

Uma Interpretação Heurística para o Processo de Aprendizagem em Robótica Educacional

*Luís Rogério da Silva*¹

Resumo

Existe na atualidade a tendência de se ministrar atividades de robótica ao primeiro ciclo da educação fundamental I. A literatura especializada tem apresentado a contribuição da Robótica Educacional como estímulo à criatividade e ao desenvolvimento socioemocional das crianças. Neste trabalho, apresentou-se o processo metodológico de pesquisa empregado para a confecção de três artigos acadêmicos que têm como tema a aprendizagem baseada em desafios de Robótica Educacional e dissecou-se tanto a organização lógica de suas hipóteses, conjuntamente consideradas, quanto como a maneira que as formas canônicas de inferências foram usadas para sustentar essas hipóteses. Os três artigos eleitos para análise discutem, em suma, a aplicabilidade e os benefícios pedagógicos auferidos pelo emprego de metodologia de aprendizagem baseada em projetos de Robótica Educacional. O desafio eleito, para a realização das pesquisas relatadas nos artigos, foi Viagem ao Centro da Terra proposto pelo TJR Torneio Juvenil de Robótica. O estudo mostrou a relevância da organização e da sistematização lógica de hipóteses como base para que se possa realizar a estruturação e averiguação conjunta das três pesquisas, bem como a importância da análise do emprego das formas canônicas de inferência, abdução, indução e dedução para a compreensão da validação das hipóteses sugeridas nos artigos estudados.

Palavras Chaves

Heurística, Robótica Educacional, Educação Fundamental, PBL (Problem Based Learning), Aprendizagem Baseada em Desafios.

Introdução

Artigos científicos têm constatado que as atividades de robótica destinadas ao Ciclo Básico podem aumentar o interesse dos alunos nas atividades acadêmicas e melhorar as suas competências emocionais e intelectuais².

Se faz relevante, portanto, estabelecer alguns parâmetros pedagógicos, para se determinar a etapa do currículo mais apropriada para iniciar a inclusão de atividades que envolvam a robótica educacional, bem como conhecer quais os benefícios podem ser esperados dessa prática.

¹ Professor no Departamento de Comunicação Social da Universidade Paulista. Doutorando na Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

² Ver, por exemplo, em: (BENITTI, KRUGER, URBAN, KRESPI, 2011); (BEZERRA et alli, 2014); (CATLIN, 2019); (D'ABREU, CONDORI, 2017);(EGUCHI, 2017); (JIEA, HUSSIN, CHUAN, AHMAD, 2019).

Os três estudos que são o substrato do trabalho atual visavam a delinear esses parâmetros através de pesquisas de cunho observacional e descritivo.

Na primeira etapa que redundou no primeiro artigo em fase de publicação, observou-se a viabilidade de aplicação dessa metodologia ativa em crianças matriculadas nas duas séries iniciais do Ensino Fundamental I, com a condição de sucesso vinculada a que nenhum dos grupos em observação fizesse refutar a hipótese de ser a prática de metodologia baseada em desafio de robótica educacional viável e cativante para ser aplicada a alunos dessas séries.

O sucesso em não se ver refutada essa primeira premissa foi considerado fundamental para o prosseguimento da pesquisa, quando, numa segunda etapa que redundou no segundo artigo em fase de publicação, tendo outros grupos de alunos na mesma faixa educacional, foram observados os casos daqueles grupos em que se obteve sucesso na busca da solução ao desafio proposto: Nessa etapa, a hipótese proposta é que a metodologia pode ter importante papel formativo. Desse segundo estudo, concluiu-se que a metodologia aplicada conduziu, efetivamente, ao desenvolvimento de novas estratégias cognitivas, por meio de raciocínios heurísticos.

Tendo as duas hipóteses devidamente consubstanciadas em duas pesquisas distintas e constatadas as validades em sua integralidade, pôde-se inferir que a atividade em grupo, com significativa troca de sugestões entre os alunos, reflexão e deliberação coletiva, sugeriria que, durante o processo, dava-se a ocorrência de uma rica interlocução, sendo prevalecte a conversação, pois, para essa faixa etária, a alfabetização ainda não se sedimentou.

A relevância do estudo atual reside no fato de mostrar que a sistematização dessas pesquisas e a organização de suas hipóteses sob critérios epistemológicos permitem tanto delimitar com maior clareza o conjunto domínio de eventos para os quais as hipóteses são válidas quanto inferir, frente à análise do mecanismo lógico inserido nessas pesquisas, novas hipóteses capazes de ampliar o conhecimento a respeito das novas metodologias educacionais.

