

Aprendizagem colaborativa: construção de modelo do sistema cardiovascular humano associado à robótica

Collaborative learning: building a model of the human cardiovascular system associated with robotics

Aprendizaje colaborativo: construcción de um modelo del sistema cardiovascular humano asociado con la robótica

Recebido: 10/03/2021 | Revisado: 17/03/2021 | Aceito: 21/03/2021 | Publicado: 29/03/2021

Emanuel Carvalho Barbosa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6382-2069>

Universidade Estadual do Piauí, Brasil

E-mail: emanuel.barbosa@prof.edu.ma.gov.br

Filipe Augusto Gonçalves de Melo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6663-3538>

Universidade Estadual do Piauí, Brasil

E-mail: filipe.melo@phb.uespi.br

Resumo

O presente estudo objetivou a construção colaborativa de um modelo didático do sistema cardiovascular do corpo humano associado à robótica, tendo a plataforma Arduíno como ferramenta. Essa construção foi realizada por alunos através de um projeto em uma escola estadual de Água Doce, Maranhão. Uma sequência de ensino investigativa (SEI) foi desenvolvida e os diálogos entre os estudantes ao longo do projeto foram registrados por gravações de áudios. Um questionário abordando conhecimentos básicos sobre o sistema cardiovascular foi aplicado antes e depois do projeto e seus dados utilizados para averiguar a evolução da aprendizagem por meio da equação de Hake. Os alunos desenvolveram as etapas do projeto de forma participativa e comprometida, sugerindo estratégias e materiais para construção do modelo, o qual teve a base feita de PVC expandido e o sistema cardiovascular simulado por mangueiras e bombas hidráulicas associadas a um relé e sensor ultrassônico. A SEI apresentou resultados positivos no desenvolvimento do aprendizado sobre o sistema cardiovascular e de acordo com a equação de Hake os alunos apresentaram um ganho médio de aprendizagem. Os estudantes conseguiram construir de forma colaborativa o modelo didático, associando-o à robótica, assim como desenvolver a linguagem de programação.

Palavras-chave: Ensino; Cardiologia; Tecnologia.

Abstract

The present study aimed at the collaborative construction of a didactic model of the cardiovascular system of the human body associated with robotics, using the Arduino platform as a tool. This construction was carried out by students through a project at a state school in Água Doce, Maranhão. An investigative teaching sequence (SEI) was developed and the dialogues between students throughout the project were recorded through audio recordings. A questionnaire covering basic knowledge about the cardiovascular system was applied before and after the project and its data used to ascertain the evolution of learning through the Hake equation. The students developed the stages of the project in a participatory and committed manner, suggesting strategies and materials for building the model, which had the base made of expanded PVC and the cardiovascular system simulated by hoses and hydraulic pumps associated with a relay and ultrasonic sensor. SEI presented positive results in the development of learning about the cardiovascular system and, according to Hake's equation, students presented an average learning gain. The students were able to collaboratively build the didactic model, associating it with robotics, as well as developing the programming language.

Keywords: Teaching; Cardiology; Technology.

Resumen

Se desarrolló una secuencia de enseñanza investigativa (SEI) y los diálogos entre los estudiantes a lo largo del proyecto se grabaron a través de grabaciones de audio. Antes y después del proyecto se aplicó un cuestionario que cubría los conocimientos básicos sobre el sistema cardiovascular y se utilizaron sus datos para conocer la evolución del aprendizaje a través de la ecuación de Hake. Los estudiantes desarrollaron las etapas del proyecto de manera participativa y comprometida, sugiriendo estrategias y materiales para la construcción del modelo, que tenía la base hecha de PVC expandido y el sistema cardiovascular simulado por mangueras y bombas hidráulicas asociadas a un relé y sensor ultrasónico. El SEI presentó resultados positivos en el desarrollo del aprendizaje sobre el sistema cardiovascular y, según la ecuación de Hake, los estudiantes presentaron una ganancia de aprendizaje promedio. Los alumnos pudieron

construir de forma colaborativa el modelo didáctico, asociándolo con la robótica, así como desarrollar el lenguaje de programación.

Palabras clave: Enseñanza; Cardiología; Tecnología.

1. Introdução

Os métodos tradicionais de ensino são pautados na memorização e reprodução de conceitos, o que impossibilita ao aluno a contextualização do conteúdo. Segundo Silva et al. (2016) isso acarreta em um distanciamento entre ensinar ciências e formar cidadãos alfabetizados cientificamente. Muitos autores têm utilizado de metodologias ativas a fim de resgatar o estudante e inseri-lo no processo de ensino e aprendizagem, principalmente quando se trata de conteúdos mais abstratos como fisiologia e citologia (Santana & Santos, 2019).

Na aprendizagem colaborativa o professor opera na criação de situações e ambientes apropriados para que o estudante possa ampliar suas aptidões sociais e cognitivas de forma criativa, na interação com o grupo (Torres & Irala, 2014). Assim os discentes são instigados a estabelecer novas maneiras de enxergar elementos sociais e científicos, reconhecendo-se quanto indivíduos e colaborando com outros por meio de suas experiências de vida (Rocha, et al., 2019). Costa e Júnior (2019) apontam um crescimento no uso de práticas educativas e associam isso ao advento das tecnologias e ao ensino a distância.

Uma das estratégias que Garcia e Soares (2014) utilizaram para conduzir aulas de forma colaborativa foi a construção de um modelo didático, idealizado e produzido pelos próprios alunos. Segundo os autores essa metodologia desperta o trabalho em equipe e facilita a tomada de decisões. Atualmente, muitos trabalhos trazem inovações acerca das metodologias de ensino, que empregam a construção de modelos biológicos tridimensionais em sala de aula. Welter et al. (2019), demonstrou em seu estudo sobre o uso de modelos didáticos no ensino de genética, que uma das vantagens desse recurso é o resgate do aluno à aula, por se tratar de uma metodologia atrativa.

Modelos didáticos apresentam eficiência na aprendizagem, contribuindo para promover o interesse do aluno pelo conteúdo e dessa forma, desenvolver uma aprendizagem significativa (Silva, et al., 2016). O conteúdo ministrado pode requerer do aluno um maior grau de abstração, como os aspectos fisiológicos do sistema cardiovascular, necessitando de materiais mais tangíveis para o seu ensino, como os modelos didáticos.

Kawamoto e Campos (2014) apontam que o ensino sobre o corpo humano na educação básica ainda é bastante conceitual e fragmentado, apresentando pouca conexão entre os sistemas. Albuquerque et al. (2020) perceberam que o ensino do sistema circulatório necessita de estratégias mais estimulantes, como contato com estruturas em três dimensões. Ao realizarem essas metodologias os autores notaram um avanço no aprendizado.

O aumento expressivo da utilização de dispositivos eletrônicos em escolas reflete o quanto a tecnologia vem crescendo em vários setores sociais, tornando-se imprescindíveis, considerando que os indivíduos estão cada vez mais imersos em um ambiente digital (Santos, et al., 2018). É nessa perspectiva que emerge o ensino da robótica educacional, apresentando o uso de robôs como seu principal instrumento, o que permite aos estudantes programar e criar sistemas robóticos que contribuem para facilitar o processo de ensino e aprendizagem (Fernandes, et al., 2018). A principal plataforma utilizada na robótica educacional, e também empregada nessa pesquisa, é conhecida como Arduíno, que possui software livre e hardware de baixo custo (Arduíno, 2018).

O presente estudo reúne a elaboração de modelos didáticos-pedagógicos, robótica e a aprendizagem colaborativa como ferramentas para construir um conhecimento sobre o sistema cardiovascular humano. Avaliar novos tipos de abordagem é fundamental para o desenvolvimento da qualidade de ensino, além disso a robótica atrai e desenvolve habilidades transversais aos conteúdos trabalhados em sala de aula.

A pesquisa converge estratégias metodológicas diferentes tendo como objetivo a elaboração e aplicação de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) integrando o sistema circulatório com conhecimentos sobre robótica básica, além de

avaliar sua viabilidade. A construção colaborativa do modelo didático do sistema circulatório associado à robótica, também é objetivo desse estudo.

