

## ROBÓTICA EDUCACIONAL NO NÍVEL MÉDIO DE ENSINO: O CONCEITO DE SISTEMA NERVOSO CENTRAL

### *Pedagogical Robotic in High School: nervous system concept*

**Mara Cristina de Moraes Garcia** [mcmgcelestino@hotmail.com]

**Márlon Herbert Flora Barbosa Soares** [marlon@ufg.br]

*Universidade Federal de Goiás*

*Avenida Esperança, s/nº, Câmpus Samambaia, CEP 74.690-900*

*Recebido em: 30/01/2018*

*Aceito em: 09/08/2018*

### **Resumo**

A robótica educacional é uma ação pedagógica que utiliza a aprendizagem de conceitos científicos por parte dos alunos através da interação com um robô de maneira colaborativa. Neste trabalho, elaboramos e desenvolvemos robôs reaproveitando materiais para debater conceitos de biologia em um ambiente lúdico de aprendizagem verificando como a robótica educacional facilita o aprendizado dos alunos do nível médio de ensino. Esta é uma pesquisa qualitativa do tipo estudo de caso. Os participantes são adolescentes de dezesseis anos em média, voluntários, que participaram de encontros semanais no contra turno. A construção do robô que represente o sistema nervoso humano foi proposta pelos alunos. A participação deles foi além da discussão do conceito e isso foi possível a partir da construção do protótipo. Notamos que a colaboração é uma das principais características presentes na atividade. No entanto é importante deixar claro que a cooperação, um dos pressupostos da colaboração, também esteve presente na atividade. Desde a concepção do robô até sua finalização, observamos o despertar do interesse dos alunos, juntamente com um aumento natural da motivação, tanto do grupo quanto do docente envolvido.

**Palavras-chave:** robótica educacional; ensino de biologia; aprendizagem colaborativa

### **Abstract**

The educational robotics is a pedagogical action that uses the learning of scientific concepts by the students through interaction with a robot collaboratively. The objective is to design and develop robots reusing materials to discuss biology concepts in a playful learning environment at how the educational robotics facilitates student learning the average level of education. This is a qualitative research of a case study. Participants are teenagers sixteen years on average, volunteers who participated in weekly meetings against the turn. The construction of the robot that represents the human nervous system was proposed by the students. Their participation has gone beyond the concept of the discussion and it was possible from the construction of the prototype. We note that collaboration is a major feature present in the activity. However, it is important to clarify that the cooperation of the collaboration assumptions also attended the activity. From designing the robot until its completion, we see the awakening of student interest, along with a natural increase of motivation of both the group and the teacher involved.

**Keyword:** educational robotics; biology teaching; collaborative learning.

## A ROBÓTICA EDUCACIONAL

A palavra “tecnologia” deriva do grego *technología*, significando "tratado sobre uma arte". Também entendido como o conjunto de conhecimentos e princípios científicos que se aplicam a um determinado ramo de atividade e à totalidade desses conhecimentos. Portanto, na raiz da palavra, segundo o dicionário, a tecnologia está relacionada às artes. Numa perspectiva mais popular, a tecnologia está associada com o uso de máquinas e/ou dispositivos durante a realização de atividades, estando pautado com o desenvolvimento da humanidade.

Devido à importância da tecnologia na sociedade, Hargreaves (1998) sugere um novo modelo de escola ao afirmar que as regras do mundo estão mudando e está na hora do ensino e do trabalho docente acompanharem essas mudanças. Surge assim a Tecnologia Educacional, pautada em uma aprendizagem de conhecimentos com significados, na qual o aluno possui um papel ativo e o professor deixa de ser o centro do conhecimento. No presente artigo, consideramos a robótica pedagógica como uma tecnologia educacional passível de ser utilizada em sala de aula como um auxílio ao professor em sua prática pedagógica.

A utilização da robótica na educação tem como função a expansão do ambiente de aprendizagem permitindo que haja a integração de diversas disciplinas e a simulação de alguns procedimentos científicos básicos como levantar problemas, formular hipóteses, realizar observações, testes e alterações para o funcionamento adequado do robô. Assim, o aluno se torna sujeito na construção de seu conhecimento através de suas próprias observações e ações.

Para Rusk et al. (2008),

A robótica educacional facilita uma série de experiências nos quais os participantes adquirem conhecimento de forma conjunta a partir de testes, erros, repetições e trabalho conjunto e forma lúdica. Tais atividades lúdicas são especialmente interessantes para o nível básico de ensino para trabalhar de forma colaborativa conceitos complexos, por meio de processos e comportamentos dos estudantes.

A partir desses conceitos, entendemos a robótica educacional como uma ferramenta pedagógica caracterizada por um ambiente de aprendizagem que utiliza robôs com o intuito de construir determinados conhecimentos. Polishuk e Verner (2017) afirmam que o ambiente de aprendizagem baseado no uso de dispositivos robóticos possibilita aprendizado de maneira econômica, rápida e segura, disponibilizando recursos tecnológicos para a aprendizagem, não só de robótica, mas de ciências de uma maneira geral. Segundo Santos (2010), a utilização desta ferramenta potencializa o trabalho colaborativo, mas este só irá fazer sentido se concebido em parcerias que levem a discussões e a tomadas de novos rumos e caminhos, no qual o professor é o mediador e o facilitador do debate entre os alunos.

Para o processo de construção de robôs em contexto escolar, Almeida et al. (2013) e Verner et al. (2017) descrevem como sendo necessários: um controlador, sensores, atuadores, manipuladores, engrenagens, eixo, fonte de energia, fiação e estrutura, componentes que são encontrados, em grande parte, nos kits de robótica que estão disponíveis no mercado e em preços acessíveis, quando considerada por exemplo a plataforma Arduino.

## KITS DE ROBÓTICA

A opção nesta investigação foi pelo uso do kit Arduino, por tratar-se de uma plataforma eletrônica baseada em hardware e software de fácil utilização e de código aberto para o uso livre pela sociedade. O Arduino foi criado em 2005 com o objetivo de controlar protótipos construídos de

forma menos dispendiosa do que outros sistemas disponíveis no mercado e num intervalo de tempo relativamente curto.

Os componentes do kit utilizado em nossa investigação, e de fundamental importância no entendimento de parte de nossos resultados foram: a protoboard - placa com furos e conexões condutoras para montagem de circuitos elétricos; jumpers - fios isolados com metal condutivo em seu interior, que é responsável pela condução de eletricidade; LEDs - da sigla em inglês Light Emitting Diode, ou Diodo Emissor de Luz, utilizados especialmente para a emissão de luz; e os resistores - dispositivos elétricos que têm como finalidade controlar a corrente elétrica sobre os componentes desejados.

## O CAMINHO DA INVESTIGAÇÃO

A investigação, cujo objetivo geral é a utilização da robótica educacional e a aprendizagem colaborativa como alternativas para o ensino de biologia, vai nos remeter a uma abordagem de pesquisa qualitativa. Dentro dessa abordagem, escolhemos o estudo de caso. Para a análise dos dados, escolhemos a análise de conteúdo proposta por Bardin (2006).

O local da presente investigação foi um colégio estadual, situado na região central de Goiânia, conveniado com a Polícia Militar de Goiás. O público alvo da investigação foram os alunos que se encontravam matriculados e cursando a segunda série do Ensino Médio. O grupo fora composto por dezesseis alunos, nove do sexo feminino e sete do sexo masculino, com faixa etária média de dezesseis anos.

Foram realizados vinte e três encontros, totalizando sessenta e nove horas de trabalho. Em busca de rigor e da validação da presente investigação, os registros se deram através de anotações em diário de campo, bem como de filmagens, as quais foram transcritas para análise das falas dos integrantes do grupo. Para a análise das transcrições, bem como das anotações em diário de campo, os alunos foram enumerados de acordo com a participação durante as reuniões. O primeiro aluno a participar dos questionamentos foi denominado *A1*, o segundo a participar foi denominado *A2* e assim por diante.

A primeira reunião se deu com a explicação do projeto, questionamentos em relação ao conceito de robôs, bem como a familiarização por parte dos alunos em relação ao kit Arduino. Ao final da reunião, pedimos para que os alunos pensassem um robô a ser construído com a reutilização de materiais e o kit Arduino, relacionados à fisiologia e/ou morfologia dos sistemas de organismos.

Na segunda reunião os alunos se dispuseram ao redor de uma mesa para a apresentação dos projetos. Três projetos foram apresentados, debatidos e questionados. A proposta aprovada, em comum acordo, foi apresentada pelo aluno *A10*, que consistia em construir um simulador estático, ou um robô imóvel, que representasse os Sistemas Nervosos Central (SNC) e Periférico (SNP), bem como a transmissão de impulsos nervosos (figura 1).

