação no campeonato afeta o desempenho escolar dos estudantes envolvidos.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer à FAPITEC-SE e ao CIO-SE pelo apoio que vem sendo dado à realização do Campeonato Sergipano de Futebol de Robôs.

Referências

Mackworth, A. K. (1993). On seeing robots. Computer Vision: System, Theory, and Applications (pp. 1-13).

Tu, K. Y. (2001). Design and implementation of a soccer robot with modularized control circuits. In Robot Soccer World Cup (pp. 459-464). Springer, Berlin, Heidelberg.

FIRA (2017), disponível em http://www.fira.net/contents/sub02/sub02_2.asp (acessado em 22/06/2017).

RoboCup (2017), disponível em http://www.robocup.org/a_brief_history_of_robocup (acessado em 25/06/2017).

RoboCup Brasil (2017), disponível em http://robocup.org.br/historico_brasil.php (acessado em 30/06/2017).

OBR (2017), disponível em http://www.obr.org.br/o-que-e-a-obr/ (acessado em 30/06/2017).

SIMUROSOT (2017), disponível em http://www.fira.net/contents/sub03/sub03_7.asp (acessado em 01/07/2017).

Carelli, R., Secchi, H., & Mut, V. (1999). Algorithms for stable control of mobile robots with obstacle avoidance. Latin American Applied Research, 29(3/4), 191-196.

Caboclinhos: Projeto Aberto do Time de Futebol de Robôs da Universidade Federal de Sergipe

Matheus C. Santos, Phillipe C. Santos, Samuel O. C. Santos, Elyson Á. N. Carvalho, Eduardo O. Freire, Lucas Molina e Gilmar Nunes

[1]Grupo de Pesquisa em Robotica da UFS (GPR-UFS)
Departamento de Engenharia Eletrica, Universidade Federal de Sergipe
Av. Marechal Rondon s/n, CEP:490100-000.

matheuscs@dcomp.ufs.br; phillipe.santos@ee.ufcg.edu.br;
samuelconcercio@gmail.com; ecarvalho@ufs.br; efreire@ufs; lmolina@ufs.br;
jgncfilho@gmail.com.

Abstract. *This work presents the project of the Caboclinhos robot soccer team team, current Latin American robot soccer champion in the IEEE Very Small Size category. The team was developed so that it can be produced with low cost, easy construction and accessible materials. Moreover, the entire project was provided online for free, including video classes explaining how to develop the project step by step. This project aims to give other teams the opportunity to enter the competition, helping them to overcome difficulties that the Caboclinhos team found to build their own team, and then, to disseminate and popularize more and more the robot soccer and consequently the robotics. Furthermore, the project aims to show how robot soccer can have a positive impact on the training of new engineers, and even high school students, since designed robots need not be used only for robot soccer.*

Resumo. *Este trabalho apresenta o projeto do time de futebol de robôs da equipe Caboclinhos, atual campeã latino-america de futebol de robôs na categoria IEEE Very Small Size. O time foi desenvolvido de modo que pudesse ser produzido a baixo custo e facilmente construído com materiais acessíveis. Além disso, o projeto foi todo disponibilizado de forma online gratuitamente, inclusive com videoaulas que explicam como realizar o projeto passo a passo. Esse projeto tem como objetivo dar a possibilidade de outras equipes entrarem na competição, ajudando-as a transpor dificuldades que a própria equipe Caboclinhos encontrou para construir o time, e com isso, popularizar cada vez mais o futebol de robôs e consequentemente a robótica. Além disso, o projeto visa mostrar como o futebol de robôs pode ter impacto positivo na formação de novos engenheiros, e até mesmo de alunos de ensino médio, já que os robôs projetados não precisam ser usados apenas para futebol de robôs.*

1. Introdução

Atualmente a robótica é uma das principais áreas de destaque no mundo científico, de forma que a mesma abrange diversas áreas de conhecimento, como eletrônica, programação e mecânica. Com o desenvolvimento da robótica, os robôs

estão sendo utilizados cada vez para atividades exaustivas, onde algumas vezes era impossível realizar a tarefa sugerida com apenas um robô.

Observando essa dificuldade, o uso de vários robôs atuando simultaneamente em uma tarefa se tornou necessário e caracterizou uma nova linha de pesquisa dentro da robótica, a área de múltiplos robôs [Arai e Ota 1992]. O grande interesse nesse estudo é a capacidade de cooperação entre os robôs, que garante robustez, eficiência e segurança na conclusão das tarefas.

Paralelamente, o interesse público em áreas da ciência comumente anda em conjunto com o entretenimento. De certa forma isso não seria diferente com a robótica, em que o uso de robôs em filmes e livros de ficção científica provoca no imaginário popular a reprodução de cenários cotidianos por robôs, como por exemplo, a prática de um esporte. Nesse quesito o futebol possui um papel essencial pelo fato de ser considerado uma paixão mundial. Logo, a união entre futebol e robôs é algo que desperta e atrai a atenção da comunidade pública para a ciência.

Além do grande potencial de entretenimento e atração para a ciência, o futebol de robôs é na sua essência uma plataforma de pesquisa para a área de múltiplos robôs, uma vez que os robôs devem agir de forma cooperativa em relação aos robôs do próprio time e ainda de forma competitiva em relação aos robôs do time adversário. Com isso, vários aspectos da linha de pesquisa de múltiplos robôs podem ser utilizados, como navegação em formação, definição de estratégias globais, planejamento de movimento e tomada de decisões para cada robô [Kim et al. 1997].

Uma das competições que fomenta esse meio competitivo é a Latin American Robotics Competition (LARC), realizada desde 2003. Nesta competição uma das categorias mais procuradas é a IEEE Very Small Size (VSS), devido ao baixo custo atribuído ao projeto de construção do time. A competição tem recebido uma boa aceitação por parte dos times envolvidos ao longo das edições, tornando-se assim uma competição de importância considerável e obtendo uma alta visibilidade.

No entanto, o desenvolvimento de um time não é um projeto simples, pois mesmo com dedicação, esforço e dinheiro, o projeto pode não ser concluído a tempo da competição ou mesmo abandonado devido às dificuldades técnicas encontradas. Assim são comuns os casos de equipes que chegam inclusive à competição, mas seus robôs não funcionam por diversos tipos de problemas, como problemas de calibração ou ajustes de parâmetros.

Dessa forma, propor uma plataforma já funcional para que novos times não tenham todo esse problema, não compromete o objetivo com a educação e ainda previne a frustração de não conseguir realizar a tarefa.

Visando justamente evitar a dificuldade inicial de projeto, cobrir questões educacionais de estímulo a ciência, e possibilitar a participação de novas equipes nos campeonatos, os pesquisadores do Grupo de Pesquisa em Robótica da UFS (GPR-UFS) desenvolveram uma plataforma para a categoria VSS de baixo custo e fácil replicação. Então, toda parte de eletrônica, comunicação, construção do robô, sistema de controle, sistema de visão e estratégia utilizada na competição está disponível online gratuitamente. Desta forma, grupos iniciantes (ou mesmo os mais avançados) podem implementar um time funcional de fácil construção e com custo baixo. Além disso,

alterações podem ser feitas em qualquer etapa do desenvolvimento do time, de modo agregar novas funcionalidades e melhorias.

Este artigo está dividido da seguinte forma: na seção 2 é apresentado todo o funcionamento de um sistema de futebol de robôs, voltado para a categoria IEEE Very Small Size (VSS), categoria na qual o projeto se enquadra; na seção 3 é apresentada a ideia do projeto aberto da equipe Caboclinhos; na seção 4 são apresentados os resultados obtidos com esse projeto; e por fim, na seção 5 são apresentadas as conclusões e as possíveis propostas de trabalhos futuros.