Em função do encadeamento das três premissas principais das pesquisas já citadas constatou-se, em resumo que:

1. É possível aplicar a metodologia de aprendizagem baseada em desafios de Robótica Educacional com efetivos benefícios pedagógicos para a abordagem de conceitos previstos no currículo de matemática das séries iniciais da Educação Fundamental;
2. O engajamento dos alunos nessa atividade induz o emprego, por eles, de estratégias cognitivas estabelecidas de forma heurística, essencialmente estimuladas pela busca da solução do desafio proposto;
3. A instrução entre pares, fundamental para manter a coesão do grupo, é realizada, essencialmente, na modalidade oral, com estratégias próprias capazes de acelerar o processo de deliberação.

O método do trabalho atual consistiu em: 1. Analisar essas hipóteses de forma encadeada e verificar como as suas constatações se consubstanciam³; 2. Verificar se as hipóteses propostas são passíveis de serem refutadas.

Este trabalho de análise metodológica concluiu que não houve incoerência entre as hipóteses apresentadas nas três pesquisas, mas sugeriu que, quando confrontadas as três pesquisas em um conjunto único de conhecimento, devam ser apresentadas novas conjecturas para abrigar os casos possíveis e não abordados (os casos que não constam do núcleo duro das conjecturas propostas), com intuito de que, no futuro, sejam realizadas pesquisas para inquirir essas novas conjecturas mais gerais, bem como, discriminar, para os estudiosos, possíveis casos que, não estando no escopo dessas pesquisas, talvez não atendam tanto as hipóteses já constatadas ou algo que se deduzisse delas, constituindo-se, tais casos, em potenciais monstros frente ao que já se supõe generalizável por conta das três pesquisas aqui citadas.

Método de Análise

Para a devida compreensão da análise realizada por este trabalho, seguem os resumos das três pesquisas que foram realizadas na sequência temporal tal qual estão abaixo apresentadas:

Pesquisa 1: Aprendizagem baseada em projeto de Robótica Educacional aplicada para crianças

Eliane Gonçalves⁴

Luís Rogério da Silva⁵

Resumo

Existe na atualidade, cada vez mais propostas na literatura especializada favoráveis à aplicação de atividades de robótica ao primeiro ciclo da educação fundamental I. Esses trabalhos têm apresentado a contribuição da Robótica Educacional para o estímulo à criatividade e para estabelecer condições para o desenvolvimento da sociabilização. Este artigo visou a verificar a aplicabilidade do emprego da computação a partir de um jogo de robótica para alunos da primeira e segunda séries do Ensino Fundamental I. A

³ É importante considerar que as três hipóteses ainda que consubstanciadas não permitiriam ampliar a força de validade de cada uma de suas conjecturas ou, por outro lado uma generalização, pois uma coleção de fatos não conduz a uma nova conjectura mais abrangente e sua respectiva prova. “Além disso, estando persuadido de que o caminho da descoberta vai dos fatos à conjectura, e da conjectura à prova (mito da indução), você pode esquecer completamente a alternativa heurística : a suposição dedutiva” (LAKATOS, p. 101, 1978)

⁴ Professora da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. Coordenadora do Simpósio de Temas em Tecnologia e Currículo (2009-2020).

⁵ Professor da Universidade Paulista. Coordenador Geral do TJR Torneio Juvenil de Robótica (2009 - 2020) e do ITR International Tournament of Robots (2016- 2020)

investigação empregou o desafio Viagem ao Centro da Terra proposto⁶ pelo TJR Torneio Juvenil de Robótica para dez grupos independentes de alunos dessa faixa etária com objetivo de verificar se eles demonstrariam aptidão a manter o foco nas tarefas orientadas para fazer a programação de um robô padrão cuja missão é resolver o problema proposto. Essa prática pedagógica ocupou 3 sessões de uma hora cada, em que, para cada grupo, um professor se responsabilizou por assisti os alunos apenas frente às dúvidas da interface gráfica de programação, garantido que as instruções dispostas no programa fossem apenas de autoria dos alunos. Essa pesquisa concluiu que todos os grupos se mantiveram interessados em buscar a solução do desafio até a conclusão da proposta e alguns alunos, nessa faixa etária, mostraram-se aptos a estabelecer a navegabilidade do robô de forma que ele fosse bem-sucedido na missão proposta para resolver o desafio.