- \* Chapa Grossa de Papelão
- \* Cola
- \* Borracha
- \* Fôrmas
- \* Tinta Guache
- \* Pincéis
- \* Lápis, Caneta, Borracha

(Sensitivos ou Aférentes)  
 □ Nervos que recebem o impulso  
 ■ Nervos que respondem o impulso  
 (Motores ou Eférentes)

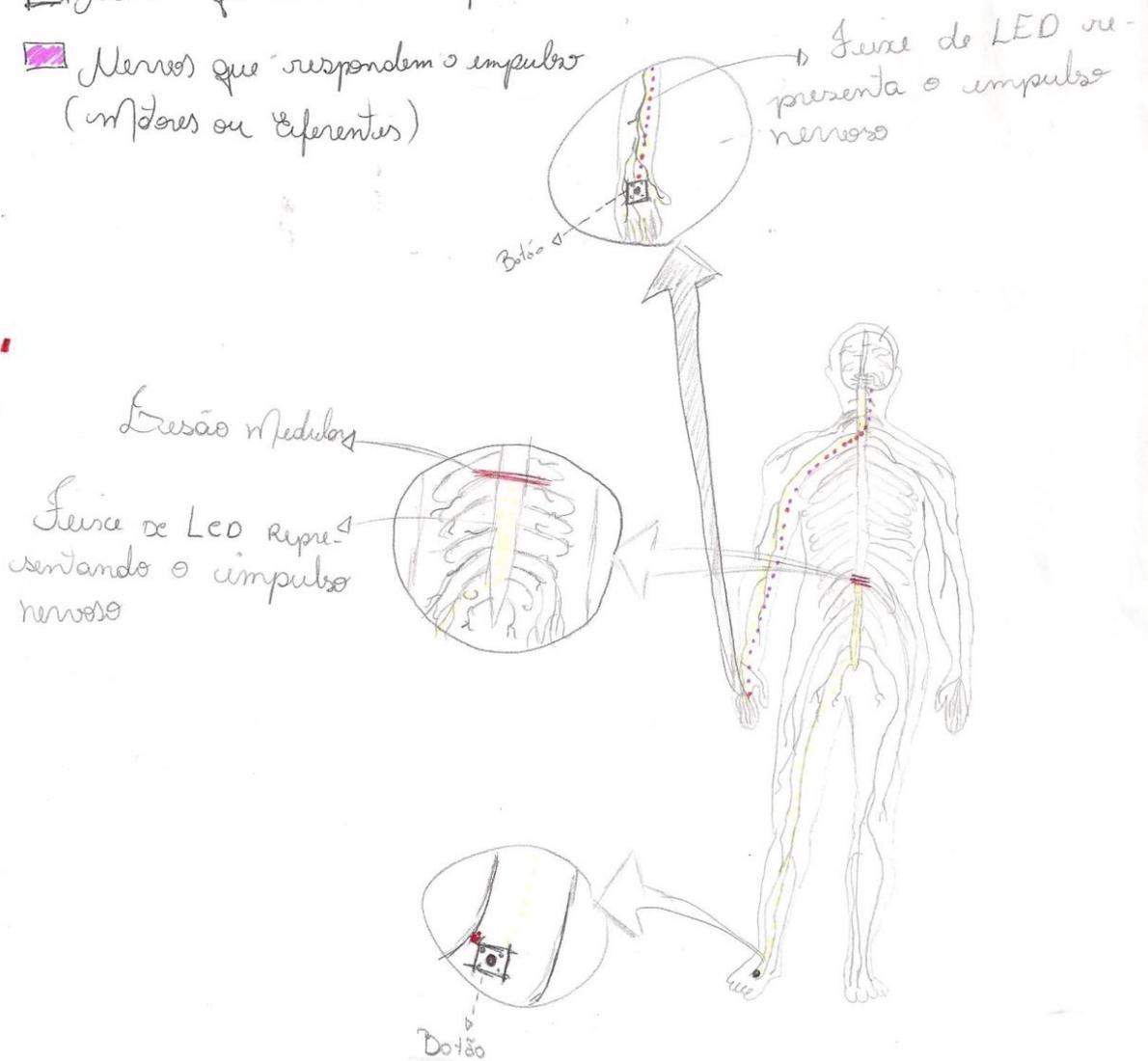
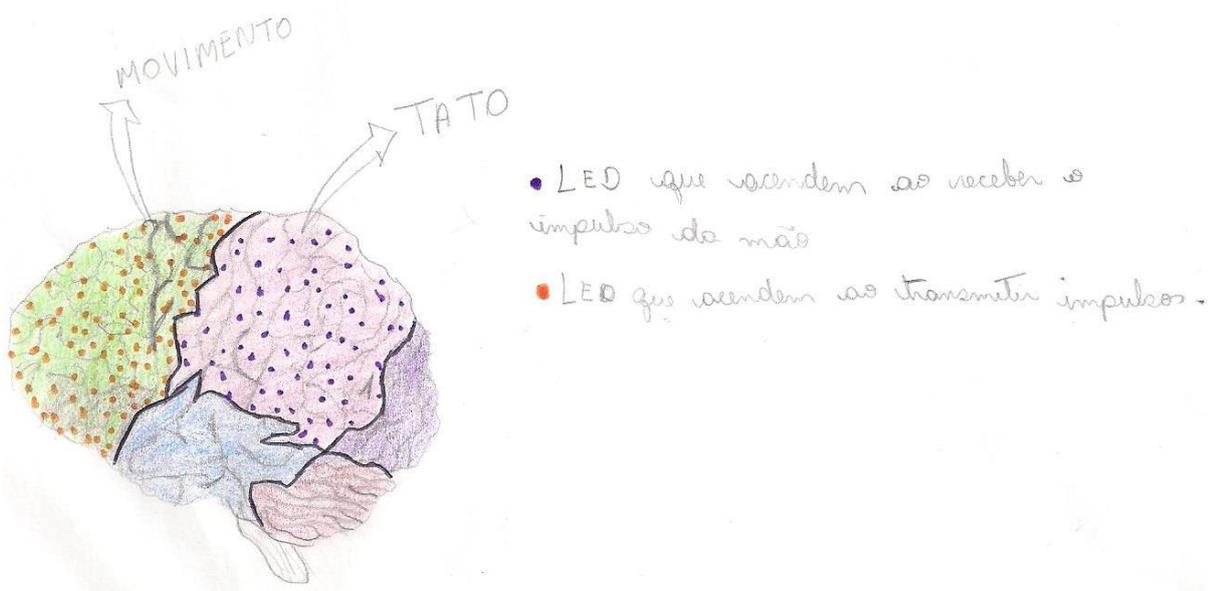


Figura 1: Proposta do aluno A10 – Sistema Nervoso Humano

Fonte própria

Na proposta, uma silhueta humana seria construída e um botão seria colocado na mão e outro no pé do protótipo. Os botões representariam corpúsculos táteis, estruturas presentes na pele e responsáveis pelo tato. Ao apertar o botão presente na mão, leds acenderiam representando a condução do impulso nervoso em sentido ao SNC e retornaria ao local onde foi gerado o estímulo (botão). Ao pressionar o botão do pé, leds acenderiam representando a condução do impulso nervoso até a medula espinal, onde estaria presente um visor de LCD com a frase “lesão medular”, logo os leds apagariam.

Em complemento à proposta do aluno A10, A6 propôs o acendimento de leds na parte do cérebro responsável pelo tato, como mostra a figura 2.



**Figura 2:** Proposta do aluno A6 em complemento à proposta do aluno A10. Fonte própria

A escolha do conteúdo da disciplina de biologia que intitula a investigação e fundamenta a construção do robô foi de responsabilidade de todos os integrantes do grupo. A professora/investigadora, ao participar de todas as etapas do processo, atuou como mediadora, facilitadora, incentivadora, desafiadora, investigadora do conhecimento, da própria prática e da aprendizagem individual e do grupo. Ao mesmo tempo em que exerceu sua autoria, intervindo e implantando discussões, colocou-se como parceira dos alunos, errando, colaborando e cooperando para com a construção do robô e dos conceitos ali discutidos.

A priori foram feitas discussões acerca das partes/órgãos que compreendiam o SNC e o SNP, bem como a maneira pela qual eles seriam construídos. De forma conjunta foram pensados os materiais a serem utilizados na construção do protótipo. Os materiais elencados foram papelão e jornal para construir a silhueta humana, os nervos e o SNC; os dois botões (mão e pé) para representar corpúsculos da pele e leds para representar o caminho do impulso nervoso.