2. Futebol de robôs

O futebol de robôs, enquanto linha de pesquisa, representa uma área desafiadora por seu caráter multidisciplinar e ambiente dinâmico e de elevada complexidade. Por outro lado, a junção do futebol, um dos esportes mais praticados do mundo, e da robótica, presente no imaginário popular há décadas, faz do futebol de robôs uma ferramenta extremamente poderosa para motivar adolescentes e jovens a estudar conceitos de matemática, física e engenharia.

Existem várias categorias diferentes no futebol de robôs, dentre elas, uma das categorias mais populares na América Latina é a IEEE Very Small Size Soccer, devido ao seu baixo custo em relação às demais. Nessa categoria, as partidas são disputadas entre dois times, cada qual formado por três robôs, sendo que cada robô deve ser construído de modo a caber em um cubo com aresta de 7,5 cm.

O controle dos robôs deve ser feito remotamente por um computador, sem intervenção humana. Para que isso seja possível, o primeiro passo é saber a localização dos robôs e da bola no campo. Esta etapa é realizada através de um sistema de visão computacional a partir de imagens adquiridas por uma câmera suspensa acima do campo. Um esquemático da estrutura de uma partida de futebol de robôs da categoria VSS pode ser vista na figura 1.

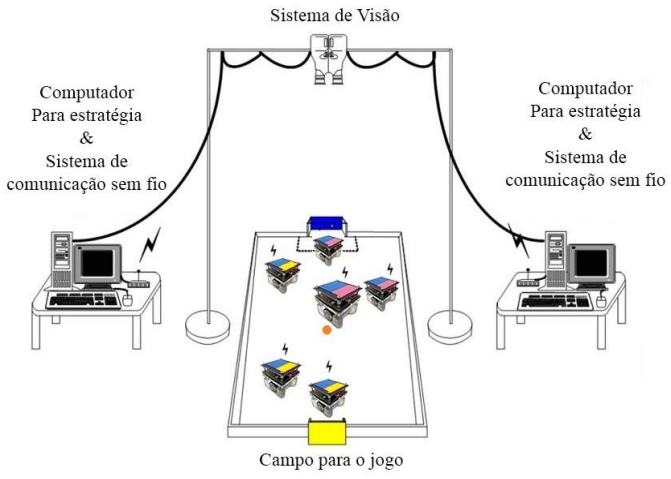


Figura 1. Esquemático da estrutura de uma partida de futebol de robôs da categoria VSS. Figura baseada em [Kim et al. 1997].

O processamento de imagens é feito com base em cores, sendo que a bola deve ser laranja e todos os robôs devem possuir etiquetas de identificação coloridas. Nesta etiqueta, que deve possuir duas cores, uma cor indica o time ao qual o robô pertence e a outra identifica qual o robô dentre os três integrantes do time. Os jogos ocorrem em um campo medindo 150 cm x 130 cm e de cor preta fosca, a fim de facilitar o processamento de imagens.

Uma vez determinada a localização dos robôs e da bola dentro do campo, o passo seguinte consiste no desenvolvimento da programação de uma estratégia de movimentação dos robôs, de modo que os mesmos possam agir de forma autônoma com base nas mais diversas situações do jogo. Tanto a estratégia de jogo quanto o sistema de visão computacional devem ser processados no computador, gerando como resultado final comandos de velocidade das rodas de cada robô. Esses comandos, por sua vez, são enviados através de um sistema de rádio para que os robôs possam executar as ações tomadas pela estratégia.

Sendo assim, pode-se perceber que o desenvolvimento de um time futebol de robôs para categoria *IEEE Very Small Size Soccer* pode ser dividido basicamente nas seguintes frentes de trabalho: a construção do robô, constituída tanto da parte mecânica quanto da eletrônica responsável pelo controle do robô; o sistema de visão computacional; a estratégia de jogo e o sistema de comunicação entre o computador e os robôs.

No entanto, o desenvolvimento de um time não é um projeto simples, o que faz com que várias equipes, mesmo investindo muito tempo e esforço nessa área de pesquisa, acabem não conseguindo concluir seus times a ponto de participar das competições. Na LARC de 2016, por exemplo, das 25 equipes que participaram da competição, em torno de 10 equipes apresentaram problemas técnicos nos seus robôs. Inclusive, um dos finalistas jogou boa parte da final com apenas dois robôs.

Por esses motivos, o Grupo de Pesquisa em Robótica da UFS decidiu investir na idealização de um time de futebol de robôs que fosse de fácil reprodução, com o menor custo possível, mas que ainda assim fosse competitivo. A ideia por trás disso era fazer com que, ao seguir este projeto, qualquer grupo de estudantes possa replicar o trabalho sem precisar de máquinas como fresas ou prototipadoras, facilitando, assim, a popularização do futebol de robôs no país. O time foi denominado Caboclinhos em homenagem à manifestação folclórica homônima, típica do estado de Sergipe e o projeto do mesmo é apresentado na próxima seção.

3. Caboclinhos: Projeto aberto

O projeto do time Caboclinhos foi desenvolvido de modo que todas as suas etapas pudessem ser documentas e facilmente replicadas por outras equipes ou pessoas interessadas em utilizar um sistema com robôs como plataforma de ensino ou pesquisa. Esse projeto pode ser basicamente dividido nas seguintes etapas: construção mecânica do robô, projeto eletrônico, visão computacional e estratégia de jogo. Cada uma dessas

etapas é apresentada nas subseções seguintes e mais detalhes podem ser encontrados no site[1] do grupo em forma de documentos e videoaulas.

3.1. Construção mecânica

Os jogadores do time Caboclinhos foram construídos utilizando como material base: acrílico, motores e componentes eletrônicos que podem ser obtidos de forma relativamente fácil, e a baixo custo, na internet.

A estrutura do robô é feita com base em placas de acrílico conectadas por parafusos, porcas e arruelas. Estas placas podem ser encomendadas facilmente em empresas que trabalham com corte de acrílico, sendo que o projeto de cada uma das placas é disponibilizado de forma detalhada como apresentado na figura 2.

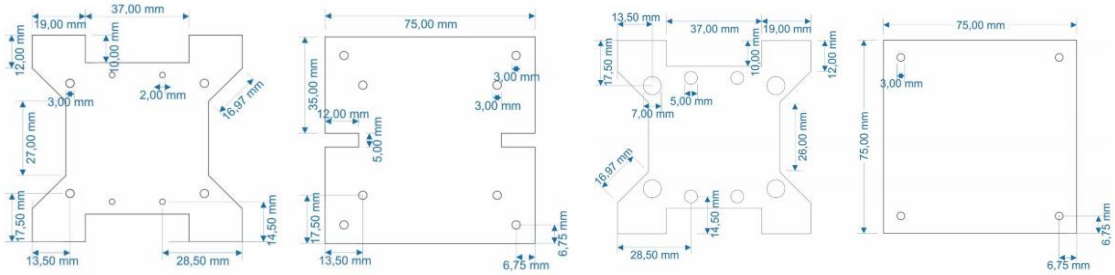


Figura 2. Dimensões das peças de acrílico para a construção de um robô

Após a montagem da estrutura, as rodas podem ser facilmente fixadas juntamente com os motores e a bateria de maneira que o robô ainda possua uma base para fixação da placa eletrônica que controla o mesmo. A imagem de um robô da equipe pode ser vista na figura 3.

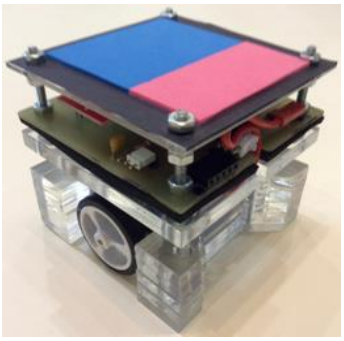


Figura 3. Robô da equipe Caboclinhos

É importante destacar que a estrutura proposta e disponibilizada pelos Caboclinhos não é limitada a aplicações voltadas apenas ao futebol de robôs, podendo ser também utilizada como plataforma de ensino e de pesquisas na área de navegação. Em trabalhos futuros, a equipe ainda pretende instrumentar o robô com sensores e atuadores a fim de ampliar as possibilidades de utilização do robô como plataforma de ensino.