Os participantes dessa pesquisa são alunos de uma escola estadual de ensino médio, a qual apresenta um histórico de ensino precário, com falta de professores e recursos. A maioria dos estudantes é oriunda de povoados na zona rural, apresentando famílias carentes e pais analfabetos. Estratégias de ensino que atraia e facilite a compreensão dos conteúdos se fazem ainda mais necessárias nessa realidade.

2. Metodologia

O desenvolvimento do trabalho foi realizado em uma escola estadual de ensino médio, que fica em uma cidade localizada no norte do estado do Maranhão, apresentando uma zona rural predominante, onde a população tem a pesca e agricultura como principal fonte de subsistência. Os aspectos éticos dessa pesquisa foram avaliados e aprovados pelo comitê de ética e pesquisa da Universidade Estadual do Piauí apresentando o número do parecer 3.798.014.

Os resultados qualitativos dessa pesquisa, colhidos em questões subjetivas do questionário e por análise das gravações de áudio, complementaram os dados numéricos alcançados por meio das questões objetivas, compreendendo assim um estudo de natureza quali-quantitativa de acordo com Pereira et al. (2018).

A pesquisa ocorreu em três etapas: 1) criação de um projeto na escola com a inscrição dos alunos interessados; 2) aplicação de questionário antes e depois do projeto; 3) aulas colaborativas. Essa última contemplou a criação do modelo do sistema cardiovascular humano associado à robótica, tendo como ferramenta tecnológica a plataforma de prototipagem Arduino (Figura 1). Essa plataforma possui hardware e software livres, é considerada rápida e prática para pessoas com formações variadas terem acesso ao desenvolvimento de circuitos eletrônicos. É uma placa de circuito impresso apresentando um micro controlador programável via USB (Universal Serial Bus) e um conjunto de instrumentos que facilitam sua programação. Desta forma, é possível criar modelos de circuitos que recebem e enviam sinais analógicos/digitais para componentes como sensores e atuadores eletrônicos.

Figura 1 - Placa Arduino modelo UNO AT mega 328.



Fonte: Arduino (2019).

2.1 Projeto na escola

A criação do projeto na escola teve o objetivo de reforçar conhecimentos específicos e reunir alunos com o mesmo interesse de aprendizagem, esse projeto foi intitulado de “Corpo humano e a robótica” sendo divulgado nas três séries do ensino médio. As inscrições tiveram data e horário determinado e limite de participações de 25 alunos, caso esse número fosse ultrapassado os excedentes entrariam em uma fila de espera. Antes e depois do projeto os estudantes preencheram um questionário, que abordava sua percepção sobre robótica e o conhecimento prévio sobre o sistema cardiovascular, onde não eram identificados pelo nome e sim por código numérico.

2.2 Aulas colaborativas

As aulas do projeto aconteceram no contra turno, para não comprometer o conteúdo programático e calendário escolar, tendo frequência de um encontro por semana com duração de duas horas, ocorrendo de janeiro a março de 2020.

Para as aulas colaborativas foi produzida e aplicada uma Sequência de Ensino Investigativa – SEI, que se dividiu em quatro etapas, cada uma com três encontros, que duravam duas horas.

2.2.1 Etapa 1 – Aspectos fisiológicos e anatômicos

A primeira etapa iniciou com uma explanação teórica sobre o sistema cardiovascular humano, sempre levando em consideração o conhecimento prévio dos alunos, foi utilizado um vídeo de Miranda (2018) para auxiliar a explicação. Alguns questionamentos foram levantados pelo professor como: por que o coração é um órgão vital? Por que nosso sangue não se mistura? E por que não controlamos as batidas do coração? Após o momento teórico os alunos manusearam um coração bovino dissecado, com auxílio de bandeja, luvas, pinças e bisturi. A todo momento eram solicitados pelo professor a identificarem as estruturas que observavam.

2.2.2 Etapa 2 – Aspectos clínicos e patológicos

Nessa etapa o professor apresentou técnicas de aferição de pressão arterial e ausculta cardíaca, com o vídeo de Filho (2018) como apoio. Além disso, os estudantes conheceram várias doenças que atingem o sistema cardiovascular, seus sintomas, tratamentos e prevenções, sempre considerando suas realidades e experiências. Posteriormente à abordagem teórica os alunos formaram duplas e praticaram a aferição de pressão através do método de Korotkoff e identificação das bulhas cardíacas localizando o *Ictus cordis*. Utilizaram esfigmomanômetro aneróide, estetoscópio e materiais para higienização como álcool 70% e algodões.

2.2.3 Etapa 3 – Robótica (Arduíno)

A etapa três contemplou o ensino de robótica, em que o professor utilizou um simulador online (Tinkercad, 2020) para ensinar e orientar os estudantes, os quais se dividiram em quatro equipes e praticaram a construção de diversos tipos de circuitos e seus códigos, utilizando kits Arduíno, contendo a placa e componentes eletrônicos (figura 2). O primeiro circuito requisitado pelo professor foi ligar e desligar uma lâmpada de LED (*light emitting diode*), em que a orientação foi feita através do simulador e os estudantes apenas repetiram os comandos. Os outros circuitos solicitados foram: simulação de um semáforo com três LEDs piscando, e circuitos que utilizavam sensor ultrassônico (sensor de proximidade), sensor LDR (*light dependente resistor*), sensor PIR (*passive infrared*), detector de som e potenciômetro. Nesses circuitos não ocorreram a orientação do professor com simulador, que solicitava os comandos em formas de desafios, estimulando a competição e ressaltando o protagonismo dos estudantes.

Figura 2 - Kit contendo: Arduino UNO AT mega 328; cabo USB; protoboard 400 furos; kit Jumpers Macho - Macho 60 vias; kit Jumpers Macho - Fêmea 20 vias; kit 40 resistores; kit de 12 leds difuso; sensor ultrassônico; LDR (sensor de luminosidade); detector de som; sensor de movimento; push Buttons e potenciômetros.



Fonte: Autores (2020).

2.2.4 Etapa 4 – Construção do modelo

Na etapa quatro os alunos dedicaram-se a construção do modelo didático, resgatando todas as informações das etapas anteriores. As estratégias e materiais utilizados eram propostos por eles, obedecendo os seguintes critérios de escolha: valor didático, ou seja, aproximação com a realidade; valor estético; facilidade de trabalho; viabilidade de programação e custo financeiro. Nessa etapa a participação do professor era limitada a instigar as discussões entre os alunos.

2.3 Análise de dados

As informações colhidas através do questionário foram analisadas sob os aspectos socioeconômicos dos alunos e quantidades de acertos por questão. O ganho efetivo de aprendizado foi mensurado a partir da equação proposta por Hake (2002), que permite avaliar o progresso da aprendizagem dos alunos em um envolvimento interativo (EI) após a aplicação de determinada metodologia. O ganho médio normalizado (g) é definido pela equação:

$$g = \frac{\% \text{ pós} - \% \text{ pré}}{100 - \% \text{ pré}}$$

Em que g representa o ganho normalizado, $\% \text{ pós}$ é a porcentagem de acerto após a aplicação da metodologia proposta, $\% \text{ pré}$ é a porcentagem de acertos antes da metodologia e 100% é a porcentagem máxima de acertos possíveis. Os valores de g podem variar de 0 a 1, podendo ser baixo ($g < 0,30$), médio ($0,30 \leq g < 0,70$) e alto ($g \geq 0,70$). O ganho normalizado foi calculado levando em consideração o número de alunos que acertou cada questão antes e depois do projeto. Os itens analisados através da equação de Hake (2002) foram apenas os que tratavam de conhecimentos sobre o sistema circulatório humano, ou seja, da 6ª a 9ª questão.