A partir do terceiro encontro começamos a construir o protótipo. O primeiro passo foi fazer o molde de uma silhueta humana com algumas folhas papel sulfite tamanho A4 coladas de forma a ficar em tamanho maior. Com o molde pronto e recortado, riscamos e, em seguida, recortamos o papelão. Para ficar mais resistente, colamos três lâminas de papelão recortadas no formato da silhueta e fizemos o acabamento com jornal. Com jornal também foram feitos os nervos e o SNC. Os nervos foram feitos a partir de canudos de jornal e cola; e o SNC de jornal amassado com cola (figura 3).



**Figura 3:** Etapas da produção do protótipo

Fonte própria

Em todo o trabalho foram realizados 23 encontros/reuniões com os alunos. A partir da terceira, o foco foi a montagem e o desenvolvimento do robô.

## CATEGORIAS DE ANÁLISE

Possibilitar a participação dos alunos de forma ativa na elaboração, construção e funcionamento de um robô, bem como das discussões oriundas desse trabalho acerca dos conceitos científicos que o permeiam, foi também uma das pretensões da presente investigação, a partir de seu objetivo geral. Com a finalidade de viabilizá-la, utilizamos o suporte teórico metodológico de aprendizagem colaborativa e, dessa forma, a priori, a delineamos como uma categoria de análise. De acordo com Brna (1998), como ocorre alternância entre estado e processo entre a cooperação e a colaboração, denominamos essa categoria como *COLABORAÇÃO E COOPERAÇÃO*.

Salientamos que a Colaboração implica em um trabalho em conjunto entre todos os participantes, objetivando um produto final ou um processo no qual todos têm tarefas e todos se auxiliam durante a atividade em todas as tarefas. Não há hierarquia entre os aprendizes e o professor, pois na colaboração o professor faz parte do processo colaborativo. Já na Cooperação, as tarefas são divididas entre os participantes, de modo que cada grupo ou indivíduo faz uma parte da proposta. As tarefas são agrupadas no final para se obter o produto desejado. O professor neste caso é o responsável pela distribuição das tarefas e direcionamento dos grupos.

Durante a análise das falas, observamos a frequência significativa de fatores motivacionais, do erro e de discussões de conceitos relacionados ao conteúdo abordado. Esses elementos poderiam

servir de critérios para a avaliação da aprendizagem colaborativa, porém, devido à inserção destes nos diálogos transcritos, utilizamo-los como categorias de análise. Dessa forma, pontuamos a emergência de três categorias de análise que denominamos *INTERESSE*, *ERRO* e *DISCUSSÃO DE CONCEITOS*. Assim, encontramos quatro categorias sendo uma determinada a priori e as outras três a posteriori.

Na categoria *COLABORAÇÃO E COOPERAÇÃO*, pretendemos identificar se a aprendizagem colaborativa se enquadrava como estado ou processo frente à aparição da cooperação durante a construção do robô. Para aproximar a esse objetivo, desmembramos essa categoria de análise em duas subcategorias: a *COLABORAÇÃO* – para buscarmos identificar de que forma a colaboração contribuiu para a realização do trabalho frente aos conteúdos relacionados à biologia e à robótica educacional; e a *COOPERAÇÃO* – para buscarmos identificar de que forma se deu a alternância entre estado e processo entre a cooperação e a colaboração no sentido de viabilizar o trabalho.

Na categoria de análise *INTERESSE* contempla-se o fator motivacional. Buscamos aqui identificar se o interesse esteve inserido no ambiente escolar, nas discussões conceituais da matéria de biologia, sendo contemplado a partir da robótica educacional e da aprendizagem colaborativa.

Outra categoria de análise a ser apresentada foi denominada de *ERRO*. Salientamos nessa categoria de análise os erros que aparecem durante a construção do robô. Nesta categoria buscamos identificar se o erro foi utilizado como estratégia pedagógica, enquanto efeito construtivo e/ou criativo, em prol de uma perspectiva processual de aprendizagem.

A quarta e última categoria de análise contempla a presença de *DISCUSSÕES DE CONCEITOS* relacionados ao conhecimento de biologia, proporcionadas pela construção do robô e pela colaboração. Esses conceitos dizem respeito ao conteúdo de biologia objeto da investigação: O Sistema Nervoso. Nesta categoria buscamos identificar a viabilidade da discussão de conceitos de biologia a partir da construção de robôs, da robótica educacional e da colaboração. Ainda, se a aprendizagem dos alunos envolvidos foi efetiva.

Analisaremos a seguir, esta ordem: Interesse, Erro, Colaboração e Cooperação e Discussão de Conceitos, por acreditarmos que essa lógica de apresentação dos resultados e suas discussões parece mais adequada ao entendimento de toda a atividade. Cada uma dessas categorias foi analisada a luz de um referencial teórico, apresentado e discutido durante a descrição dos resultados.

#### 4.1. INTERESSE

Schraw et al. (2001) apontam o interesse como um fator importante na aprendizagem. Para estes autores, o interesse deveria estar inserido no ambiente de sala de aula contemplando esta última com materiais variados e oportunidades educacionais que promovessem desafios e autonomia dos alunos. Assim, o interesse serviria de estímulo ao desempenho do aluno e ao envolvimento pessoal já que atuaria como um colaborador na compreensão e, conseqüentemente, na aprendizagem.

Schraw et al. (2001) apresentam, ainda, o interesse dividido em duas categorias: o situacional e o individual. O interesse situacional se refere à situação, o contexto no qual o indivíduo está inserido, sendo gerado por estímulos do ambiente e representa uma reação afetiva imediata, duradoura ou não. Já o interesse individual se refere à predisposição do indivíduo em se envolver em determinados trabalhos ou assuntos por mais tempo e de forma intensa.

Para Hidi e Renninger (2006) o interesse situacional pode se transformar em individual, dependendo das condições do ambiente e da agregação de valores ao objeto de interesse por parte

do indivíduo. Estes autores propuseram um modelo no qual o desenvolvimento do interesse passa por quatro fases caracterizadas por quantidades variadas de afeto, conhecimento e valor. São elas: o interesse situacional, o interesse situacional mantido, o interesse individual emergente e interesse individual bem desenvolvido. Essas fases, sequenciais e distintas, representam o desenvolvimento cumulativo e progressivo do interesse sendo que a transição do indivíduo no decorrer dessas fases se dá de acordo com fatores de incentivo como a curiosidade, experiências individuais, temperamento e predisposição genética.

O interesse é um aspecto para o desenvolvimento de determinado trabalho por parte de um indivíduo. Segundo Schraw *et al* (2001), está aliado ao uso de materiais diferentes e a oportunidades educacionais que possam promover a autonomia dos alunos. Consideramos a Robótica Educacional e a Aprendizagem Colaborativa metodologias que suprem e abarcam esse interesse despertado. Durante a investigação, avaliamos esta categoria de maneira muito positiva por ter sido o principal fator motivacional para a execução da proposta, o desenvolvimento e a conclusão do protótipo.

Na primeira reunião, no momento em que os alunos interagem com o software e com o hardware Arduino, percebemos certa empolgação deles, e em geral todos participaram. O interesse para a realização do projeto pode ser observado no diálogo a seguir, quando o aluno A5 conseguiu realizar o primeiro projeto que consistia em acender um led e fazê-lo piscar:

A5: Sinto como se fosse um filho meu.  
A8: Como se tivesse acabado de parir?  
A5: É.

Ainda na primeira reunião, observamos a facilidade e as possibilidades de trabalho que o kit Arduino oferece, e a maneira pela qual desperta nesses alunos a vontade de trabalhar com a robótica educacional. Quando A6 realizou o quarto projeto que consistia em construir um semáforo interativo, com acendimento de leds e a utilização de um botão, disse:

A6: Estou me sentindo o Bill Gates agora.

Por sentirem a autoestima elevada e a curiosidade despertada, os alunos se interessaram na realização dos projetos introdutórios, bem como no projeto desta investigação. No segundo encontro, enquanto A10 apresentava sua proposta de trabalho, destacamos o seguinte trecho dos diálogos:

A3: Isso vai dar um trabalho! (Se referindo à construção do protótipo escolhido)  
A10: Mas o importante é trabalhar.  
A12: Acho que vai ficar muito legal.  
A3: Vai ficar lindo!