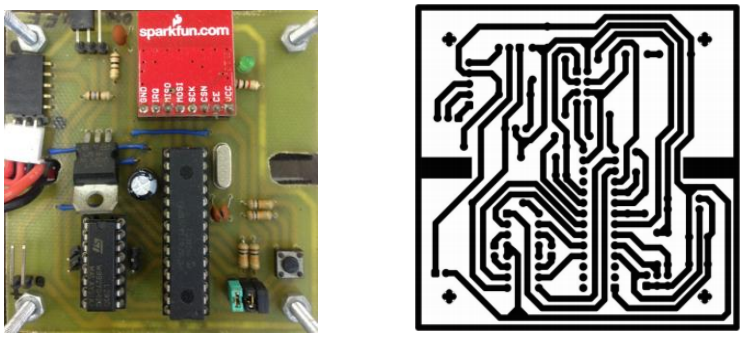
[1] http://gprufs.org/#

3.2. Eletrônica

A eletrônica do robô é a parte responsável por receber as informações do computador e transformá-las em sinais de tensão para realizar o controle de velocidade das rodas. Nesse processo, as informações são recebidas pelo robô através de um rádio modelo NRF24L01+. As informações são então processadas por um microcontrolador PIC 16F873A, que gera sinais de PWM para controlar os motores através de uma ponte H L293D.

A alimentação de cada robô foi feita utilizando baterias de polímero de lítio de duas células, com capacidade de 900 mAh e tensão nominal de 7,4 V, sendo 3,7 V por cada célula. Além disso, utilizou-se um regulador LM317, com saída nominal de 3,3V, que foi a tensão lógica utilizada no projeto.

O projeto eletrônico é montado em uma placa de circuito impresso, na qual o *layout* foi desenvolvido de forma a possibilitar a confecção da placa de forma manual, sem a necessidade de máquinas. Todos os componentes utilizados, bem como o *layout* da placa em tamanho real estão disponíveis no site da equipe. Uma imagem da placa finalizada e o seu respectivo *layout* são apresentadas na figura 4.



(a) (b)

Figura 4. Projeto da eletrônica do robô: (a) Placa finalizada; (b) *Layout* para confecção da placa

Embora o objetivo principal desta placa seja o controle do robô, o fato de todos os detalhes de construção da mesma estarem disponíveis, inclusive os códigos do PIC, permite que este projeto seja utilizado para vários fins didáticos, tais como, ensino de confecção de placas e de disciplinas como eletrônica e microcontroladores de forma prática.

3.3. Visão computacional

O sistema de visão computacional tem como base a captura de imagens obtidas por uma webcam com comunicação USB posicionada acima do campo de jogo e é responsável pela localização da bola e dos robôs durante o jogo. Um bom sistema é muito importante para o bom funcionamento do time e ele pode ser desenvolvido a partir de várias técnicas diferentes. Por isso, essa é uma área de pesquisa muito comum, sendo possível encontrar vários trabalhos que aplicam técnicas de processamento de imagens no desenvolvimento de sistemas de visão para o futebol de robôs.

No time dos Caboclinhos, o sistema de visão computacional já foi tema de trabalhos com bolsa de iniciação científica e foi desenvolvido com base em técnicas de segmentação e agrupamento de cores. Na figura 5 é apresentado um exemplo da aplicação das técnicas para a cor azul.

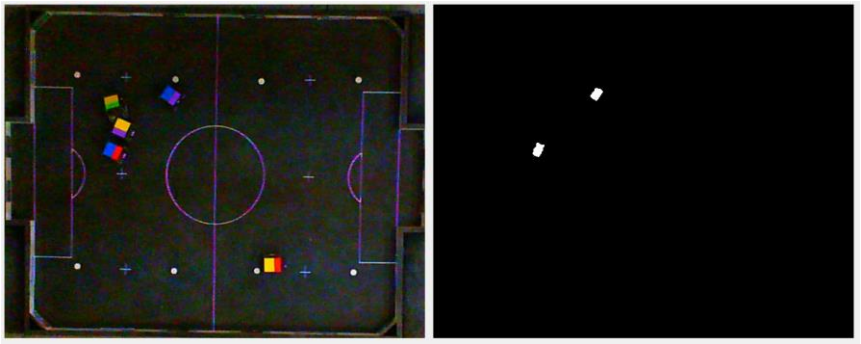


Figura 5. Sistema de visão computacional aplicado à cor azul

O *software* para o sistema de visão também é disponibilizado no site do grupo com código aberto para que outras equipes possam inclusive melhorá-lo

3.4. Estratégia de jogo

A última etapa no desenvolvimento de um time de futebol de robôs é a estratégia, que é responsável pela forma como cada robô vai agir nas várias situações que podem ocorrem durante o jogo.

A estratégia de jogo deve ser desenvolvida de modo que os robôs do mesmo time ajam de forma cooperativa e ainda de forma competitiva em relação aos robôs da equipe adversária. Por este motivo, o desenvolvimento de estratégias é considerado como um problema clássico de pesquisa com múltiplos robôs, sendo possível encontrar diversos trabalhos que aplicam as mais variadas técnicas, por exemplo, com utilização de redes neurais, planejamento online de trajetórias, campos potenciais, dentre outras [Nadarajah and Sundaraj 2013]. A equipe Caboclinhos, desenvolveu um sistema de estratégia baseado na teoria de sistemas a eventos discretos, o qual foi publicado em um congresso latino americano [Cardoso et al. 2012].

Uma estratégia base, contemplando técnicas de controle e com código aberto é disponibilizado pela equipe no site do grupo de pesquisa de modo a facilitar o desenvolvimento inicial de uma estratégia de jogo. Com esse código base, torna-se possível ainda a utilização do sistema como plataforma de ensino de programação.

Os resultados já obtidos pela equipe com o projeto aberto, tanto dentro quanto fora de campo são apresentados na próxima seção.

4. Resultados

Com o projeto aberto e desenvolvido com materiais de baixo custo, o grupo de pesquisa em robótica da UFS (GPR-UFS) participou da competição latino-americana de futebol de robôs nos anos de 2015 e 2016 através da equipe Caboclinhos. Já na sua primeira participação, a equipe alcançou o terceiro lugar na competição na cidade de Uberlândia-MG, tornando-se campeã no ano seguinte na cidade de Recife-PE.

No ano de 2015, 43% dos alunos do GPR-UFS participaram da criação da plataforma caboclinhos. Já em 2016, ano em que a equipe tornou-se campeã, 67% dos alunos do grupo participaram do aprimoramento da equipe caboclinhos. Em 2017, 81% dos alunos do GPR-UFS demonstraram interesse em aprimorar o projeto de futebol de robôs e atualmente estão investigando possíveis melhorias a serem integradas a equipe.

Outro dado importante a ser analisado é a adesão dos alunos que ingressaram há pouco tempo no grupo. Nos anos de 2015 e 2017 aconteceu a seleção de novos alunos, em sua maioria cursando o 2º ou 3º período, para o GPR-UFS. Em 2015 foram selecionado 12 alunos, dos quais 5 demonstraram interesse em participar da construção da equipe. Já no ano de 2017, foram selecionados 6 alunos, sendo que, desta vez apenas 1 aluno não declarou interesse em participar do estudo de novas técnicas para aprimoramento da equipe.