3. Resultados e Discussão

Foram ofertadas 25 vagas para o projeto de robótica associada ao sistema cardiovascular humano, havendo 31 inscritos, dessa forma seis alunos ficaram na lista de espera. Ao decorrer do projeto três alunos desistiram, o fato de morarem no povoado

mais distante do colégio justificou a desistência, considerando que no dia do projeto os estudantes estavam os dois turnos na escola. Os alunos desistentes não foram substituídos, pois saíram na metade do projeto, que seguiu com 22 participantes.

A idade dos discentes estava entre 16 e 20 anos. O projeto contou com 68% de participação de alunos do sexo masculino, ou seja, 15 estudantes, 32% eram do sexo feminino, representando sete alunas. Esses dados corroboram com um levantamento feito por Santos et al. (2009), mostrando que na relação entre gêneros há uma prevalência masculina nas áreas de exatas e engenharias.

O projeto “Corpo humano e robótica” seguiu a sequência de ensino investigativa de forma colaborativa, onde as participações e contribuições dos alunos estão descritas a seguir.

3.1 Análise qualitativa – Etapas da SEI

Ao entrarem em contato com o coração bovino (Figura 3) os estudantes mostraram interesse e empolgação pela prática, que atraiu suas atenções, fato perceptível nas falas transcritas abaixo.

“Estou me sentindo um médico fazendo cirurgia (risos).” Aluno 17

“Nossa, nunca tinha pegado num coração!” Aluno 21

Figura 1 – Coração bovino descongelado e com o máximo das estruturas preservadas.



Fonte: Autores.

Da Silva et al. (2017) também notaram que aulas práticas tornam o conteúdo mais atrativo, contribuindo de forma eficaz para o aprendizado.

A maioria dos participantes conseguiu identificar as estruturas cardíacas, quando eram instigados pelo professor. Algumas de suas falas foram gravadas e transcritas abaixo.

“Eu acho que o espaço de cima é a artéria, porque é a mais grossa.” Aluno 3

“Se botar o dedo ai (artéria aorta) vai parar no ventrículo então, no esquerdo né?” Aluno 18

“Acho que essas redinhas ai são aquelas que fecham o espaço entre os átrios, átrios não, como é? Entre o átrio e ventrículo.” Aluno 17

Silva et al. (2012) utilizaram órgãos suínos dissecados para o ensino de anatomia, concluindo que essa prática conduz o estudante ao aprendizado de forma mais eficiente e duradoura.

Na ausculta do coração os estudantes demonstraram facilidade na localização do *Ictus cordis* e no reconhecimento das bulhas cardíacas (Figura 4).

Figura 4 - Alunos em dupla identificando as bulhas cardíacas.



Fonte: Autores.

Na prática da aferição de pressão (Figura 5), os alunos demonstraram dificuldades em reconhecer os sons de Korotkoff, Oliva e Aquino (2016) também notaram essa dificuldade em sua pesquisa e a atribuíram às aulas teóricas. O tempo destinado a esse tema no projeto pode estar relacionado a isso.

Muito dos estudantes nunca tinham aferido suas pressões arteriais, fato que trouxe curiosidade e empolgação para o grupo. Figueirinha e Herdy (2017) fizeram um levantamento sobre casos de hipertensão em adolescentes e a partir de questionário notaram que 45,5% dos participantes também nunca tiveram suas pressões arteriais aferidas.

Tsukamoto et al. (2015) mostraram a importância da realização de atividades educativas, que alcancem o entendimento da população em prevenir e controlar a hipertensão, a fim de que possibilitem o autocuidado e um maior conhecimento sobre essa categoria de enfermidade.

Figura 2 - Professor orientando os alunos sobre a prática.



Fonte: Autores.

As aulas práticas sobre robótica acontecerem na própria sala de aula, pois a escola não dispõe de um espaço específico para esse tipo de ensino. De Souza et al. (2018) demonstraram que um local apropriado para o ensino de robótica, como laboratórios de tecnologia, torna o ensino e a aprendizagem mais eficientes e produtivos.

O uso do simulador de Arduino online Tinkercad (Tinkercad, 2020), facilitou o ensino da montagem de circuitos, onde os alunos não apresentaram problemas na reprodução utilizando a placa física, como mostra a figura 6, em que os estudantes estão ligando um LED à plataforma.

Figura 3 - Aluno montando o circuito para ligar um LED.

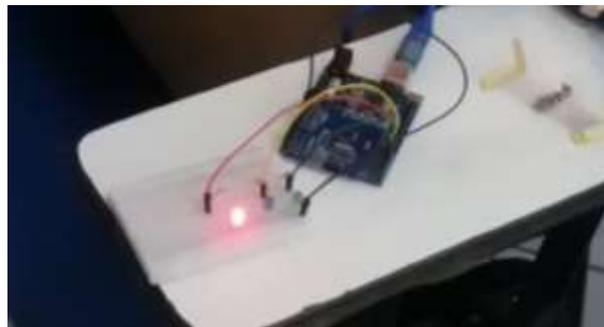


Fonte: Autores (2020).

O mesmo simulador foi utilizado por Lira et al. (2019), onde objetivava estimular o raciocínio computacional de estudantes, os autores consideraram essa metodologia fácil, simples e eficaz.

Ao serem desafiados a montarem circuitos sem o auxílio do simulador os alunos, inicialmente, demonstraram insegurança, mas à medida que praticavam a maioria foi demonstrando confiança e agilidade. O primeiro circuito solicitava a utilização de três LEDs para simular um semáforo, ou seja, para que as luzes piscassem de forma alternada (Figura 7). Todos os grupos montaram de forma correta o circuito, porém duas equipes tiveram dificuldade na elaboração dos códigos, conseguindo finalizar com a intervenção do professor.

Figura 4 - Simulador de semáforo desenvolvido por alunos.



Fonte: Autores (2020).

As seguintes atividades práticas da etapa três, consistiram em associar sensores aos atuadores. Nesse momento a quantidade de alunos por grupo foi reduzida devido a problemas relacionados ao transporte escolar.

Os estudantes foram desafiados a montar um circuito e criar códigos para que um LED ligasse quando algo ou alguém se aproximasse a uma determinada distância de um sensor ultrassônico. Dois grupos conseguiram fazer o sistema sem dificuldades e um deles foi além do proposto, fazendo o LED ascender a uma determinada distância e depois piscar, caso essa

distância fosse ultrapassada. Isso demonstrou que alguns alunos fixaram um conhecimento visto anteriormente, sabendo utilizá-lo em ocasiões específicas. Dimas e Rocha (2018) defendem que essas metodologias favorecem a autonomia do educando, facilitando a tomada de decisões individuais e coletiva.

Após esse momento os alunos foram orientados a associarem um LDR (sensor de luminosidade) à lâmpada de LED (Figura 8). Dessa vez os estudantes tiveram 20 minutos para terminarem a atividade e assim que o tempo acabou o professor desligou a luz da sala, o grupo em que o LED ligasse automaticamente com a ausência da luminosidade estaria com o circuito e os códigos corretos. Apenas um grupo conseguiu realizar a tarefa dentro do tempo estipulado, os outros conseguiram, porém após os 20 minutos. Essa atividade gerou um sentimento de competição entre os alunos, que se mostraram empolgados com o desafio, desenvolvendo o trabalho em equipe e compartilhando conhecimentos.

Figura 5 - A: LDR com a lâmpada da sala acesa. B: LDR com a lâmpada da sala apagada.



Fonte: Autores (2020).

Durante todas as atividades dessa etapa notou-se uma maior dificuldade na linguagem computacional em relação a montagem dos circuitos, ou seja, a maioria dos estudantes conseguia utilizar a placa e os componentes eletrônicos sem maiores problemas, mas no momento de inserir os códigos demonstravam insegurança. Fernandes et al. (2018) também perceberam que seus alunos apresentaram uma compreensão maior sobre o hardware e algumas limitações quando se trava do software do Arduino.

A última etapa, dedicada à construção do modelo, os alunos prouferam quais materiais poderiam ser usados para sua confecção estrutural, os materiais citados foram:

- Madeira;
- Isopor (poliestireno);
- MDF (Medium Density Fiberboard);
- Manequim de plástico;
- PVC expandido (policloreto de vinila).