Podemos destacar na fala de A10 que o mesmo se encontra interessado em realizar o trabalho por demonstrar empenho, o que Piaget (2005) traz como o regular da energia de acordo com o interesse. Indivíduos interessados dispõem de maiores gastos de energia para a realização de determinado trabalho. Usando as ideias de Schraw *et al* (2001), A10 se encontra situado na categoria de interesse individual, na qual o sujeito apresenta predisposição de se envolver em trabalhos de forma intensiva.

No décimo quarto encontro, observamos a presença dos interesses situacional e individual ao analisarmos o diálogo que diz respeito ao entendimento da programação do protótipo e das conexões necessárias para acender um led:

A7: Vou tentar traduzir essa programação pra poder saber ligar. Acho que não vou conseguir, mas vou tentar.  
A10: Vamos conseguir sim.(...) Perna azul no pino 8 e a perna branca na fileira negativa. Aí liga no arduino.  
A7: O 8 é saída e o 2 é entrada. Já entendi!

A10: Esse aqui é o 8, não é? Esse aqui fica no positivo. (...) Estamos tentando ligar um único led. Não somos ambiciosos. (...) Se achamos o outro encontro produtivo, esse então...

O interesse situacional, segundo Schraw *et al* (2001), está relacionado ao contexto no qual o indivíduo está inserido, é gerado por estímulos do ambiente e representa uma reação afetiva imediata que pode ou não ser duradoura. Nesse caso, a ausência do colega que conhecia melhor os códigos de programação do Arduino incentivou outros alunos a tomarem parte e procurarem entender o significado daqueles códigos e concluir o trabalho que, naquele caso, era acender um led.

O interesse individual que se refere à predisposição do indivíduo no envolvimento em determinados trabalhos de forma intensiva também é observado quando A7 alega que não sabia se iria conseguir entender a programação e acaba conseguindo. Dessa forma, corroboramos com a ideia de Hidi e Renninger (2006) na qual o interesse situacional pode se transformar em interesse individual, dependendo das condições do ambiente e da agregação de valores ao objeto de interesse por parte do indivíduo.

No décimo oitavo encontro, contemplamos o que Hidi e Renninger (2006) propuseram como sendo desenvolvimento cumulativo e progressivo do interesse.

A10: a programação é executada (pelo Arduino) de forma completa ou linha por linha?(...) Mas se fosse por completo a gente não precisaria de colocar esse tempo (tempo para acender os leds). Você percebeu que no final do percurso está demorando acender (leds) mais do que no começo? É como se fosse assim, o primeiro demora 10 milésimos de segundo pra funcionar e o segundo demora 20, então soma 10 do primeiro e 20 do segundo, então vai pra 30 milésimos, agora imagina isso somado lá no final?!

A8: ele demora pra ligar também.

A10: Aqueles 3 primeiros ali (leds) a gente nem vê a diferença um do outro.

A4: Pois é, eles estão apagando tudo ao mesmo tempo.

A10: A velocidade deles é muito rápida, então é bem possível que a programação seja executada por completo. (...) Agora tudo está funcionando (todos os leds acendendo) e vamos tentar mudar o tempo pra ver se fica mais legal ainda. Vou colocá-los para acender todos no mesmo delay, vou colocar 50 milésimos de segundos pra todos.

A7: para você saber se eles estão seguindo por linha ou direto?

A10: Sim, eu acho que eles estão seguindo por linha. (...) A gente aprendeu hoje que o Arduino executa os comandos por sequência, linha por linha, e não o comando inteiro.

Nesse diálogo podemos observar a transição do interesse, segundo Hidi e Renninger (2006), do A10 pelos: interesse situacional, interesse situacional mantido, interesse individual emergente e interesse individual bem desenvolvido. O aluno parte de uma situação na qual era necessário o conhecimento da execução da programação pelo hardware com a finalidade de concluir o trabalho de ligar os leds presentes no membro superior do protótipo de maneira correta, em sequência. A partir dessa problemática, se empenhou e, através de questionamentos, conseguiu pensar em na maneira de chegar à solução e poder concluir o trabalho. Ao final desse processo, seu interesse individual já apresentava desenvolvimento. Assim, podemos observar que em diferentes momentos, durante as reuniões foi nítido o interesse dos alunos pela viabilização do projeto.

## 4.2. ERRO

O erro pode ser uma fonte de aprendizagem para alunos e professores, desde que tenha sua origem identificada. Dessa forma os procedimentos podem ser revistos e a aprendizagem se torna possível. Segundo Torre (2007), ele é uma estratégia inovadora para aproximar a teoria e a prática, para passar de um enfoque de resultados para um de processos, de uma pedagogia de êxitos para uma didática do erro, de ensino de conteúdos para aprendizagem de processos.

Torre (2007) afirma ainda que o erro possui quatro direções semânticas: efeitos destrutivo, deturpativo, construtivo e criativo. Seguindo as duas últimas direções semânticas, os efeitos construtivo e criativo, acreditamos que o erro pode ser considerado positivo quando trabalhado como metodologia para levar o aluno a descobrir suas falhas, já que não há aprendizagem onde ele não se encontre presente. Podemos identificar os efeitos construtivo e criativo do erro no trecho do

diálogo que se fez presente na décima quarta reunião. Naquele momento estava-se tentando conectar os leds da parte inferior do protótipo à protoboard e esta última ao Arduino, com a finalidade de acender os leds.

A7: Será que o problema não é a programação?

P: Será que não ligamos errado?

A4: Então vamos desligar e ligar outra vez.

A10: Vamos tirar e colocar de novo já que não funciona.

A7: O problema é que a programação tem as portas certas e não sabemos quais são.

P: Sabemos sim.

A10: P, terminamos. Acho que vai ligar.

P: O que houve?

A4: Apareceu uma mensagem de erro.

P: Então o código está errado. Deixe-me ver. O código está certo. Errada é a porta USB. Muda a porta aqui (mostrando no computador).

A10: Agora foi. O código está carregado. Pode ser que ligamos errado.

P: Onde vocês pegaram esse código?

A2: Na internet.

Os testes foram sendo realizados e todas as possibilidades que julgávamos possíveis para sanar o problema que consistia no não acendimento dos leds. A reunião chegou ao final e não alcançamos nosso objetivo. Foi uma reunião cansativa, pois através do diálogo, tentamos várias alternativas na busca de descobrir a origem de nosso erro e poder saná-lo. Consideramos esse erro positivo já que não implicou na desistência dos alunos, pelo contrário. Os alunos acharam ruim o tempo da reunião ter acabado e o problema ter sido deixado para a outra semana.

Na décima quinta reunião, retomamos as tentativas de acender os leds do protótipo. Dessa vez, ao invés de tentar ligar todos os leds de uma só vez, começamos com seis.

A10: Até que porta você colocou aí?

A7: Até a 13.

A10: Vamos ligar 6 leds?

A7: Isso.

Após apertarmos o botão, os seis leds acenderam.

P: Vamos ligar mais três para testarmos de três em três.

A10: Mas nesse código só tem 6 constantes declaradas.

P: Declare as outras.

Após declararmos as constantes, compilar a programação e ligar outros três leds, nenhum acendeu.

A10: Nosso projeto é de tentativas. (...) Será que o problema é o tempo que coloquei em milissegundos? Coloquei muito rápido. Será que o led aceita acender e apagar tão rápido?

P: Não é esse o problema. O led acenderia. (...) Quantos acenderam?

A7: 6. (...) Espera aí. Estão todos acesos, bem fraquinho, mas acesos. Como se estivesse queimado. Será que o problema é o led?

P: Você os ligou de forma correta?

A7: É... não mudou nada. Será que troca o resistor? (...) Por que estariam fracos? Quando testamos todos, estavam normais. (...) Até o 6 está tudo normal. Deixa eu marcar qual é o 6.

P: Estou achando que 5v não é o suficiente para ligar todos. (...) Tínhamos que dar um jeito de ligar o robô em uma voltagem maior. (...) Liga tudo, tudo mesmo (acoplar todos os leds na protoboard). Aí vamos ligar o Arduino na tomada e vamos ver o que vai dar. Cadê o adaptador da tomada?

A7: Meu Deus!

A10: Como é o adaptador da tomada dele? É que liga no USB?

A7: É igual ao do carregador do meu celular.

A4: E se a tomada tiver carga demais? Corre o risco desse negócio explodir, né?

A10: Todo esse negócio (acendimento) vai demorar um quarto de segundo. É pouca coisa.

Após as discussões apresentadas nas falas anteriores, ligamos o Arduino na tomada e todos os leds acenderam.

A10: Fico feliz porque a programação deu certo. Nós, leigos, conseguimos.

P: E ligar na tomada dá certo. Nosso robô terá de ser ligado na tomada.