Diante disso, é possível notar que o futebol de robôs foi uma ferramenta importante para a popularização das pesquisas com múltiplos robôs e da robótica em geral dentro da Universidade Federal de Sergipe. Sendo assim, o projeto aberto e de baixo custo proposto pela equipe Caboclinhos tem o poder de popularizar ainda mais a categoria ao facilitar a entrada de novas equipes na competição.

A popularização do projeto já pode ser identificado ao se analisar a quantidade de visualizações das videoaulas disponibilizadas pela equipe no YouTube, que já totalizam mais de 2000. Na tabela 1 é possível ver o título dos vídeos e suas respectivas quantidades de visualizações.

Tabela 1. Número de visualizações nos vídeos da equipe caboclinhos no YouTube

Título do Vídeo	Visualizações
Mecânica do Robô	810
Eletrônica do Robô	417
Confecção das Placas	309
Calibração do Sistema de Visão	246
Sistema de Visão e Seleção da Estratégia	173
Programação da Estratégia	200

A criação de um time para o futebol de robôs é uma tarefa muito complicada, principalmente para elaboração e montagem da parte mecânica e eletrônica do robô. Sendo assim, o processo de montagem de robô demora a ser finalizado. Por este motivo, pode-se perceber uma maior quantidade de visualizações no vídeo da mecânica do robô, com mais de 800 visualizações, de modo que outras ainda se encontram no processo incial de replicação do projeto.

Em segundo lugar aparece o desenvolvimento da eletrônica do robô, com mais de 400 visualizações. Nesta categoria, existe uma grande dificuldade no projeto eletrônico que é o limite da placa que deve caber em um quadrado de 7,5cm de lado.

Apesar da menor quantidade de visualizações nos outros vídeos, eles têm uma quantidade expressiva de visualizações, o que evidencia a influência do projeto caboclinhos em outras instituições de ensino.

5. Conclusão

A plataforma de futebol de robôs Caboclinhos foi desenvolvida com o objetivo popularizar o futebol de robôs através de um projeto aberto de baixo custo, fácil construção e com materiais acessíveis, permitindo assim a participação de outras equipes e consequentemente um maior número de alunos envolvidos com as várias áreas de pesquisa que o futebol de robô engloba.

No que diz respeito ao projeto disponibilizado, os resultados obtidos pela equipe demonstram que o projeto é bastante competitivo, mesmo tendo sido desenvolvido com materiais de baixo custo, uma vez que a equipe obteve uma terceira colocação na sua primeira participação e sagrou-se campeã na edição seguinte. Dessa forma, qualquer equipe pode ingressar na competição já de forma competitiva.

Por este motivo e pela grande dificuldade de se desenvolver um time de futebol de robôs, as videoaulas disponibilizadas no Youtube pela equipe Caboblinhos já apresentam grande quantidade de acessos, o que mostra que o projeto vem alcançando o objetivo de popularizar o futebol de robôs e consequentemente todas as áreas de estudo que essa linha de pesquisa engloba.

Dessa forma, pode-se perceber que a disponibilização de um projeto aberto de baixo custo, fácil construção e com materiais acessíveis em uma área de grande interesse que une robótica e futebol, pode possuir um impacto positivo na popularização dessa ciência e consequentemente na formação de vários profissionais.

Dentro do grupo de pesquisa em robótica da UFS, o projeto dos Caboclinhos já contribuiu ou contribui com a formação de cerca de 15 alunos que tiveram a possibilidade de participar do desenvolvimento da equipe, sendo a maioria deles estudantes que estão nos períodos iniciais de cursos de engenharia. Com a divulgação do projeto, a contribuição já se estende para a formação de alunos de outras instituições e espera-se que continue alcançando um número cada vez maior de pessoas.

Referências

[Kim et al. 1997] Kim, J. H., Shim, H. S., Kim, H. S., Jung, M. J., & Vadakkepat, P. (1997, August). Action selection and strategies in robot soccer systems. In *Circuits and Systems, 1997. Proceedings of the 40th Midwest Symposium on* (Vol. 1, pp. 518-521). IEEE.

[Nadarajah and Sundaraj 2013] Nadarajah, S., & Sundaraj, K. (2013). A survey on team strategies in robot soccer: team strategies and role description. *Artificial Intelligence Review, 40*(3), 271-304.

[Cardoso et al. 2012] Cardoso, P., Molina, L., Freire, E. O., & Carvalho, E. A. (2012, October). A methodology to designing strategies for robot soccer based on discrete event systems formalism. In *Robotics Symposium and Latin American Robotics Symposium (SBR-LARS), 2012 Brazilian* (pp. 143-149). IEEE.

[Gomes et al. 2008] Gomes, M. C., Barone, D. A. C., & Olivo, U. (2008, November). Kickrobot: Inclusão digital através da robótica em escolas públicas do rio grande do sul. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)* (Vol. 1, No. 1, pp. 410-419).

[Johnson 2003] Johnson, J. (2003). Children, robotics, and education. *Artificial Life and Robotics*, *7*(1), 16-21.

[Ribeiro et al. 2011] Ribeiro, C. R., Coutinho, C. P., & Costa, M. F. (2011). A robótica educativa como ferramenta pedagógica na resolução de problemas de matemática no ensino básico. In *6ª Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação (CISTI 2011)* (pp. 440-445). AISTI.

[Santos and Menezes 2005] Santos, C. F., & de Menezes, C. S. (2005, January). A Aprendizagem da Física no Ensino Fundamental em um Ambiente de Robótica Educacional. In *Anais do Workshop de Informática na Escola* (Vol. 1, No. 1).

[Arai and Ota 1992] Arai, T., & Ota, J. (1992, July). Motion Pianning Of Multiple Mobile Robots. In *Intelligent Robots and Systems, 1992., Proceedings of the 1992 lEEE/RSJ International Conference on* (Vol. 3, pp. 1761-1768). IEEE.

Construção física de um experimento remoto para programação de um robô seguidor de linha

Leonardo Daros Santos[1], Rafael Saturno[1], Julia Elias Sala[1], Iuri Sônego Cardoso[1], Adilson Jair Cardoso[1]

[1] GRA – Grupo de Automação Aplicada
Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC)
Rodovia SC 443, 845, Criciúma – SC – Brasil.
{leonardo.ds, rafael.s8,julia.s30}@aluno.ifsc.edu.br,
{iuri.cardoso, adilson.jair}@ifsc.edu.br.

Resumo. *A robótica tem potencial para tornar-se uma ferramenta de auxílio no ensino e aprendizagem de diversas áreas, aliada a experimentos remotos que apresentam excelência em aprendizagem educacional. O objetivo do presente trabalho é demonstrar aspectos da construção física do experimento remoto de robótica RobôRex – um robô seguidor de linha – detalhando as soluções implementadas para que este suporte a experimentação remota, para as problemáticas de comunicação e envio de código sem fio, alimentação elétrica do robô e sistema de recarga de bateria. Realizou-se o levantamento de materiais utilizados e requisitos; desenvolveu-se a comunicação do sistema via bluetooth, a placa eletrônica de controle e a base de recarga.*

Abstract. *The robotics has the potential to become a tool for teaching and learning in a variety of areas, allied with remote experiments that excel in educational learning. The objective of the present work is to demonstrate aspects of the physical construction of the robotic remote experiment RobôRex - a line follower robot - detailing the implemented solutions so that it supports remote experimentation, for the problems of communication and sending of wireless code, power supply of the robot and battery recharging system. The survey of used materials and requirements was carried out; The system was developed through bluetooth, the electronic control board and the recharge base.*

1. Introdução

Laboratórios para o ensino de robótica são essenciais em instituições de ensino que possuem cursos nas áreas correlatas, como a mecatrônica. Da mesma forma, o ensino de lógica de programação pode dispor do auxilio das tecnologias de robótica na aplicação em processos de ensino e aprendizagem que podem ser utilizados em diferentes cursos e níveis de ensino. O estudo e utilização da robótica também se fazem presente em competições. No Brasil realiza-se anualmente a Olimpíada Brasileira de Robótica [OBR, 2017], e também a etapa brasileira da RoboCup [ROBOCUP BRASIL, 2012].