O PVC expandido foi o que atendeu melhor aos critérios de escolha, sendo utilizado para simular o corpo do modelo didático contendo 100 cm de altura e 55 cm de largura. O corte em forma da silhueta humana foi terceirizado em uma gráfica (Figura 9).

Figura 6 - Silhueta do corpo humano feita de PVC expandido e utilizado na construção do modelo didático.



Fonte: Autores.

Duas ideias principais foram propostas pelos alunos pra simular o percurso sanguíneo no modelo. A primeira foi defendida pelo aluno 18, tendo sua fala transcrita abaixo:

“A ideia que chegamos foi de fazer os vasos sanguíneos de LEDs, eles iam acendendo um por um, aí a fileira dos vermelhos saiam piscando do coração e dos azuis chegavam nele.” Aluno 18

É possível notar que o aluno apresenta conhecimento básico sobre o percurso sanguíneo nos seres humanos, atribuindo as cores corretas, que são definidas didaticamente, para identificar veias e artérias.

A estratégia do uso de LEDs em modelos didáticos também foi proposta por alunos em um trabalho realizado por Garcia e Soares (2014), porém simulava o percurso do sistema nervoso central e periférico. O uso desse atuador eletrônico traz um valor não só didático, mas também estético ao modelo, característica importante no processo de aprendizagem, pois atrai a atenção e instiga a curiosidade dos estudantes. A sua associação à robótica, no entanto, exigia uma grande quantidade de componentes além dos LEDs, como fios e resistores. A programação também seria muito extensa e essa estratégia exigia uma plataforma de prototipagem com uma quantidade de portas, superior a das placas de Arduino que os alunos utilizavam.

A outra estratégia de simulação do sistema sanguíneo humano em um modelo didático, foi proposta pelos alunos 3 e 17, onde suas falas encontram-se transcritas abaixo:

“A gente pensou em um sistema com mangueiras transparentes, aquelas de aquário e o coração seria a bomba.” Aluno 3

“É, bomba de aquário também né. E a água que ia correr seria colorida com tinta, uma azul e outra vermelha” Aluno 17

A compreensão do funcionamento do órgão cardíaco, permitiu que os alunos chegassem a uma analogia utilizando uma bomba de aquário.

O uso da bomba e mangueira de aquário demonstram excelente valor didático, aproximando-se da realidade do sistema cardiovascular no aspecto da fluidez sanguínea, proporcionando também um agradável valor estético. A associação desses

componentes à robótica apresentou pontos positivos, considerando que a bomba d'água seria o único atuador a ser programado. O custo do material foi o único ponto negativo na escolha desse recurso, uma vez que o preço de uma bomba hidráulica é superior ao conjunto de LEDs necessários para elaboração do sistema. Ainda assim, o uso desses recursos apresentaram mais vantagens, sendo o escolhido para elaboração do modelo didático. Uma estratégia parecida foi utilizada por Campos et al. (2011), que concluiu ser um ótimo recurso no ensino do sistema cardiovascular humano, porém o autor não associou robótica ao modelo.

A bomba hidráulica utilizada foi uma submersível de 6 Watts (W) de potência com vazão volumétrica de 150L/h. A mangueira escolhida inicialmente foi de silicone 5mm de diâmetro. Em sala de aula testou-se a associação desses dois componentes, com auxílio de um recipiente de plástico (Figura 10).

Figura 7 - Teste da associação entre bomba hidráulica e mangueira.



Fonte: Autores.

Ao debaterem sobre a funcionalidade do sistema, algumas problemáticas foram levantadas pelos estudantes.

“as mangueiras têm que ser duas né, porque não pode misturar um sangue com outro.” Aluno 10

“a bomba vai bombear duas mangueiras, como assim?” Aluno 17

“tem que ser que nem o coração, a gente não tem dois corações, um para veia e um para artéria né (risos)” Aluno 3

A discussão entre os alunos demonstra o desenvolvimento de um raciocínio investigativo frente ao problema. Sabendo que o coração apresenta cavidades que impedem a mistura do sangue arterial e venoso, os estudantes detectam os desafios que uma simulação do sistema cardíaco apresenta e começaram a propor soluções, instigados pelo professor. Das ideias mencionadas para sanar o problema a mais viável foi do aluno 10.

“a gente poderia usar duas (bombas) cada uma com uma mangueira, uma bombeava de baixo pro coração e a outra no coração pro corpo todo, é como se tivesse dois corações mesmo, mas podia esconder.” Aluno 10

Uma outra bomba, com as mesmas especificações da primeira, foi adquirida. A solução para melhorar o valor estético e didático foi esconder as duas bombas hidráulicas por trás da estrutura do modelo, deixando-as submersas em água dentro de garrafas PETs cortadas presas na estrutura com arame e grampos. (Figura 11). A ideia era que uma das mangueiras saísse por trás dos pulmões para o coração e depois para a representação dos órgãos e retornasse ao recipiente por trás do modelo. A outra mangueira sairia dos órgãos para o coração depois para os pulmões, onde era escondida e retornava também por trás do modelo.

Ao visualizar a frente do modelo parecia se tratar de apenas uma mangueira a qual mudaria de cor ao fim da circulação sistêmica e depois ao passar pelos pulmões.

Figura 8 - Parte anterior do modelo com os suportes feito de garrafa PET para abrigar o líquido e as bombas.



Fonte: Autores.

A coloração do líquido foi outro desafio encontrado pelos alunos, a maioria preferiu corante alimentício vermelho e azul. Essa alternativa, contudo, impedia a visualização do movimento da água, por se tratar de uma mistura homogênea. Alguns materiais foram mencionados a fim de solucionar esse entrave, como óleos, orégano, refrigerante e purpurina, esse último foi considerado mais viável para um teste, o qual demonstrou a ineficácia do material para esse propósito, pois sua densidade o impedia de misturar-se com a água no recipiente (Figura 12).

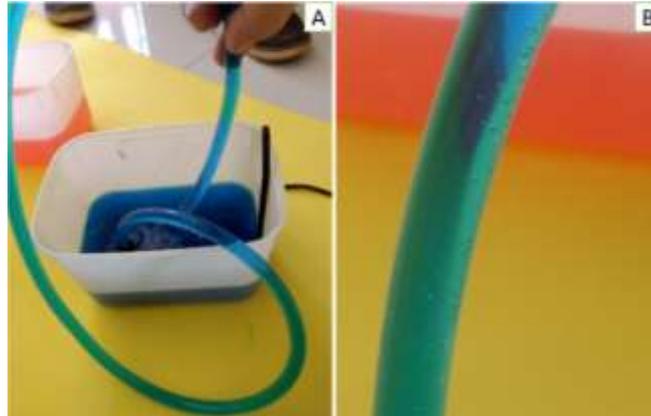
Figura 9 - Purpurina concentrada na superfície da água, não passando pela bomba.



Fonte: Autores.

O orégano não foi testado, pois o grupo supôs que teria o mesmo resultado da purpurina e enquanto ao óleo houve o receio de danificar a bomba hidráulica. O refrigerante por apresentar características gaseificadas seria uma boa alternativa, pois as bolhas seriam visíveis percorrendo a mangueira. O refrigerante foi escolhido para simular o sangue no modelo didático, sendo transparente e adicionado corante alimentício (Figura 13).

Figura 10 - A: teste do uso de refrigerante incolor e corante alimentício. B: visualização do movimento das bolhas.



Fonte: Autores.

Sobre a linguagem de programação os alunos sugeriram que os códigos desenvolvidos ligassem e desligassem a bomba obedecendo a média dos batimentos cardíacos de uma pessoa adulta.

“a gente manda a bomba ligar e desligar como se fosse uma batida do coração, é só programar no arduino, quando ele vai mandar eletricidade e quando vai parar” Aluno 17

A bomba hidráulica, no entanto, não poderia ser aberta, por motivos de segurança, a solução foi usar um relé específico para Arduino (Figura 14) em uma extensão, ligando-a à bomba d’água.