Desse modo, com cerca de três horas de discussões e tentativas, com acertos e erros, conseguimos ligar os leds do membro inferior do protótipo. O tempo gasto para conseguir acender os leds, somadas as duas reuniões, foi de aproximadamente cinco horas. A persistência desse erro não implicou na desistência dos alunos, tampouco da professora/pesquisadora em relação à conclusão do trabalho, ao contrário, implicou numa postura que permitiu ao grupo, a superação de suas dificuldades.

Observamos que esse erro instigou a construção e reconstrução de hipóteses em busca do alcance do objetivo. Segundo Nogaro e Granella (2004), ao provocar a curiosidade do aluno ao contrário de abrandá-la, o erro o capacita como sujeito capaz de aprender. Dessa forma o erro serve de ponto de partida para o avanço em direção à aprendizagem por possibilitar o crescimento e a valorização do aluno, bem como um passo à frente na relação professor-aluno.

No vigésimo primeiro encontro, observamos mais uma vez a importância do erro relacionado à descoberta. No decorrer da reunião, as duas protoboards que até então tínhamos utilizado, só funcionavam pela metade e acreditávamos que elas estavam danificadas. Quando estávamos utilizando a terceira protoboard e ela só funcionou pela metade, houve um questionamento interessante por parte de A8. Esse momento está transcrito:

A3: O problema pode ser a protoboard.

A8: Não tem razão das protoboards estarem funcionando só pela metade. Será que não tinha que ligar o outro lado dela em outro 12v?

A7: Eu testei e não deu certo.

P: O outro lado da protoboard funciona?

A7: Funciona, mas só a metade.

A8: Acho que já sei. Tem que fazer essa ligação aqui. Aqui (apontando na placa), exatamente no 30, tenta colocar um jumper aqui ligando um lado e outro, ligando o 30 e o 35.

A observação de A8 em relação às protoboards funcionarem somente pela metade e o levantamento da hipótese de ter que ligar os dois lados da placa, nos mostra mais uma vez que aprendizagem e erro estão juntos no processo. Isso é nítido ao observarmos as dificuldades enfrentadas presentes nas falas transcritas.

Outro aspecto interessante foi o reconhecimento de um aluno sobre a importância do erro na aprendizagem. Em um diálogo ocorrido no vigésimo segundo encontro – penúltimo encontro, quando relembávamos o quanto aprendemos em relação à robótica educacional e estávamos empolgados com a finalização do protótipo.

A10: Nós já podemos ir para a olimpíada de robótica.

A9: Muitas coisas que nós não sabíamos e sofremos até aprender. Aprendemos muita coisa.

A10: Quando o conhecimento vem com um pouco de dificuldade é mais gratificante

Entendemos que o erro positivo trata das teorias construídas a partir da reflexão dos próprios sujeitos. A reflexão presente no diálogo anterior nos leva a considerar o erro como agente revelador da construção e interpretação que o indivíduo faz do meio que o cerca. Pelo fato de os alunos estarem motivados com o trabalho, o erro foi recebido de maneira natural.

Observamos que em quase todas as vinte e três reuniões que ocorreram, a aprendizagem através do erro esteve presente. Como professora/pesquisadora, conhecer e utilizar a metodologia do erro durante esse trabalho foi uma das razões de sua conclusão. Frente ao erro, a professora/pesquisadora instigou os alunos a questionarem os problemas até que descobrissem suas origens; provocou a reconstituição das ações realizadas e a antecipação em relação a projetar,

imaginar e planejar o resultado de uma situação. Dessa forma, trabalhando com as vertentes construtiva e criativa, o erro foi utilizado como fator motivador no desenvolvimento desse trabalho e de fundamental eficácia no processo ensino-aprendizagem.

O erro construtivo presente pode ser um motivo de avaliação e auto avaliação do que foi aprendido ou não pelos alunos participantes. Podemos percebê-lo como um processo de avaliação do conteúdo no qual, tanto discentes quanto docente se debruçam para resolver, a partir do erro conceitual detectado. Assim, passa a ser uma alternativa importante na relação entre os pares e na relação aluno-professor (LUCKESI, 2011).

Vista a importância e a eficácia do erro para a aprendizagem, quando tratado de forma positiva, partiremos para a terceira categoria de análise, relacionada à Colaboração e à Cooperação durante o trabalho em grupo.

### 4.3. COLABORAÇÃO E COOPERAÇÃO

#### 4.3.1. COLABORAÇÃO

Segundo Panitz (1996), aprendizagem colaborativa é uma proposta pedagógica na qual os estudantes ajudam-se no processo de ensino/aprendizagem, atuando como parceiros entre si e com o professor, com o objetivo de adquirir conhecimento sobre um dado objeto. Com a utilização dessa proposta pedagógica, o professor é desafiado a assumir uma postura de aprendiz ativo, crítico e criativo, articulador do processo de ensino. Tendo ainda a oportunidade de vivenciar o papel de observador, de gestor de atividades e de mediador.

Como o trabalho com robótica educacional foi uma estratégia metodológica nova, e com exceção de A1, nenhum outro aluno tinha experiência em trabalhar com o micro controlador Arduino, a colaboração entre os indivíduos aconteceu com naturalidade em quase todas as reuniões. Na oitava reunião, observamos a colaboração na transcrição dos diálogos a seguir:

P: Vocês querem que saiam leds a partir da mão?

A7: A partir do botão, né?

A8: Vamos colocar leds de um lado e de outro. Mas vai daqui até aqui? (apontando a distância e questionando a quantidade de leds).

P: Qual é o problema?

A8: O problema é o Arduino. De não conseguirmos ligar todos os leds.

P: Qual a distância que vamos colocar um led do outro?

A7: Vamos colocar a uma distância de 2 centímetros, pois contei os espaços e acho que vamos usar cerca de 30 leds. Mas só na ida. E na perna?

P: Na perna definimos que seriam só leds brancos, pois o impulso só vai.

A1: Agora pensa. Nós temos que ligar uma perna, dois braços (ida e volta) e o cérebro. Nem com o Arduino Mega (com mais portas) iríamos conseguir, nem usando o shield (objeto que aumenta o número de portas do Arduino). Temos que bolar uma forma de conseguir ligar tudo.

A partir destas falas, observamos na preocupação em concluir o protótipo a importância da colaboração. O aluno A8 percebeu e comunicou a inviabilidade na execução do projeto tendo em vista o hardware Arduino não possuir o número de portas que necessitaríamos para conexão. A preocupação foi reforçada por A1 e o diálogo se manteve fluente. No momento de fazer os furos no protótipo para colocar os leds e a maneira pela qual os leds seriam soldados aos fios, elencamos:

P: A7, serão quantos furos?

A7: Uns 60. Não sei.

A8: 54 furos.

A7: Vamos colocar os leds e soldá-los.

A11: Poderíamos fazer uma sequência das cores dos fios para ficar mais fácil de poder ligar depois.

A10: Bem pensado. Vou anotar a sequência.

A colaboração se mostra nesse diálogo, no momento em que os alunos, de maneira conjunta, se preocupam com a quantidade de furos a serem feitos no protótipo e com a maneira de ligar os leds, respeitando a sequência de acendimento. Para a conexão dos leds no hardware Arduino, a preocupação continuou. Observamos que a quantidade de leds a serem ligados era grande o que estava gerando certa preocupação com a realização da proposta. Destacamos esse momento com o trecho do seguinte diálogo:

A3: Como vamos ligar esses fios no Arduino?

A1: É só descascar a pontinha dos fios e encaixar (nas portas do hardware).

P: Vamos tirar metade dos leds da perna ou não?

A14: Liga de 4 em 4 (leds).

A8: Vamos tirar.

A1: Se deixar assim pode ser que não funcione (os leds não liguem).

A principal meta na utilização da aprendizagem colaborativa é fornecer a melhor interação entre os integrantes do grupo em benefício ao compartilhamento de conhecimentos. Os membros trazem consigo experiências e conhecimentos diversificados, previamente adquiridos ou construídos, e interagem para criar um conhecimento compartilhado. Dessa forma, situações são apresentadas de modo que todos possam aprender com todos.

Na décima primeira reunião, quando estávamos no momento de conectar os leds ao Arduino e programá-lo para fazer o protótipo funcionar, observamos mais um momento de colaboração. Nele, A1, o aluno que conhecia o software Arduino, ensinou seus colegas a fazerem algumas conexões e se integrarem com o ambiente de programação que trabalharíamos durante as outras reuniões.