Instituições de ensino públicas e privadas, quando possuem atividades ligadas a esta área, podem promover aulas e oficinas de robótica, mas esta disponibilidade à comunidade é restrita a estas ocasiões. Estes materiais são caros – conforme levantamento anterior apresentado por Santos *et al* (2017), autores deste trabalho – e

sensíveis, logo devem ter acompanhamento de professores ou instrutores responsáveis. Sendo assim, a livre utilização deste recurso por estudantes e entusiastas pode ser problemática, na medida em que, há restrições de acesso às tecnologias de montagem e programação de robôs devido aos custos de compra de equipamentos desta área ser considerada inacessível a muitos.

Por outro lado, as Tecnologias da Informação e Comunicação facilitam o acesso a ferramentas de ensino, simuladores, jogos educacionais e experimentos remotos nos processos de ensino. Segundo dados do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, sabe-se que em outubro de 2015, cerca de 57,5% dos domicílios contavam com acesso à Internet. Também consta que, nas escolas que ofertam ensino médio, 82,7% disponibilizam laboratório de informática e que 94,5% possuem acesso à internet [INEP, 2016].

A rede mundial de computadores tem potencial para ser utilizada como uma importante ferramenta de auxílio no ensino. De acordo com Silva *et al* (2013), o uso expressivo dos dispositivos móveis altera o estilo de vida dos indivíduos mais jovens, estes se sentem acostumados em manter contato com novas tecnologias. Observa-se que, na falta de condições para uso das novas tecnologias educacionais, as aulas são realizadas no método tradicional de sala de aula com quadro/lousa e projeção de slides; utilizando-se aulas laboratoriais quando a instituição de ensino possui infraestrutura de laboratórios.

Nestes dois contextos apresentados, surge a oportunidade de implantar laboratórios de experimentação remota para a área de robótica como uma alternativa as práticas laboratoriais nos processos de ensino. Silva (2006, p. 123) compara um laboratório de experimentação remota a "um laboratório on-line para que se possam efetuar as práticas remotamente". Tecnologias da computação permitem que o usuário controle remotamente o experimento ou visualize-o por meio de computadores, *tablets*, *smartphones*, entre outros dispositivos computacionais. Nestas necessidades, a construção de um experimento remoto de robótica agrega uma ferramenta didático-pedagógica aplicável no ensino laboratorial de matemática, lógica de programação e programação de robôs; bem como, disciplinas abordadas em cursos técnicos das áreas de ciências exatas e engenharias, assim como descrito por Cross *et al* (2015).

O objetivo do presente trabalho é demonstrar aspectos da construção física do experimento remoto de robótica *RobôRex* detalhando-se as soluções implementadas para que este suporte a experimentação remota, para as problemáticas de comunicação e envio de código sem fio, alimentação elétrica do robô e sistema de recarga de bateria. O *RobôRex* tem como intuito permitir o experimentador programar um robô para cumprir tarefas como seguir uma linha e desviar de obstáculos; tarefas similares às realizadas em competições como a OBR.

2. Desenvolvimento

Para o desenvolvimento deste projeto, buscou-se o estado da arte do assunto em livros e artigos científicos para embasar o conhecimento teórico necessário para seu desenvolvimento; realizou-se a pesquisa exploratória analisando trabalhos nas áreas de eletroeletrônica e ciência da computação com exemplos para montagem do experimento

remoto; e a pesquisa aplicada buscando implementar o objeto de aprendizagem proposto pelo objetivo geral.

Para melhor visualização e compreensão da montagem e funcionamento do experimento remoto *RobôRex*, na Figura 1 apresenta-se o modelo lógico do experimento, elaborado com base nos requisitos do projeto detalhados na Subseção 2.1. O robô e seus componentes estão conectados ao sistema central de processamento e gerência do experimento equipado com um dispositivo microprocessado/computador, sendo que este pode ser um sistema embarcado como Raspberry Pi, Cubieboard, entre outros. No caso de ser um computador, é necessário utilizar portas digitais para o controle do carregador de baterias. Estas podem ser obtidas pela conexão USB de um Arduino ao computador, controlado pela porta serial.

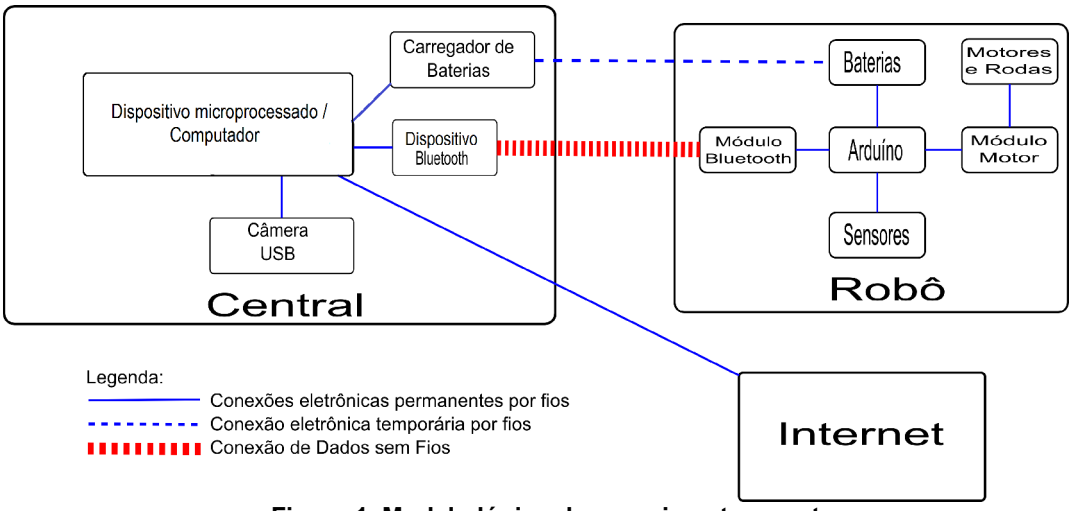


Figura 1. Modelo lógico do experimento remoto

O desenvolvimento do protótipo do *RobôRex* utiliza a arquitetura cliente-servidor. Suas etapas de desenvolvimento dividem-se em: (1) levantamento de materiais e requisitos, e elaboração do projeto lógico de funcionamento do experimento; (2) pesquisa, projeto, construção e testes do sistema de comunicação sem fios entre o robô e a central de experimentação remota, bem como do sistema de energia elétrica do robô; (3) desenvolvimento e testes da placa eletrônica de controle e integração dos sensores, comunicação sem fios, e sistema de energia; (4) construção e testes do sistema de recarga da bateria.

2.1 Levantamento de requisitos e materiais

Os requisitos do laboratório remoto proposto foram adotados dos definidos no trabalho de Johnston e Agarwal (1995), conforme citado por Silva (2006). Dentre estes se destacam: o usuário deve ter controle remoto e poder monitorar o experimento; controle de acesso, definição de usuários e os recursos do laboratório que estes podem acessar; gerir falhas; largura de banda suficiente para suprir as necessidades. Para levantar os requisitos necessários à construção do robô seguidor de linha, adaptando-o para suportar a experimentação remota, realizou-se uma pesquisa exploratória em acervos científicos buscando exemplos de construção do robô, e consultou-se regras e requisitos de competições como a OBR [OBR, 2017].