Figura 11 - Módulo relé específico para arduino.



Fonte: Autores.

Relé é um interruptor eletromecânico que pode controlar a passagem da corrente elétrica. Esse dispositivo também foi associado a bomba d’água em um trabalho de Reinoso et al. (2017), em que os estudantes construíram um sistema de irrigação utilizando Arduino.

O relé foi testado junto a uma extensão, bomba hidráulica e Arduino, sendo considerado uma ótima alternativa pelo grupo (Figura 15).

Figura 12 - Relé atuando na passagem de energia para a bomba.



Fonte: Autores.

Para elaborar uma programação em que o relé ligasse e desligasse (e consequentemente a bomba) os alunos consideraram um coração com 80 batimentos por minuto – BPM, como média. Utilizando a função “delay” no software, que mantém o último comando executado, os alunos calcularam quantos segundos a bomba ficaria ligada fazendo o fluido correr e quantos segundos ficaria desligada. A ideia desse cálculo surgiu após o questionamento do aluno 3:

“Professor, se um coração bate 80 vezes em um minuto então a gente tem que saber quanto tempo dura uma batida dessa” Aluno 3

Os estudantes dividiram 60 segundos por 80 batimentos encontrando o valor 0,75 segundos ou 750 milésimos. Esse valor foi utilizado como correspondente a duração de uma sístole para programação do relé, contudo existe um intervalo entre um batimento e outro o qual teve o mesmo tempo considerado. Esses valores foram definidos somente para padronizar os códigos da programação (Figura 16), apresentando apenas semelhança com a realidade, considerando as variáveis que os sistemas orgânicos estão expostos.

Figura 13 - Códigos para ligar e desligar o relé, com valores baseados na frequência cardíaca.

```
int rele = 8; // relé ligado à porta digital 8 do arduino
void setup() {
  pinMode(rele, OUTPUT); // indicando que a porta 8, onde está o relé, irá mandar energia
}
void loop() {
  digitalWrite(rele, HIGH); // ligar relé
  delay(750); // esperar 750 milésimos de segundos ligados
  digitalWrite(rele, LOW); // desligar relé
  delay(750); // esperar de 750 milésimo de segundos desligados
}
```

Fonte: Autores.

Para agregar mais valor à programação, os alunos pensaram sobre sensores que poderiam ser associados ao modelo, o sensor ultrassônico foi mencionado por quase todos os estudantes, entre eles o aluno 18:

“aquele sensor de aproximação (sensor ultrassônico) seria bom, ela parece olhos, ai botava no rosto dele e quando alguém chegasse perto o coração acelerava” Aluno 3

O sensor ultrassônico funciona como um sonar, emitindo uma onda mecânica que reflete em um objeto próximo e retorna, o tempo desse retorno permite o sensor calcular a aproximação desse objeto (Figura 17). O raciocínio do aluno contempla a necessidade da associação de um sensor, demonstrando conhecimento prático, resolutivo e capacidade de síntese frente a um desafio. Lemos e Filho (2020) avaliaram a contribuição da robótica educacional no aprendizado de alunos de escola pública e perceberam um considerável aumento da capacidade crítica e de resolução de problemas.

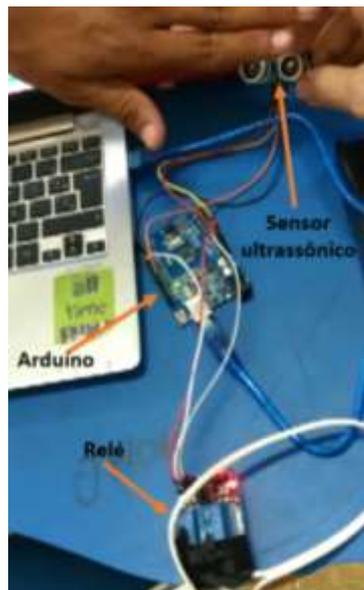
Figura 14 - Módulo de sensor ultrassônico para arduino.



Fonte: Autores.

O dispositivo foi associado ao sistema, integrando sua funcionalidade ao relé (Figura 18). Os alunos já conheciam os códigos utilizados nesse sensor, então não tiveram dificuldades em adapta-lo à situação.

Figura 15 - Teste da associação do módulo de sensor ultrassônico ao relé, integrados pela placa arduino.



Fonte: Autores.

Na programação utilizou-se as funções “if” e “else”, que executam uma ação mediante uma condição determinada, que no caso desse sistema foi a distância de um objeto, ou seja, se algo se aproximar a menos de 10 centímetros o relé diminuía a velocidade entre os disparos para 500 milésimos (Figura 19).

Figura 16 - Códigos de associação entre sensor ultrassônico e relé.

```
void setup() {  
  Serial.begin(9600);  
  pinMode(rele, OUTPUT);  
  pinMode(trig, OUTPUT); // um terminal do sensor envia um ultrassom  
  pinMode(echo, INPUT); // outro terminal do sensor recebe esse ultrassom refletido  
}  
void loop() {  
  int distancia = ultra ();  
  if (distancia < 10) { // se a distância for menor que 10 cm o tempo do relé ligado será 500ms  
    tempo = 500;  
  }  
  else {  
    tempo = 750; // se não for menor que 10 cm volta ao tempo normal  
  }  
}
```

Fonte: Autores.

As mangueiras utilizadas nos testes não se mostraram funcionais para o protótipo final, pois quando se desejava curvar suas paredes se encostavam, interrompendo o fluxo do líquido. A sugestão dos alunos foi utilizar mangueiras hospitalares de soro, chamadas de equipo, considerando que são mais finas e flexíveis (Figura 20).

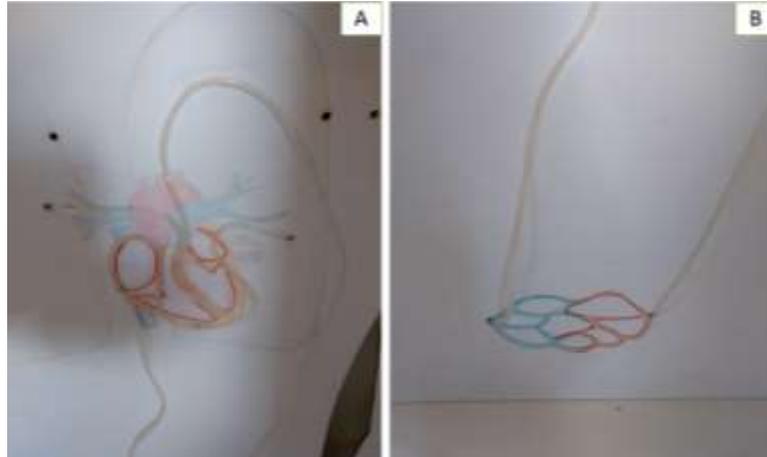
Figura 17 - Equipo utilizado para representar os vasos sanguíneos no modelo didático.



Fonte: Autores.

A construção do modelo didático reuniu todos os componentes, hardware e software citados durante essa etapa. O coração e pulmão foram desenhados e a circulação sistêmica foi representada por um esquema de capilares sanguíneos (Figura 21).

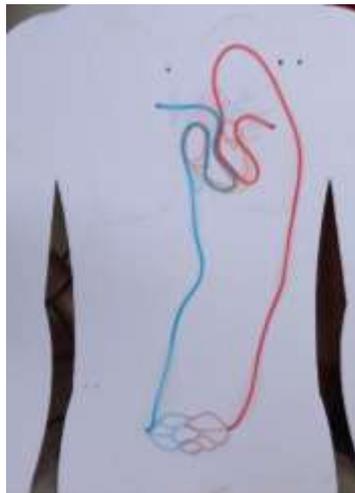
Figura 18 - A: Desenho do coração e pulmões feito pelos alunos e equipo colado de acordo com as direções da circulação sanguínea. B: Circulação sistêmica representada por desenho dos capilares.



Fonte: Autores.