Para Silva e Soares (2013), a cada momento em que um aluno apresentar uma fundamentação teórica mais apurada, assumir determinada responsabilidade ou demonstrar curiosidade, assumirá voz de autoridade e será considerado o elemento de prestígio do grupo. Nesse momento, o elemento prestígio é A1. Destacamos o seguinte trecho dos diálogos:

A10: Pro nosso robô vamos dar o comando sequencial.

A1: Vamos colocar um delay em cada led. Um delay de 1000 e vai diminuindo, depende de como formos colocando. (sequência de acendimento dos leds). (...) A protoboard é interligada assim (longitudinal). Então, se liga o GND na placa, todos esses espaços serão GND. Dessa forma, quantos GND teríamos? (...) Teríamos 4. Até aqui são 4, mas podemos colocar todos esses para serem GND, desde que ligamos os espaços com pequenos jumpers.

Observamos que A1, ao conhecer sobre o software e o hardware de nosso kit assumiu voz de autoridade nesse momento. A1 continuou como elemento prestígio durante a reunião e suas discussões com A10 findaram na base da programação que precisávamos fazer para o funcionamento do protótipo.

A10: Então eu tenho que digitar PIN MODE, DIGITAL RIGHT. Será que deu certo?

A1: Tem que verificar o código.

A10: Verdade.

A1: Quando temos um código grande, escrevemos na linha comentada. Todo código tem uma abertura e um fechamento, mas você é quem determina onde ele começa e onde ele termina. Você já descreveu os leds e abriu o SETUP com a chave. Aqui começa outro. Tudo o que for fazer, DELAY e LOOP, tudo tem que ser aqui. Depois finaliza com a chave.

A10: Vou testar. Uma hora ele vai ligar. (...) O que eu errei? Tem que colocar ponto e vírgula depois do DELAY? (...) Mas eles não acontecem (acendem) ao mesmo tempo?

A1: Não. Por não estar sequencial ainda.

A10: Tem como colocar os 4 para funcionar ao mesmo tempo?

A8: Tem.

P: Mas não é o que queremos.

A10: Mas fica tão bonitinho.

P: No robô, nós queremos desse jeito. Vai acendendo e apagando, não é isso?

(...)

A1: Você queria ligar o primeiro e o segundo, certo? Então você tinha que programar para ligar o primeiro e o segundo. Você mandou ligar o primeiro e desligá-lo.  
 A10: Ah tá! Então eu teria que tirar todos esses LOW da programação?  
 A1: Quer ver um negócio interessante?  
 A10: Qual parte interessante? Ligar e desligar?  
 A1: Se eu mudar o DELAY do seu código, dá pra eu roubá-lo.  
 A10: O quê? Como assim?  
 A1: P, o A10 fez o código (de programação) do nosso robô.  
 A8: Boa sorte agora. É só copiar e colar ele 54 vezes.  
 A10: Mas esse é o código?  
 A1: Essa é a base do nosso código.

A interação entre os indivíduos com o objetivo de realizar o protótipo foi fundamental para alcançar as informações necessárias de programação e conexão dos leds, resistores e botões. Para Santos (2010), o sentido do trabalho são parcerias que levam às discussões e tomadas de decisões como as transcritas no diálogo. A partir da proposta do trabalho em grupo, a construção do protótipo alcança um conhecimento que seja satisfatório para todos.

Nesse aspecto, os estudantes atuam como parceiros entre si e com o professor e as interações servem como base para a construção de um conhecimento individual. Os alunos ajudam uns aos outros com a finalidade de atingir determinado objetivo e, nesse caso, o objetivo de conseguir o código de programação do robô foi alcançado por um aluno que acabara de aprender a programação.

Observamos *A1* como elemento prestígio, a partir dos diálogos transcritos, durante a décima primeira, a décima segunda e a décima terceira reuniões. Na décima quarta reunião, *A1* não compareceu. Interessante a fala de *A10* nesse momento.

A10: Se achamos a outra aula produtiva, essa então... A parte boa do *A1* não ter vindo é que, quando ele estava presente, ficávamos escorados nele, já que entendia e tomava a frente da programação.

As discussões possibilitadas pela aprendizagem colaborativa são fundamentadas a partir de pontos de vista dos envolvidos, de suas concepções e conhecimentos prévios. Dessa forma o elemento prestígio do grupo pode ser alterado a qualquer momento. Na décima quarta reunião, a ausência do elemento prestígio das reuniões anteriores (*A1*), serviu como incentivo ao *A10*. Como *A10* se encontrava motivado, interessado, participativo e tentava se tornar o elemento prestígio do grupo, a ausência de *A1* serviu de estímulo a ele. Como *A10*, mesmo sem querer, já havia feito a base da programação do protótipo durante a décima primeira reunião, na décima quarta, com a ajuda de *A4*, *A6*, *A7* e *A8*, concluíram a programação.

Brna (1998) aponta não haver colaboração sem cooperação e vice-versa, mesmo delimitando uma perante a outra. Na primeira não há divisão de tarefas em partes controladas por diferentes colaboradores, requer um esforço sincrônico e o empenho mútuo dos participantes. Dessa forma, pontuamos que a cooperação permeou todo o processo e descreveremos a partir de agora.

#### 4.3.2. COOPERAÇÃO

Para Kneser e Ploetzner (2001), a cooperação é realizada com divisão do trabalho entre os participantes. Torres et al. (2004) acrescentam que ela apresenta hierarquia em relação ao professor. Este último ocupa a função de direcionar a atividade e distribuir tarefas entre os integrantes. Para Panitz, (1996),

A aprendizagem cooperativa é definida como um processo em que pessoas interagem a fim de concluir uma tarefa específica ou desenvolver um produto. Isso é mais diretivo que na colaboração e é um processo estreitamente controlado pelo professor [...] (PANITZ, 1996, p. 6).

No trecho selecionado dos diálogos do décimo quarto encontro, onde a professora/investigadora, utilizando-se de seu posicionamento hierárquico, distribuiu tarefas aos alunos, conforme a cooperação provê. Isso pode ser observado nas falas:

P: A10, procure uma forma de ligar o botão que vou ajudar os outros a conectar os leds. A3, conecte a perna grande do led na linha azul e a branca na outra. A7, faça uma ponte com um jumper.

A4: O que vou fazer?

P: Ajudar a ligar o robô.

A7: Tenho que conectar só esses aqui?

P: Coloque mais dois leds. Pegue outro jumper e liga o negativo no GND do Arduino

A7: Tem que pegar um desses aqui (apontando para o material). Tem que ligar um GND e um 5v também.

P: Você ligou qual A7?

A7: O GND e o resistor.

A10 não encontrou a maneira de conectar o botão e foi assistir a um vídeo na internet para aprender.

P: O que você está assistindo A10 é muito avançado. Pesquise no livro do Arduino. Pegue um projeto do livro que utilize um botão.

P: A4, vamos ligar o lcd? A7: Pesquise na internet como acender um lcd com botão.

Durante a investigação notamos que a cooperação permeou todos os momentos do trabalho. No diálogo descrito acima observamos a divisão de tarefas por parte da professora/investigadora. Mas, a divisão de tarefas não foi feita somente por ela, pois o aluno, considerado elemento de prestígio também o fez. Observamos isso no décimo quinto encontro.

A7: Vá arrumar a programação, que vou terminar de ligar os leds.

A10: A programação está pronta. Você sabe as portas? Da 8 até a 35. Eu e A7 somos muito cooperativos. Ela ficou com a parte dos fios e eu com a programação.

No diálogo transcrito, A7 se encontrava como elemento prestígio e fez divisões de tarefas em relação à ligação dos leds no hardware Arduino e a programação do software. Nesse caso, a cooperação foi percebida e comentada pelo próprio colega.

Ao mesmo tempo, a colaboração e a cooperação favoreceram a discussão de conceitos relacionados à biologia já que o conteúdo presente na elaboração e na construção do protótipo foi o sistema nervoso humano.

#### 4.4. DISCUSSÃO DE CONCEITOS

A categoria de análise que denominamos Discussão de Conceitos consiste na discussão/aprendizagem por parte dos alunos sobre os conceitos relacionados ao Sistema Nervoso Humano. Para tal, escolhemos os três conceitos que consideramos mais significativos e buscamos entendê-los nas falas transcritas dos alunos.

O primeiro conceito escolhido a ser discutido é o de Sinapse; o segundo é a Natureza do Impulso Nervoso e, por último, a Quantidade de Conexões Nervosas presentes no corpo humano. A Natureza do Impulso Nervoso e a Quantidade de Conexões Nervosas presentes no corpo humano serão colocadas na sessão denominada Analogias entre as Estruturas que compõem o Sistema Nervoso e o Protótipo Construído.