Desta forma, os requisitos e materiais elencados à construção são:

- O experimento deve ocupar pouco espaço no laboratório – elaborou-se a área do experimento remoto – pista contendo as linhas e os obstáculos – em MDF com dimensões de 1,4 m × 1,4 m.
- O robô deve ser pequeno (dada às limitações do tamanho da pista), ter chassis, motores e rodas resistentes que não gerem anomalias na cinemática do robô – optou-se pelo *Zumo Robot for Arduino, v1.2* [POLOLU, 2017], que apresentou-se com um ótimo custo-benefício, com dimensões pequenas, possuindo chassi; dois motores, quatro rodas e duas esteiras para locomoção; seis sensores de refletância luminosa, e outros sensores como giroscópio e acelerômetro; todos já conectados em uma *shield* para conexão com os pinos da placa do microcontrolador Arduino Uno R3, que por sua vez também é incluso no projeto
- A comunicação entre o robô e o servidor do experimento deve ser sem fios para que aconteça a troca de dados entre ambos (programação do robô, por exemplo) permitindo total mobilidade do primeiro – optou-se pelo módulo *bluetooth* modelo HC-05 para Arduino, que funciona no modelo mestre/escravo e comunica-se com outro dispositivo *bluetooth* do servidor do experimento por meio de um canal serial.
- Utilização de uma bateria recarregável de LiFe devido a sua capacidade de carga e ciclo de recargas elevados – optou-se pelo modelo LifeSource 1300mA/6.6V, com o carregador de baterias modelo Skyrc E4.
- O robô deve detectar as linhas na pista, o qual deve seguir, e os obstáculos físicos presentes nas direções para o onde o robô pode se locomover, o qual deve desviar – utilizou-se os sensores de refletância luminosa presentes no *Zumo Robot* e dois sensores de distância ultrassônicos modelo HC-SR04, um para detectar os obstáculos frontais e o outro para detectar os obstáculos que estão atrás.
- Por questões de economia de energia e preservação da vida útil da bateria, os circuitos do robô devem ser desligados durante a recarga de bateria – um relé foi implantado para desligar o sistema elétrico quando o robô estiver conectado na base de recarga (Subseção 2.5)

Uma placa eletrônica (Subseção 2.4) foi construída para acomodar a conexão destes componentes. Alguns outros materiais foram utilizados na construção, como fontes de alimentação e outros componentes eletrônicos (relés, LED, resistores etc.).

2.2 Comunicação *Bluetooth*

Com a necessidade de uma comunicação sem fio entre o robô e servidor do experimento, de modo a possibilitar enviar programações diferentes a cada experimentação, optou-se pela comunicação *bluetooth*. Configurou-se por meio de comandos AT do módulo *bluetooth* HC-05, para este operar de modo escravo, e para a velocidade de comunicação (*baudrate*) de 115200 ser a mesma do envio de código (*sketch*) do Arduino Uno. Para fazer-se esta configuração, carregou-se o Arduino Uno previamente com o algoritmo apresentado no passo três do trabalho de Newell (2014), e montou-se o esquema de configuração do módulo HC-05(Figura 2.a).

Para que o modulo possa entrar em modo configuração, observou-se que o modelo utilizado possui um botão o qual ao manter-se pressionado por volta de cinco segundos, combinado com a programação prévia no Arduino, aciona o modo configuração. Com a serial da IDE Arduino, pode-se enviar os comandos AT e configurar o módulo, na sequência demonstrada na Tabela 1. [TECHBITAR, 2011]

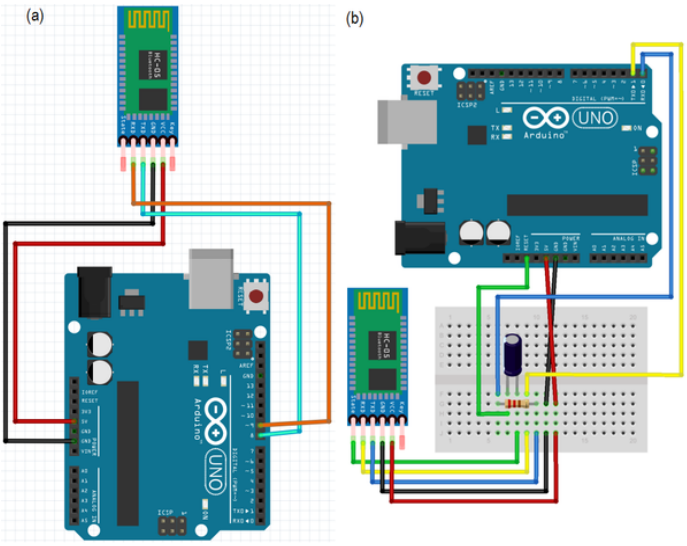


Figura 2. Montagens *Bluetooth* (a) configuração [Os Autores, 2017] (b) funcionamento [MANSURKANSUR, 2016].

Tabela 1. Comandos de configuração do módulo *Bluetooth* HC-05.

Comando	Funcionalidade
AT+ORGL	Redefine as configurações aos padrões de fabrica;
AT+ROLE=0	Define o modulo para escravo;
AT_POLAR=1,0	"1" define o PI08 em alto, "0" define o PI09 em baixo;
AT+UART= 115200, 0, 0	Define baudrate para 115200.
AT+ INIT	Inicializa as novas configurações.

Observou-se que o Arduino Uno R3 realiza o reset automático ao receber um novo programa quando a comunicação é feita por cabo USB. Ao realizar o envio do programa por comunicação sem fio, o módulo *bluetooth* não possui nativamente este recurso. Para resolver este problema, conforme o esquemático de funcionamento (Figura 2.b), colocou-se um capacitor de 1uF ligado na porta do *state* do módulo *bluetooth* e ligado a porta reset do Arduino, de tal maneira que, a cada envio o capacitor impõe a realização do reset da placa. Também é necessário um resistor de 100Ohm conectado a porta TX do modulo *bluetooth*, a conexão deste se dá ao fato de que o modulo *bluetooth* opera em 3.3V e a porta Arduino fornece 5V. O esquema da Figura 2.b foi inserido na placa construída (Subseção 2.4).

2.3 Alimentação elétrica do robô

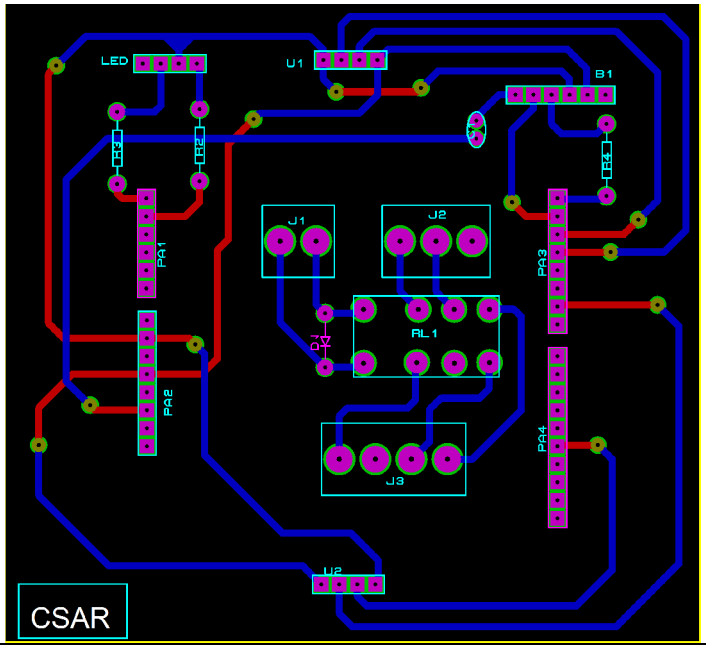
O sistema robótico é alimentado por uma bateria do tipo LiFe (citado na Subseção 2.1). De acordo com o manual da bateria, o nível de tensão não pode baixar de cinco volts; e caso submetido a essa situação a mesma pode ser danificada. Mediante a isso, pode-se utilizar o divisor de tensão já disponível no próprio *Zumo Robot*, para monitorar a tensão por meio de uma porta analógica do Arduino.