As mangueiras que conduziam o líquido eram independentes, uma levando o fluido de baixo para cima, representando o sangue venoso e outra de cima para baixo, representando o sangue arterial (Figura 22).

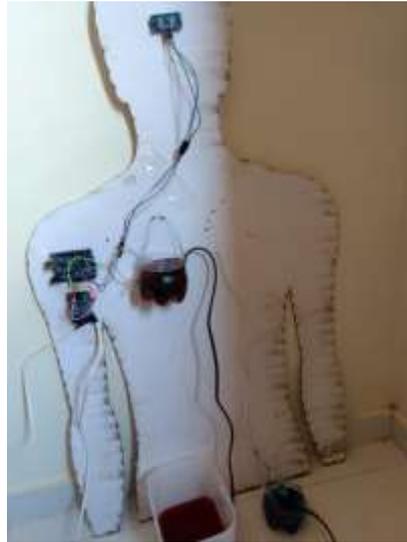
Figura 19 - Mangueiras conduzindo os líquidos, vermelho representando o sangue arterial e azul o sangue venoso.



Fonte: Autores (2020).

As bombas hidráulicas foram inseridas dentro das garrafas PETs na região anterior do modelo, onde as mangueiras escoavam passando por furos. Na parte de trás também foi acoplado todo o circuito eletrônico, envolvendo a placa Arduino, relé e o sensor ultrassônico, esse último foi encaixado em furos feitos na parte superior, representando os olhos do modelo (Figura 23).

Figura 20 - Parte anterior do modelo: bombas, coletores dos líquidos, placa arduíno, sensor ultrassônico e relé.



Fonte: Autores (2020).

Vale ressaltar que as limitações e discordâncias com a realidade foram questionadas e debatidas pelo grupo. A figura 24 mostra o modelo ao final da quarta etapa do projeto.

Figura 21 - Parte posterior do modelo didático: mangueiras transportando os líquidos e sensor ultrassônico representando os olhos.



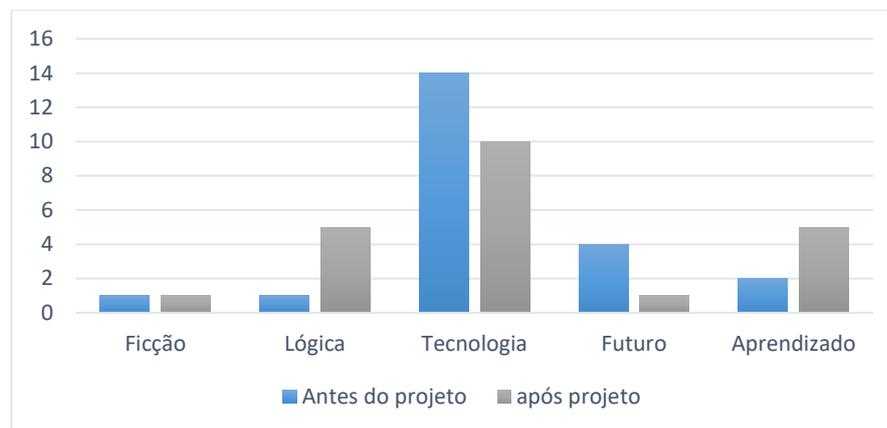
Fonte: Autores.

Silva et al. (2020) notou que essas metodologias agregam conhecimento tanto para alunos quanto para o professor, possibilitando-o uma reflexão sobre a prática adotada, a fim de melhorá-la e adaptá-la a diferentes realidades, criando assim, uma identidade profissional.

3.2 Análise quantitativa – Questionário

O item três do questionário objetivava filtrar a percepção que o aluno tinha sobre robótica, o gráfico abaixo apresenta essa percepção antes e depois da participação dos estudantes no projeto (Figura 25).

Figura 22 - Resultados referente a análise da questão três do questionário: *quando você ouve ou ler o termo “robótica” qual a primeira palavra que vem na sua mente?*



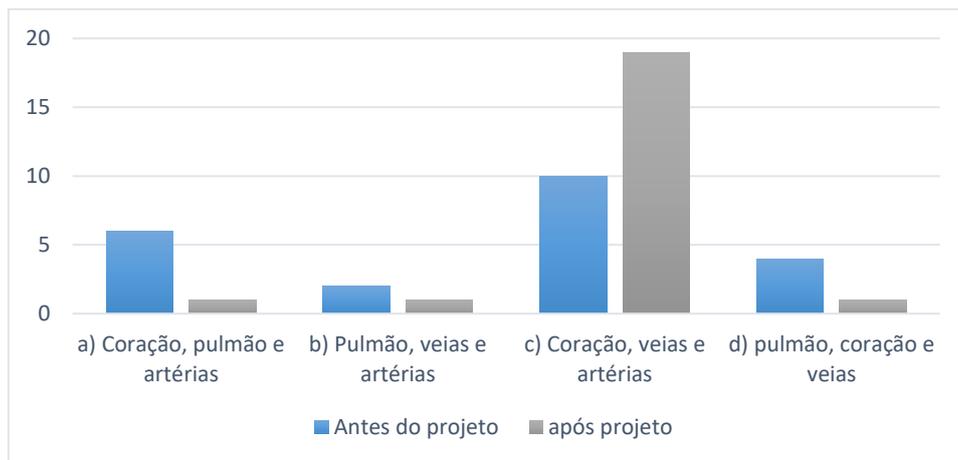
Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Após o projeto o item “aprendizado” foi mais mencionado que anteriormente, o que pode estar relacionado com a percepção do caráter didático que a robótica pode proporcionar. Mello e Oliveira (2018) também perceberam que os alunos desenvolveram uma visão mais educativa quando utilizaram essa metodologia para aprenderem sobre a ordem Araneae. O aumento na escolha da opção “lógica” para retratar suas percepções sobre o tema, após o projeto, demonstra que durante o processo de aprendizagem esse conceito foi abordado e principalmente utilizado frente aos desafios encontrados pelos participantes. Dornelles et al. (2019) realizaram um levantamento sobre a percepção de estudantes sobre robótica, que demonstraram, inicialmente, uma dificuldade para resolverem problemas relacionados ao pensamento lógico, melhorando, contudo, após a participação em oficinas.

Quando indagados sobre a possibilidade de aprender biologia utilizando robótica (questão quatro), 21 alunos acharam que era possível. Após o projeto esse número subiu para 22, ou seja, apenas um participante considerou que não seria possível a utilização dessa metodologia para aprender conceitos específicos de uma disciplina. De acordo com os dados obtidos na questão cinco os estudantes não tiveram contato com robótica em nenhuma etapa de suas trajetórias escolares, sendo unanimidade a primeira participação em um projeto como esse.

As outras questões tinham como objetivo extrair informações específicas sobre o sistema cardiovascular humano. A questão seis (Figura 26) tratava das estruturas básicas que compõem o sistema circulatório.

Figura 23 - Resultados referente a análise da questão seis do questionário: *o sistema cardiovascular é composto por.*

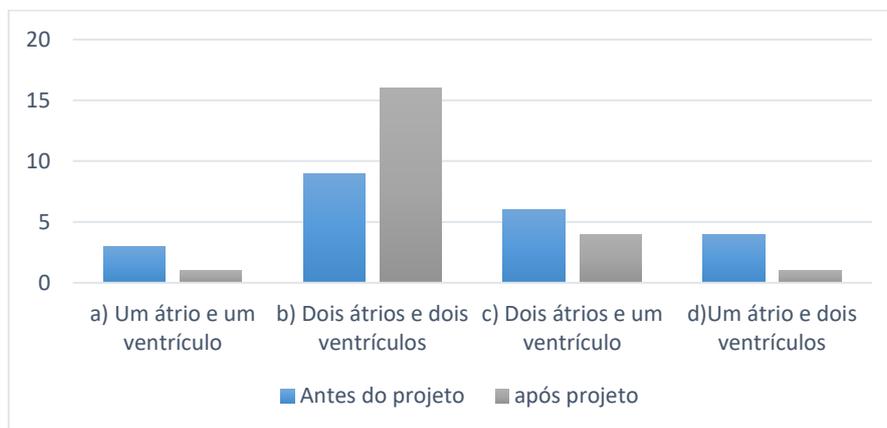


Fonte: Dados da pesquisa (2020)

A maioria dos estudantes marcou a alternativa adequada antes e após o projeto, porém houve um crescimento da quantidade de respostas corretas depois das aulas. O mesmo ocorreu na questão sete (Figura 27), que tratava das câmaras do coração.