##### 4.4.1. SINAPSE

Na segunda reunião, durante a apresentação do projeto escolhido pelo grupo, que consistia em construir o robô a partir de conceitos relacionados ao Sistema Nervoso Humano, iniciamos as discussões dos conceitos de biologia, conforme diálogo:

A10: No projeto que pensei iríamos representar os impulsos nervosos. Tipo assim: representaríamos o modo como os impulsos nervosos saem de alguma terminação do corpo, vão ate o cérebro e depois voltam em forma de resposta.

P: E como ocorre essa transmissão dos impulsos nervosos?

A3: Através das sinapses.

P: E o que são sinapses?

A3: São espaços que ficam entre um neurônio e outro.

Entendemos que o aluno A10, de certa forma, sabia como se dava a geração dos impulsos nervosos, bem como sua transmissão e interpretação. Após questionamentos por parte da professora/ investigadora sobre o conceito de sinapse, houve certa confusão por parte dos alunos até que A3 nos deu uma resposta pouco satisfatória em relação ao questionamento, mas mais satisfatória que as respostas dos demais alunos. Nesse momento, a professora/investigadora se dirigiu ao quadro-branco presente no ambiente em que estavam acontecendo as reuniões para poder explicar o conceito de sinapse, haja vista que, segundo Guyton (1988), “talvez seja o determinante único mais importante da função do sistema nervoso central.” (GUYTON, 1988, p. 105).

Após essa explicação, A3 questionou:

A3: Tem neurotransmissor que não é excitatório, né?

P: Tem. (...) São substâncias inibitórias que podem cessar a atividade do neurônio. Por conta delas que dizemos que a sinapse tem a capacidade de transmitir alguns impulsos e outros não.

Com os dois trechos dos diálogos extraídos da segunda reunião, percebemos que a discussão sobre o conteúdo de Sistema Nervoso começou a ampliar, deixando de ser apenas em relação à simples representação da condução dos impulsos nervosos que seriam representados no robô.

#### **4.4.2. ANALOGIAS ENTRE AS ESTRUTURAS DO SISTEMA NERVOSO E O PROTÓTIPO**

Essa sessão foi assim nomeada por trazer relações de semelhança entre o protótipo construído que consiste em um simulador do Sistema Nervoso Humano com o Sistema Nervoso Humano propriamente dito. Durante algumas reuniões, a professora/investigadora buscou estimular os alunos a encontrarem semelhanças entre o protótipo elaborado e construído com o organismo humano. Trechos de diálogos da décima e da vigésima segunda reuniões mostram essas analogias.

##### **4.4.2.1. A NATUREZA DO IMPULSO NERVOSO**

Na décima reunião observamos o diálogo que segue:

P: Vamos pensar biologicamente sobre nosso protótipo? Vocês não encontraram nenhuma semelhança entre nosso protótipo e o Sistema Nervoso Humano?

(...)

A8: O impulso nervoso representado no protótipo é um impulso elétrico.

A1: E o impulso nervoso no corpo é elétrico também.

Os alunos A8 e A1, ao tentarem comparar a simulação do impulso nervoso no protótipo com o impulso nervoso humano, afirmaram que ambos são impulsos elétricos. Essa comparação não foi surpresa, já que o livro de biologia adotado pelo colégio traz que:

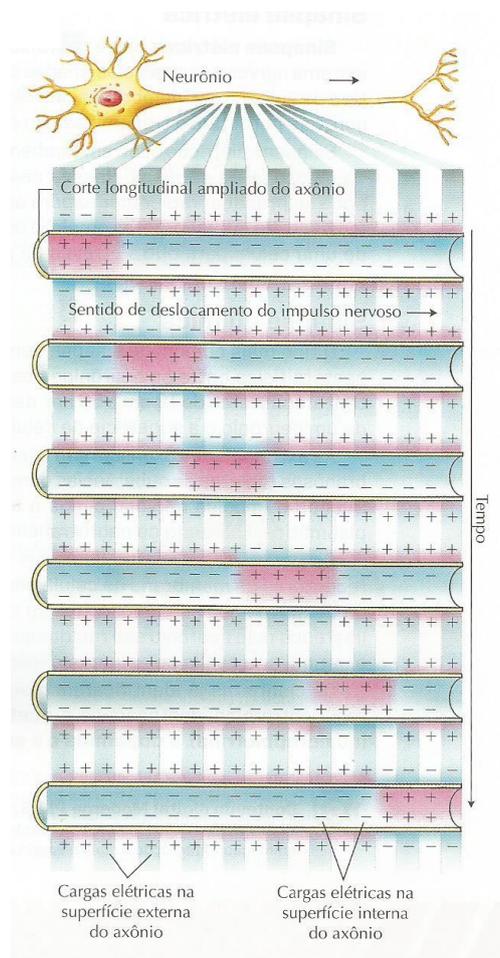
O sistema nervoso pode ser comparado a uma rede de comunicação em que as mensagens são os pulsos elétricos que viajam rapidamente por cabos transmissores, os nervos, estabelecendo a comunicação entre as partes do corpo e uma estação central formada pelo encéfalo e pela medula espinal. (AMABIS e MARTHO, 2009, p. 596).

Essa comparação, feita por Amabis e Martho (2009), de que os impulsos nervosos se assemelham com pulsos elétricos leva em conta apenas as alterações elétricas que ocorrem na

membrana plasmática do neurônio durante a transmissão do impulso. Os autores suprimiram que essas alterações elétricas ocorridas na membrana plasmática se devem às alterações de permeabilidade aos íons de sódio e potássio, provocadas por neurotransmissores liberados pelos neurônios pré-sinápticos.

Segundo Guyton (1988), quando um neurônio é estimulado, os canais de sódio da membrana tornam-se muito permeáveis e os íons de sódio passam em grande quantidade para o interior do axônio, o que faz com que o potencial da membrana se torne subitamente positivo. Entretanto essa entrada de sódio dura menos de um milésimo de segundo e, após seu término, os íons de potássio voltam a fluir para o exterior da célula, restabelecendo a negatividade da face interna da membrana. Essa variação sequencial do potencial da membrana é chamada potencial de ação. Esse potencial de ação pode ser produzido por qualquer fator que aumente a permeabilidade da membrana aos íons de sódio. Dessa forma, conclui-se que o impulso nervoso consiste na propagação do potencial de ação ao longo do neurônio (figura 4).

A professora/investigadora, durante essa reunião, não se atentou em corrigir os alunos em relação à natureza do impulso nervoso que não é elétrica, e sim, eletroquímica. Acreditamos que essa desatenção se deu pelo fato de que durante a segunda reunião, no momento da explicação da sinapse, o funcionamento da bomba de sódio e potássio havia sido lembrado e, ainda, explicado o impulso nervoso como eletroquímico.



**Figura 4:** Representação esquemática da propagação de um impulso nervoso em um axônio não mielinizado.

Fonte: AMABIS e MARTHO, 2009, p. 413

#### 4.4.2.2. A QUANTIDADE DE CONEXÕES NERVOSAS

Na vigésima segunda reunião, observamos o diálogo:

P: Vocês já pararam pra pensar que nós estamos fazendo uma simulação do sistema nervoso? Para acender essa quantidade de leds, precisamos desse tanto de fios, de conexões. Vocês já pararam pra pensar sobre as conexões do sistema nervoso ou não?

A4: Nunca desse jeito. Eu já li um artigo que dizia que em um milímetro do córtex, tem um milhão de conexões assim.

A10: Parece muito distante.

A4: Encostamos aqui (encostou no próprio braço) e já vai até o cérebro. É incompreensível.

P: Os leds que simulam a condução do impulso no protótipo estão com o acendimento rápido, não estão?

A10: Estão.

P: Mas estão rápido como o humano?

A4: Não

A10: Nós colocamos os leds para acenderem em 5 milésimos de segundo e não parecia que ligava um de cada vez, parecia que ligavam todos de só uma vez.

P: Então quando nós colocamos em uma velocidade muito rápida, não conseguimos perceber. Do mesmo jeito que quando encostam na gente, não percebemos que o impulso vai e volta. Porque a velocidade é extremamente rápida.

A7: Sem querer o nosso robô ficou bem parecido com a realidade.

Durante esta reunião que teve parte dos diálogos descrita acima, a professora/pesquisadora discutiu com os alunos a quantidade de terminações nervosas presentes no corpo humano, bem como a velocidade da condução dos impulsos nervosos, tentando comparar com protótipo construído. Nessas discussões, explicou que o Sistema Nervoso Periférico (SNP) é formado por uma rede ramificada de nervos, e que com tamanha extensão, segundo Guyton (1988), “difícilmente pode haver um único milímetro cúbico de tecido no corpo que não possua terminações nervosas.” (GUYTON, 1988, p. 99).