Uma placa composta por molas foi construída e acoplada ao robô para que, nos momentos de recarga de bateria, ele estabeleça as conexões necessárias – contatos positivo, negativo e de balanceamento da bateria – com a base de recarregamento –

também chamada de *pitstop*. Esta placa também possui, em forma de molas, os contatos de alimentação do relé responsável por desligar o sistema: um para o polo positivo e outra para o polo negativo da fonte. Este subsistema é alimentado por uma fonte de energia externa a qual está acoplada ao *pitstop*. Optou-se pela utilização de molas, pois, ao se tratar de um robô seguidor de linha, há variação na precisão de posicionamento, podendo causar falhas de conexão caso os conectores não possam sofrer compressão.

2.4 Placa eletrônica de controle

O projeto da placa eletrônica de controle desenvolvida é apresentado na Figura 3. Foi criada e testada no *software* Proteus versão 8.0 Professional. A PCB (*Printed circuit board*), foi prototipada em uma CNC Plotter para PCB modelo *Protomat s63*. A inserção e soldagem dos componentes eletrônicos foram feitas de forma manual.



LEGENDA PCB: B1 – Módulo *bluetooth* HC-05; U1 – Sensor Ultrassônico frontal; U2 - Sensor Ultrassônico traseiro; LED – Led RGB; RL1 – Relé da bateria; PA1, PA2, PA3, PA4 – Conexão para portas Arduino; J1 – Borne de conexão para alimentação do relé; J2, J3 - Bornes de conexão dos contatos do relé; CSAR – Conexão sindal para alimentação do relé.

Figura 3. Projeto final da placa eletrônica de controle.

A placa eletrônica foi projetada como um *shield* para o Arduino, portanto, os conectores PA1, PA2, PA3 e PA4 representam conexões em barras de pinos do tipo *fêmea*, e são conectadas por *jumpers* do tipo *macho/macho* nas portas do Arduino disponíveis como extensão na *Zumo shield*. Foram utilizadas barras de pinos do tipo *fêmea* para conectar os sensores ultrassônicos, módulo *bluetooth* e o LED RGB.

O CSAR (Conector sindal de alimentação do relé), identificado na Figura 3, é responsável por conectar os contatos positivo e negativo das molas no borne J1 (alimentação da bobina do relé) no momento em que o *RobôRex* estiver na base de recarga, e a fonte estiver fornecendo energia.

2.5 Sistema de recarga da bateria

O carregador e a fonte de alimentação do relé responsável por desligar o robô compõem o sistema de recarga demonstrado na Figura 4. Por ser um projeto de nível autônomo, as fontes de energia se mantém conectadas em rede 220 VCA (Tensão em corrente alternada) e a placas de relés. Estes, que devem ser controlados pela Central do experimento remoto, são responsáveis por chavear as fontes de alimentação. Assim, quando o robô estiver no ato da recarga, pode-se ter controle *on-off* do carregador e da energia do robô. As linhas verdes representam os fios de controle dos relés.

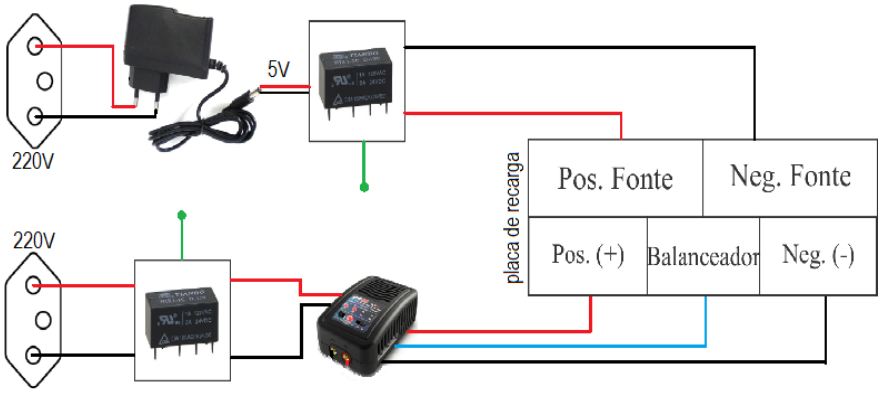


Figura 4. Diagrama de montagem do sistema de recarga da bateria.

Os contatos positivos, negativos e de balanceamento do carregador de bateria, como também os da fonte foram conectados às placas de fenolite, sendo que as quais são responsáveis por fazer a conexão elétrica através das molas quando o robô estiver no *pitstop*. Ainda para solucionar o problema de inexatidão, a área de cada contato das placas foi construída de forma a serem maiores que a área de contato das molas.

3. Resultados

Como efeito de testes e validação do robô, foi constatado o correto funcionamento da compilação de código fonte Arduino e seu envio por meio de comunicação *bluetooth*. Estes testes foram realizados em microcomputadores utilizando a versão 1.6 do *software* Arduino IDE, por meio de portas de comunicação COM do sistema operacional Windows 7 Pro, criadas pelo driver de um dispositivo *dongle bluetooth* pareado ao módulo HC-05 do robô. O mesmo teste, obtendo-se sucesso no envio, também foi realizado em um notebook com mesma versão da Arduino IDE, por meio de portas COM do sistema operacional Windows 10 Home criadas pelo pareamento do *bluetooth* on-board do notebook com o módulo HC-05. Os códigos testados validaram também o papel principal do robô de seguimento de linhas.

Na Figura 5, observa-se a versão final do robô construído para o experimento *RobôRex* de forma detalhada, destacando-se a estrutura em níveis começando (de baixo para cima) do chassis com a Zumo shield, seguido pela placa Arduino, acima desta a bateria de LiFe e superiormente a placa eletrônica desenvolvida (Figura 5.a). Na frente do robô encontra-se o array de sensores de refletância, na sua traseira a placa de conexão temporária à base de recarga (Figura 5.b).

O sistema de recarga de baterias foi montado e testado. O sistema apresentou sucesso nos testes de conexão do robô, desligamento através do relé e inicio do processo

de recarga. Melhorias físicas no tamanho das molas e melhorias lógicas no algoritmo de posicionamento ainda podem ser realizadas.

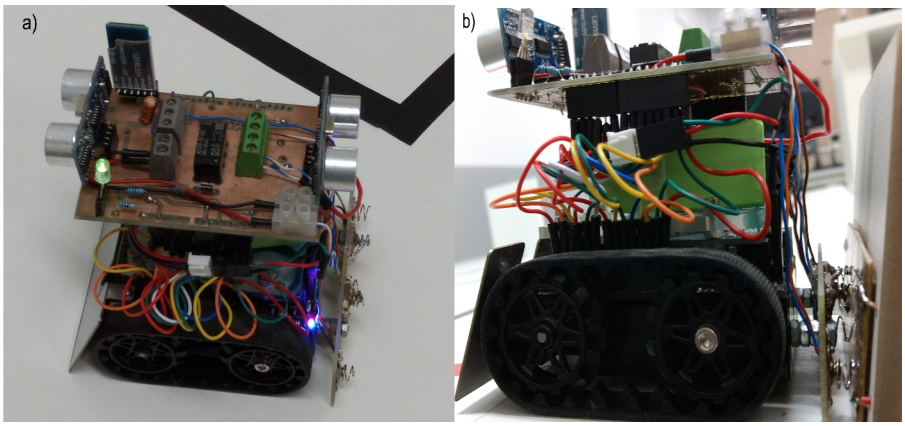


Figura 5. Ilustrações da versão final do robô do experimento.