Um dos fatores que contribuiu para o aumento da resposta correta foi a prática realizada com o coração bovino, sendo perceptível a empolgação e participação dos alunos nesse tipo de abordagem metodológica. Macêdo et al. (2017) utilizaram coração suíno dissecado para o ensino dos sistema cardiovascular, notando um avanço expressivo na aprendizagem dos alunos.

Figura 24 - Resultados referente a análise da questão sete do questionário: *quantas câmaras estão presentes no coração humano?*

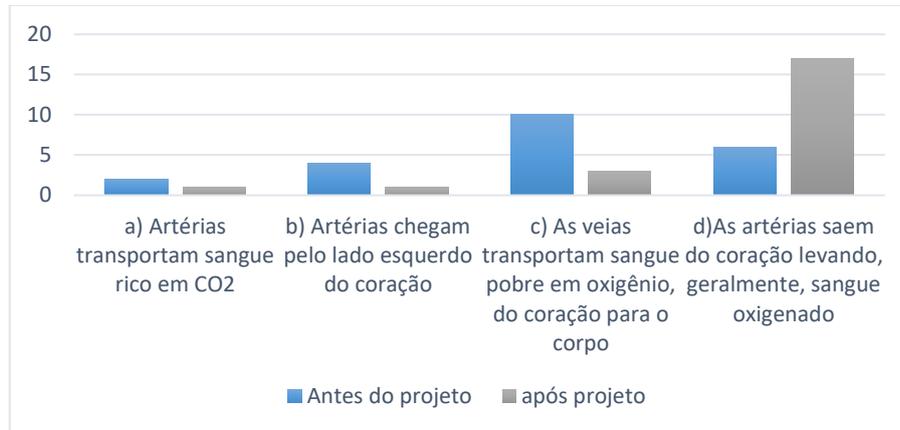


Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Durante as aulas teóricas, os corações de outros vertebrados foram comparados com os dos mamíferos, talvez alguns estudantes tenham confundido, o que pode justificar alguns equívocos na questão sete.

A questão oito abordava o aspecto fisiológico do sistema cardiovascular, relacionando veias e artérias com o tipo e direção de transporte (Figura 28).

Figura 25 - Resultados referente a análise da questão oito do questionário: *sobre veias e artérias, marque a alternativa correta.*

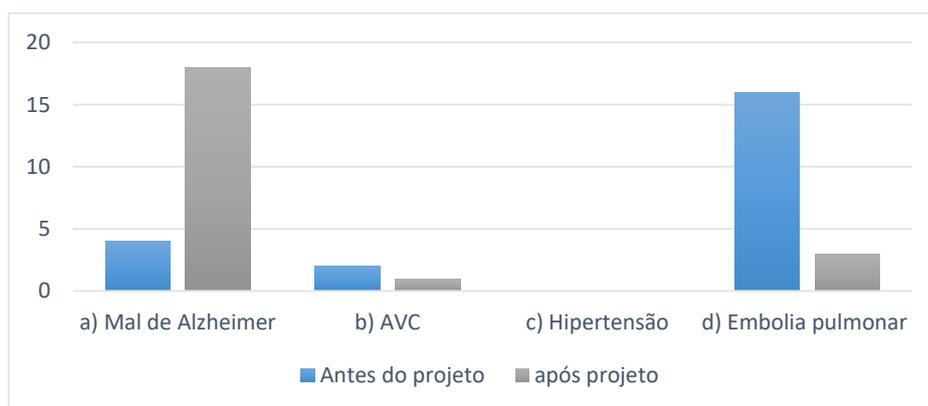


Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Nessa questão a maioria dos alunos não assinalou a alternativa correta antes do projeto, porém após as aulas, 17 estudantes responderam corretamente em relação ao transporte dos vasos sanguíneos. O fato da maior parte dos estudantes ter escolhido a alternativa “c” antes do projeto, demonstra que eles apresentavam conhecimento adequado sobre o tipo de sangue transportado pelas veias, contudo a informação sobre a direção desse transporte não estava bem consolidada. Após as aulas houve grande avanço em relação a escolha da opção correta, a principal estratégia metodológica que pode estar relacionado a isso foi a exposição de vídeos e a própria construção do modelo didático, onde os alunos tinham que estar frequentemente relembrando as sequências corretas do transporte de sangue venoso e arterial, para que o protótipo chegasse o mais próximo à realidade.

A nona questão tratava das patologias associadas ao sistema cardiovascular, onde os alunos teriam que marcar a única opção que não trazia uma doença relacionada a esse sistema (Figura 29).

Figura 26 - Resultados referente a análise da questão nove do questionário: *das doenças abaixo qual não está relacionada ao sistema cardiovascular?*



Fonte: Dados da pesquisa (2020)

A alternativa que continha embolia pulmonar foi a mais escolhida antes do projeto, esse resultado reflete a visão singular que os alunos possuem sobre os sistemas, não os relacionando com outros. A alternativa “c” não foi assinalada por nenhum aluno antes ou depois das aulas, esse comportamento pode estar relacionado com a quantidade de informações sobre hipertensão que circulam em forma de campanhas na mídia e na própria localidade dos estudantes, sendo a patologia cardíaca mais comum e conhecida. Durante o projeto foram discutidas diversas patologias do sistema cardiovascular, utilizando slides e vídeos. Muitas

doenças não eram conhecidas pelos estudantes, outras não eram relacionadas, por eles, ao sistema circulatório. O êxito na questão nove pós projeto demonstra a compreensão dos alunos sobre os agravos que acometem o coração e vasos sanguíneos, as consequências e principalmente as possíveis prevenções que podem ser tomadas para evita-los.

Em relação ao ganho normalizado de aprendizado calculado através da equação de Hake (2002), percebe-se duas questões que proporcionaram um g médio ($0,30 \leq g < 0,70$) e duas que apresentaram g alto ($g \geq 0,70$) como mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Percentual de alunos que acertaram as questões pré e pós projeto e ganho normalizado da aprendizagem (g).

Questão	%pré	%pós	G
6 ^a	45	86	0,74
7 ^a	40	72	0,53
8 ^a	27	77	0,68
9 ^a	18	81	0,76

g = valores para ganho normalizado de aprendizagem, segundo Hake (2002): baixo ($g < 0,30$), médio ($0,30 \leq g < 0,70$) e alto ($g \geq 0,70$). %pré – número de alunos que acertaram a questão antes do projeto. %pós – número de alunos que acertaram a questão pós o projeto. Apenas as questões objetivas foram analisadas por esse teste.

Fonte: dados da pesquisa (2020)

De acordo com Hake (2002), grupos de alunos que apresentam um ganho normalizado na aprendizagem entre 0,7 e 0,3 estão participando de cursos de ganho médio, que são associados ao uso de atividades que promovem um envolvimento interativo (EI). A média dos valores de g apresentaram um resultado considerável de 0,67, demonstrando a eficácia no EI a partir das atividades metodológica desenvolvidas no projeto.

4. Considerações Finais

Em síntese, o presente estudo demonstrou que alunos que indicavam baixo grau de conhecimento sobre o sistema cardiovascular humano e nenhum sobre robótica, apresentaram evolução ao participarem de uma estratégia que envolvia o ensino investigativo e a aprendizagem colaborativa. A aplicação da SEI permitiu que os estudantes protagonizassem a construção de seus próprios conhecimentos, alcançando a aprendizagem de forma conjunta, dinâmica e lúdica, tendo sua eficácia verificada a partir do valor g . Foi perceptível o comprometimento da maioria dos estudantes durante todas as etapas do projeto, mostrando empolgação e interesse pelos temas abordados. O modelo didático, os códigos de programação e a SEI são produtos decorrentes desse trabalho, que podem ser aperfeiçoados e adaptados a outras realidades.