A anatomia das fibras nervosas também se fez presente nas discussões já que seus respectivos calibres interferem no tempo de condução dos impulsos nervosos. A professora/investigadora explicou que quanto mais calibrosas forem as fibras nervosas e quanto mais espessas forem as bainhas de mielina (estrutura presente no axônio de alguns neurônios), mais rapidamente a fibra conduzirá um impulso. Segundo Guyton (1988),

as fibras de maior diâmetro conduzem os impulsos a uma velocidade de 100 m/s, enquanto que as fibras de menor diâmetro conduzem os impulsos com uma velocidade na ordem de 0,5 m/s. (GUYTON, 1988, p. 99).

Nas discussões, pelas falas dos alunos percebemos que a participação deles foi além da mera discussão dos conceitos ligados ao Sistema Nervoso, sendo levados a ter percepções mais aprofundadas sobre tais conceitos discutidos.

#### CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho com a robótica educacional possibilitou o planejamento e o replanejamento das ações por parte dos alunos, estimulou o raciocínio e as habilidades artísticas dos mesmos, além de discussões sobre conceitos de biologia relacionados ao conteúdo proposto. Ao utilizarmos o kit Arduino, observamos que é possível a construção de protótipos de baixo custo e que a robótica educacional pode ser utilizada em qualquer nível de ensino. Percebemos que a robótica educacional ainda é pouco voltada, estudada e aplicada no ensino de biologia apesar de facilitar o trabalho em grupo, a interação entre os alunos e o professor e atuar como fator motivacional para a realização de trabalhos.

Apenas um aluno do grupo de investigação havia interagido com software e o hardware Arduino antes do início dos trabalhos. Dessa forma, acreditamos que o interesse para o desenvolvimento do trabalho foi despertado também pelo fato de que a robótica era novidade para a

maioria dos integrantes do grupo. Ao considerarmos a robótica educacional uma tecnologia educacional, entendemos que a educação escolar pode ser enriquecida por essa tecnologia como forma de despertar nos alunos o interesse em desenvolver trabalhos que os instiguem a tomarem de decisões, a fazerem reflexões, a serem criativos e darem significado aos conteúdos apresentados em sala de aula.

A falta de conhecimento em relação ao software e ao hardware por parte da maioria dos alunos e da professora/pesquisadora fez com que o erro, durante a conexão dos leds e o desenvolver da programação, estivesse presente em muitas reuniões. Ao ser considerado de maneira positiva, o erro possibilitou que os alunos se expressassem com liberdade, sem receios ou constrangimentos. Além disso, cada acerto, cada descoberta, era mais um incentivo para dar continuidade ao trabalho. Ao ficarmos horas sentados, pensando, testando, errando e acertando, o horário da reunião acabava, e os alunos achavam ruim dar continuidade ao trabalho somente na semana seguinte, tamanho o estímulo.

O trabalho com robótica educacional é desafiador e estimulante. Propicia a autonomia de pensamento entre os participantes. Dessa forma, esse trabalho reforçou o pensamento de que os alunos precisam apenas de uma instrução inicial e alguém para orientá-los durante o trajeto, pois a curiosidade, a inteligência, a capacidade de buscar e o interesse quando estão motivados, os levam a conclusão de todo e qualquer trabalho proposto.

Foi um trabalho árduo, mas gratificante. Com a perspectiva da aprendizagem colaborativa, a falta da hierarquia entre os integrantes do grupo possibilitou grande proximidade aos alunos. Além disso eles tiveram voz, foram estimulados a trabalhar em grupo, discutiram conceitos até que chegassem a conclusões e ainda fizeram questão de terminar o protótipo.

O trabalho com a robótica educacional a partir da aprendizagem colaborativa facilitou o debate e desenvolvimento de conteúdos por proporcionar momentos de discussão de conceitos relacionados à biologia, um ambiente lúdico de aprendizagem no qual os alunos, de forma descontraída, encontraram-se curiosos em busca de descobertas, o que facilitou o aprendizado de conteúdos e conceitos científicos. Ao proporcionar voz, autonomia e um ambiente lúdico livre de críticas destrutivas, os alunos se tornaram mais confiantes, colaborativos, cooperativos e estimulados a aprender.

Finalmente, pensamos que a utilização da robótica educacional em sala de aula ou em grupos extraclasse funciona adequadamente, desde que a presença do professor seja contínua, como um moderador da atividade, ao mesmo tempo que também participa como membro efetivo do grupo nas resoluções de problemas que aparecem durante a atividade.

Logo, a robótica educacional é uma estratégia que pode ser considerada como um processo e não como um produto. A aprendizagem aqui está relacionada ao andamento do fazer e não ao protótipo obtido ao final do percurso.

Arriscamos um pleonasmo para encerrar nosso trabalho: a robótica se faz, fazendo.

## REFERÊNCIAS

Almeida, L. C. F.; Silva, J. S. M. & Amaral, H. J. C. (2013). Robótica Educacional: Uma Possibilidade para o Ensino e Aprendizagem. *Revista da Escola Regional de Informática*, 2(1), 178-184.

- Amabis, J. M.; Martho, J.R. (2009). *Biologia dos organismos. 2ª série – Ensino Médio*. São Paulo: Ed. Moderna.
- Bardin, L. (2006). *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70.
- Brna, P. (1998). Modelos de colaboração. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, Acesso em 5 de Oct., 2017, <http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/rbie/3/1/001.pdf>.
- Guyton, A.C. (1998). *Fisiologia Humana*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- Hargreaves, A. (1998). *Os professores em tempos de mudança. O Trabalho e a Cultura dos Professores na Idade Pós-Moderna*. Lisboa: Mc Graw-Hill.
- Hidi, S.; Renninger, K. A. (2006). The four phase model of interest development. *Educational Psychologist*, 41(2), 111-127.
- Kneser, C.; Ploetzner, R. (2001). Collaboration on the basis of complementary domain knowledge: observe dialogue structures and their relation to learning success. *Learning and instructions*, 11, 53-83, 2001.
- Luckesi, C. C. (2011). *Avaliação da Aprendizagem Escolar: Estudos e Proposições*. São Paulo: Cortez.
- Nogaro, A., Granella, E. (2004). O erro no processo de ensino e aprendizagem. *Revista de Ciências Humanas*, 5 (5).
- Panitz, T. A. (1996). Collaborative Versus Cooperative Learning - A Comparison of the Two Concepts, acesso em 10 de Abr., 2017, <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED448443.pdf>.
- Piaget, J. (2005). *Inteligencia e Afectividad*. Buenos Aires: Aique Editor.
- Polishuk, A.; Verner, I. M. (2017). Student-Robot Interactions in Museum Workshops: Learning Activities and Outcomes. In MERDAN, M.; LEPUSCHITZ, W.; KOPPENSTEINER, G.; BALOGH, R. (Eds.), *Robotics In Education*, (pp. 233-244), Genebra: Springer.
- Rusk, N.; Resnick, M.; Berg, R. & Pezalla-Granlund, M. (2008). New pathways into robotics: Strategies for broadening participation. *J. Sci. Educ. Technol.* 17(1), 59–69.
- Santos, M. F. (2010). *A robótica educacional e suas relações com o ludismo: por uma aprendizagem colaborativa*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Goiás, Brasil.
- Schraw, G., Flowerday, T., Lehman, S. (2001). Increasing situational interest in the classroom. *Educational Psychology Review*, 13(3), 211-224.
- Silva, V. A.; Soares M. H. F. B. (2013). Conhecimento Prévio, Caráter Histórico e Conceitos Científicos: O Ensino de Química a Partir de Uma Abordagem Colaborativa da Aprendizagem. *Química Nova na Escola*. 35(3), 209-219.
- Torre, S. (2007). *Aprender com os erros: o erro como estratégia de mudança*. Porto Alegre. Artmed.

Torres, P. L.; Alcantara, P. R. & Irala, E. A. F. (2004). Grupos de Consenso: uma proposta de aprendizagem colaborativa para o processo de ensino-aprendizagem. *Revista Diálogo Educacional*, 4(13), 129-145.

Verner, I.; Polishuk, A.; Klein, Y.; Cuperman, D.; Mir, R. & Wertheim, I. (2012). Robotics education through a learning excellence program in a science museum. *Int. J. Eng. Educ.*, 28(3), 523–533.