4 Discussões

Para a operação do experimento remoto e seu uso na educação, necessita-se utilizar uma interface de uso amigável e facilmente utilizável. Por exemplo, aproximar o usuário em uma linguagem com nível mais alto, como as linguagens visuais. Há ferramentas como a biblioteca Blockly e a linguagem Scratch que disponibilizam formas interativas de construção de algoritmos por meio de blocos, que quando integrados a experimentos remotos possibilitam acesso de todos os usuários, de diferentes idades e níveis de formação com acesso a Internet, dispensando conhecimentos em eletrônica, mecânica e programação baixo nível.

Nesta pesquisa, iniciou-se e encontra-se em implementação a integração do hardware do experimento desenvolvido com o *software* do experimento remoto block.ino apresentado por Carlos *et al* (2016). Este apresenta uma interface de programação em blocos (biblioteca Blockly) que traduz a programação em código Arduino a ser experimentado remotamente. O *software* construído no block.ino é baseado na linguagem JavaScript no front-end e no back-end (Node.js). Para integração do block.ino com o robô do *RobôRex* necessita-se adaptar-se a geração de código Arduino para algumas funções definidas nas bibliotecas do robô *Zumo*. Também é necessária a adaptação do back-end do servidor para o envio de código via comunicação *bluetooth* substituindo a comunicação serial USB original. Observa-se que a integração com o block.ino fará o *RobôRex* suportar diversos requisitos da experimentação remota discutidos na Seção 2. Os próximos parágrafos discutem algumas questões que devem ser trabalhadas para garantir total autonomia do experimento remoto.

O robô deve possuir inteligência para impedir que o programa de usuário cause danos, como sua colisão em alta velocidade com paredes ou obstáculos do experimento, por exemplo. A central do experimento também deve ser capaz de detectar que a execução de determinada experimentação acabou (devido ao tempo limite por usuário, implementado pela fila de espera do servidor), comunicando-se com o robô e acionando um algoritmo para este retornar ao inicio do experimento para uma nova execução.

O robô deve ser capaz, por meio do circuito eletrônico de monitoramento da tensão da bateria, de detectar e avisar a central que a bateria necessita ser carregada, entrando em um modo de recarga onde este passa a executar um algoritmo seguidor de linhas (de cor vermelha, no caso do *RobôRex*), dirigindo-se ao *pitstop*. Ainda, a central de processamento deve estar em sincronia com o robô para que ela faça a gerência da recarga, verificando se o robô já está posicionado no *pitstop* para, então, desligá-lo e ligar o carregador de bateria; faça o controle do tempo necessário para a recarga, informando aos usuários do experimento que o robô está em período de automanutenção; faça o desligamento do carregador e o relé de proteção da bateria (ligando o robô), restabelecendo a comunicação *bluetooth* com o robô e reabilitando o uso do experimento remoto, ao término da recarga.

4.1 Trabalhos Correlatos

Como trabalhos correlatos, pode-se citar o de Heinen *et al* (2015), onde implementa-se uma interface de programação em blocos, baseada em Blockly, para controle de um robô equipado com Raspberry Pi. Este dispõe a página web de programação para experimentação somente em uma rede local limitada ao alcance do roteamento Wi-fi do Raspberry, não tratando-se de um experimento remoto com recarga de bateria automática e comunicação sem fio. Cruz *et al* (2009), apresentam um laboratório remoto para envio de comandos a um kit de robótica, no entanto o kit é conectado ao servidor via cabo serial e os autores não mencionam o controle da recarga da bateria do kit. Šafarič *et al* (2005), demonstram a implementação de um sistema de experimentação remota para controle de braços robóticos com uma arquitetura baseada em cliente-servidor. Há importantes relatos para o controle de hardware, porém não se encontra problemas com energia elétrica ou comunicação sem fio nesta abordagem

5. Considerações Finais

Os dados descritos neste trabalho possibilitam observar aspectos do processo de montagem física de um experimento remoto de robótica, contornando problemas com a comunicação e envio de código sem fio, e controle do carregamento de baterias. Mostram também que é possível construir um robô adaptando-o para ser experimentado remotamente, ampliando assim a sua usabilidade.

A ideia do experimento *RobôRex* é ser disponibilizado na Internet quando estiver operável. Por meio de parceria com o laboratório RExLab, este pode ser cadastrado na rede RExNet. Utilizando a hospedagem em um endereço web, podem-se realizar atividades de extensão e de divulgação do mesmo em instituições de ensino. Pretende-se utilizar este experimento, mesmo que localmente, para as aulas de programação dos cursos de Engenharia Mecatrônica e Técnico em Mecatrônica do IFSC Câmpus Criciúma. Pesquisas de usabilidade e aceitação do experimento remoto podem ser feitas por meio de parceria com professores de diferentes níveis de ensino e instituições.

6. Agradecimentos

O presente trabalho teve apoio e foi fomentado pelo Instituto Federal de Santa Catarina. O grupo RExLab da Universidade Federal de Santa Catarina disponibilizou ferramentas e apoio técnico.

Referências

Carlos, L. M. *et al* (2016). "block.ino: um experimento remoto para ensino de lógica de programação, robótica e eletroeletrônica básica". In Anais dos Workshops do V Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2016). DOI:10.5753/cbie.wcbie.2016.151.

Cross, J. L.; Hamner, E., Bartley, C., and Nourbakhsh, I. (2015). "Arts & bots: Application and outcomes of a secondary school robotics program". In Frontiers in Education Conference (FIE), 2015. 32614 2015. IEEE, pages 1–9.

Cruz, M. K *et al* (2009). "Controle de Kit de Robótica através de Laboratório Remoto pela Internet: uma Aplicação para a Formação Docente e para a Educação Básica". In Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (2009). ISSN: 2316-6533.

Heinen, E, *et al* (2015). "RASPIBLOCOS: Ambiente de Programação Didático Baseado em Raspberry Pi e Blockly". In Anais do XXVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2015). DOI: 10.5753/cbie.sbie.2015.567.

Inep. (2016). "Censo Escolar da Educação Básica 2016: Notas Estatísticas". <http://download.inep.gov.br/educacao_basica/censo_escolar/notas_estatisticas/2017/notas_estatisticas_censo_escolar_da_educacao_basica_2016.pdf>, Maio.

Mansurkamsur (2016). "Upload Sketch Arduino over Bluetooth using Android" https://create.arduino.cc/projecthub/mansurkamsur/upload-sketch-arduino-over-bluetooth-using-android-f1ce55?ref=search&ref_id=hc%2005&offset=1>. Junho.

Newell, J. (2014). "DIY Arduino Bluetooth Programming Shield". <http://makezine.com/projects/diy-arduino-bluetooth-programming-shield/>. Junho.

OBR (2017). "Olimpiada Brasileira de Robótica". <http://www.obr.org.br>. Junho.

Robocup Brasil. (2017) "Histórico: O nascimento da RoboCup Brasil", <http://www.robocup.org.br/historico_brasil.php>, Março.

Šafarič, R. *et al* (2005). "Control and robotics remote laboratory for engineering education". International Journal of Online Engineering(iJOE). Vol 1 No 1. 2005.

Santos, L. D. *et al* (2017). "Uma Análise de Custo-benefício entre Experimento Remoto e Laboratório Presencial na Programação de Robôs". In Anais do I Simpósio Ibero-Americano de Tecnologias Educacionais (SITED 2017). ISSN: 2594-388X.

Silva, J. B. " A utilização da experimentação remota como suporte para ambientes colaborativos de aprendizagem". 2006. 196f. Tese (Doutorado em Engenharia de Gestão do Conhecimento). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

Silva et al. "Uso de dispositivos móveis para acesso a Experimentos Remotos na Educação Básica". VAEP-RITA, v. 1, p. 129-134, 2013.

Techbitar (2011). "HC-03/05 Embedded Bluetooth Serial Communication Module: AT commandset".<http://www.techbitar.com/uploads/2/0/3/1/20316977/hc05_at_commands.pdf>. Maio.