Dessa forma, destaca-se a importância do uso de metodologias ativas, colaborativas e de caráter investigativo no ensino de Biologia. A associação de tecnologia a esses processos didáticos traz dinamismo e inovação, tornando as aulas mais atrativas e prazerosas não apenas para o aluno, mas também para o professor.

Por se tratar de um protótipo o modelo didático permite alterações, principalmente estéticas, deixando-o mais arrojado e atrativo. Sugere-se também, para estudos futuros, uma abordagem de outros sistemas do corpo humano ou até de outros seres vivos, permitindo a associação de diferentes mecanismos robóticos.

Referências

Albuquerque, J. D. dos S., Zaccara, A. A. L., Silva, A. F. M., Paiva, M. D. E. B., Silva, R. K. R. da, Souza, P. M. B. de, & Silva, J. Íris F. da. (2020). Aprendendo de olhos fechados: ensino da anatomia do coração e vasos da base por meio da identificação tátil. *Revista Eletrônica Acervo Saúde*, 49, 1-7. <https://doi.org/10.25248/reas.e3349.2020>

Arduino. (2019). What is arduino? <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>

- Campos, R. S. P., Carvalho, M. B., Otsuka, H. E. S. & Heber, R. (2011). Experimentando Ciência Teorias e práticas para o ensino da biologia. *Cultura Acadêmica*, 1(1), 205-225.
- Costa, L. M. G. C. & Junior, J. D. G. S. (2019). Aprendizagem colaborativa no desenvolvimento de Projetos para o ensino de matemática financeira. *Revista de investigação e divulgação em Educação Matemática*, 3 (2), 22-38.
- Da Silva, A. T., Cassamali, da S. A., De Castro, L. B., Dutra, Q. P., Stinguel, L. & Werner, E. T. (2017). Aulas práticas: sua importância e eficácia no ensino de Biologia. *Revista Univap*, 22(40), 569.
- De Souza, I. M. L., Sampaio, L. & Andrade, W. (2018). Explorando o Uso da Robótica na Educação Básica: um estudo sobre ações práticas que estimulam o Pensamento Computacional. In *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, 7(1), 639.
- Dimas, A. P. B. & Rocha, D.A. (2018). Neurociência, Educação e Metodologias ativas: um estudo de revisão. *IX Seminário de Ensino, Pesquisa e Extensão do UNIBAVE-SENPEX*, 878 -891.
- Dornelles, A. B. T. B., Cristhyan, A. C., Medeiros, E. M. S., Araújo, J. V. A., Villacorta, D.V. & Buriti, L. C. (2019). Robótica Educacional e Pensamento Computacional: uma Avaliação da Percepção dos Alunos sobre o Tema. In *Anais do IV Congresso sobre tecnologias na educação*, 1, 530-536.
- Fernandes, M., Santos, C. A. M., Souza, E. E. P. & Fonseca, M. G. (2018). Robótica educacional: Uma ferramenta para ensino de lógica de programação no ensino fundamental. In *Anais do XXIV Workshop de Informática na Escola*, 1, 315-322.
- Figueirinha, F. & Herdy, G. V. H. (2017). Hipertensão arterial em pré-adolescentes e adolescentes de Petrópolis: prevalência e correlação com sobrepeso e obesidade. *International Journal of Cardiovascular Sciences*, 30(3), 243-250.
- Filho, J, M, I. (2018) Ausculta cardíaca. <https://www.youtube.com/watch?v=NFb3K3I5s7w>
- Garcia, M. C. M. & Soares, M. H. F. B. (2014). Robótica educacional e aprendizagem colaborativa no ensino de biologia: discutindo o conceito de sistema nervoso. *Revista da SBEnBio*, (7), 5278-5289.
- Hake, R. R. (2002). Assessment of student learning in introductory science courses. <http://www.pkal.org/events/roudttable2002/papers.html>
- Kawamoto, E. M. & Campos, L. M. L. (2014). Histórias em quadrinhos como recurso didático para o ensino do corpo humano em anos iniciais do ensino fundamental. *Ciência & Educação*, 20(1), 147-158.
- Lemos, A. de S. & Filho, F. de A. B. (2020). Avaliação da robótica educacional no aprendizado de alunos de escolas públicas. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, 28(1), 337-343.
- Lira, R. C., Silva, M. L. U. & Cavalcanti, L. R. N. L. (2019). Desenvolvimento de um jogo utilizando robótica para o estímulo do pensamento computacional. In *Anais do IV congresso sobre tecnologia na educação*, 1, 524-529.
- Macêdo, F. C da S., Da Silva, T. R. & De Macêdo, E. G. (2017). Intervenção pedagógica pela pesquisa como estratégia de estágio para o ensino e aprendizagem do sistema cardiovascular. *Revista Prática Docente*, 2(2), 270-291.
- Mello, M. A. & Oliveira, P. G. (2018). *Roboranha: contribuição da robótica para o ensino de ciências, explicando a percepção de ameaças na Ordem Araneae* (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFP.
- Miranda, F. (2018). Sistema cardiovascular/sistema circulatório. <https://www.youtube.com/watch?v=R1mOebfhzGk>
- Oliva, M. D. P. M. & Aquino, S. (2016). Percepção de estudantes de enfermagem sobre o treinamento virtual segundo a American Heart Association. *ConScientiae Saúde*, 15(2), 288-296.
- Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. UFSM.
- Reinoso, L., Amorim, M., Silva, M. S., Hackbart, E. H. & Teixeira, G. (2017). Robótica experimental com uma arquitetura pedagógica para montagem de um sistema de irrigação inteligente. *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE*. 28(1), 695.
- Rocha, P. C. S., Souto, R. N., Jucá, S. C. S. & Silva, S. A. (2019). Estudo de caso sobre a aprendizagem cooperativa em uma Escola Estadual de Educação Profissional em Pentecoste-CE. *Research, Society and Development*, 8(8), 1-10.
- Santana, J. M. & Santos, C. B. (2019). O Uso de Modelos Didáticos de Células Eucarióticas como instrumentos facilitadores nas aulas de Citologia do Ensino Fundamental. *Revista multidisciplinar e de psicologia*, 13(45), 155-166.
- Santos, F. E., Pereira, D. S., Godin, J. M., Lima, J. V., Zaro, M. A. & Filho, A. B. C. A. (2018). Robótica Educativa no Ensino de Lógica de Programação: uma revisão sistemática da literatura. *Novas tecnologias na educação*. 16(1), 1-10.
- Santos, L., Ichikawa, E. & Cármano, D. (2009). *Ciência, Tecnologia e Gênero: desvelando o feminino na construção do conhecimento*. Londrina: IAPAR.
- Silva, A. A., Filha, R. T. S. & Freitas, S. R. S. (2016). Utilização de modelo didático como metodologia complementar ao ensino de anatomia celular. *Biota Amazônia*, 6(3), 17-21.
- Silva, K. J de O., Teixeira, C. & Pereira, F. L. (2020). Construção e utilização de modelos didáticos de *pediculus humanus capitis* para discussão sobre pediculose em uma escola do campo. *Experiências em Ensino de Ciências*, 15(1), 207-226.
- Silva, M. S. L., Machado, H. A. & Biazussi, H. M. (2012). Produção de material didático alternativo para aula prática de anatomia humana. In *VII Congresso Norte Nordeste De Pesquisa e Inovação*.
- Tinkercad, (2020). Autodesk Tinkercad. <https://www.tinkercad.com/circuits>

Torres, P. L. & Irala, E. A. F. (2014). *Aprendizagem Colaborativa: Teoria e Prática*. Curitiba: SENARPR.

Tsukamoto, H. F., Rodrigues, C. P. & Tonamine, C. Y. (2015). Educação em saúde: prevenção de doenças cardiovasculares. *Cadernos de educação, saúde e fisioterapia*, 2(3), 1-11.