Pesquisa 2: **Abordagem Heurística em Robótica Educacional**

Eliane Gonçalves

Luís Rogério da Silva

Resumo

Muitos trabalhos têm sido publicados apresentando a contribuição da Robótica Educacional para a aprendizagem de conteúdos curriculares das demais disciplinas, em especial, para ilustrar conceitos de matemática e de física. Este artigo abordou a prática de aprendizagem baseada em projetos desenvolvida para propiciar a participação de equipes de estudantes em competições de robôs. A investigação partiu da aplicação do desafio Viagem ao Centro da Terra proposto pelo TJR Torneio Juvenil de Robótica para grupos de alunos de faixas etárias entre 7 e 9 anos e visou identificar quais foram as iniciativas dos alunos voltadas para enfrentar os vários problemas inerentes à solução desse desafio, categorizando-as em 3 conjuntos de iniciativas conforme a origem da proposta de solução: as autênticas e independentes (quando propostas pelos alunos de forma individual ou no convívio de sua equipe), as consensuais por debate (quando as propostas foram oriundas da interação entre as várias equipes), as estimuladas (quando as propostas foram decorrentes da interferência sugestiva do professor ou em se empregando algum conceito previamente tratado no currículo escolar). O estudo apontou o fato de que a maioria absoluta das iniciativas efetivamente aplicadas com resultados a beneficiar o robô para a solução do desafio pertenceram às categorias autênticas e independentes e às categorias consensuais por debate, o que sugere que, nessa prática pedagógica, há uma prevalência heurística, para a obtenção da solução desejada, capaz, inclusive, de desenvolver saberes e competências sobre conceitos e conteúdos curriculares ainda inéditos para os alunos.

⁶ Ver sobre esse desafio em: <https://sites.google.com/view/odesafioviagemaoцентrodaterra/viagem-ao-centro-da-terra>

Pesquisa 3: A Conversação na Instrução por Pares: Uma Análise Conversacional da Interação em Aprendizagem entre Crianças na Fase de Alfabetização

Eliane Gonçalves

Izilda Maria Nardocci⁷

Luís Rogério da Silva

Resumo

Muitos trabalhos têm sido publicados apresentando a importância da aprendizagem por pares no processo educacional, o que tanto para a Análise da Conversação quanto para a Sociolinguística, sugerem a existência de características particulares nesse tipo de interlocução. Este trabalho visou a detectar sob o ponto de vista dessas duas áreas de conhecimento, as características diferenciais das enunciações praticadas, em situação de aprendizagem por pares entre crianças, na fase de alfabetização: fez parte de seu escopo identificar os marcadores conversacionais, os vocábulos preferenciais, as sinalizações para trocas de turno, como parâmetros descritivos básicos. A pesquisa proposta foi realizada como estudo de caso de natureza observacional e teve, como contexto escolhido para análise, a prática de aprendizagem baseada em desafio de Robótica Educacional realizada por crianças em fase de alfabetização. A escolha de interlocutores dessa faixa etária deu-se em decorrência de ainda não possuírem sedimentadas as hipóteses de sustentação da alfabetização, o que lhes prejudicaria a comunicação escrita. A atividade pedagógica privilegiou a interação entre os pares para a elaboração de soluções que permitissem responder satisfatoriamente o desafio proposto. Este artigo mostrou que a prática de aprendizagem baseada em desafio de Robótica Educacional, desenvolvida para propiciar a participação coletiva de alunos, favoreceu o desenvolvimento de estratégias supra segmentais na enunciação e intensificou a frequência de troca de turnos, sem alterar significativamente o emprego vocabular ou de marcadores conversacionais.

Neste trabalho atual, visa-se a verificar: 1. Os efeitos da sequenciação dos artigos; 2. O emprego da abdução para inferir as estratégias cognitivas empregadas pelos alunos a partir do sucesso da participação do robô no cenário do desafio; 3. Os casos possíveis, porém não observados (portanto, não relatados), com o efeito potencial de constituição de monstros e algumas conjecturas que poderiam responder de forma mais abrangente, satisfazendo, inclusive, as refutações decorrentes dos possíveis casos de insucesso da hipótese que, no artigo, não foram observados.

1. Os Efeitos da Sequenciação dos Artigos

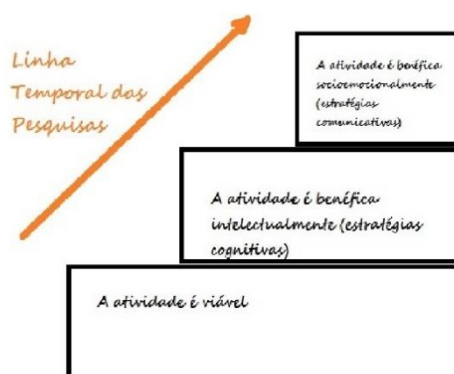
A sustentável justificativa de inaugurar os estudos averiguando a viabilidade da aplicação da metodologia, para, a seguir, exibir um meio indireto para constatar os

⁷ Professora do Departamento de Ciência da Linguagem e Filosofia da Pontifícia Universidade Católica. Pedagoga na Escola Superior do Ministério Público de São Paulo

benefícios intelectuais que derivam dessa metodologia, e, então, constatados esses benefícios, realizar análise da conversação dos participantes, faz com que se veja o consubstanciar das hipóteses sugerindo a possibilidade de uma generalização a ponto de se fazer a seguinte conjectura:

“A aprendizagem baseada em desafios de robótica é, para alunos das primeiras séries, viável; proveitosa por permitir tornar operacionais conceitos curriculares de matemática e por desenvolver raciocínios e estratégias cognitivas; oportuna para desenvolver estratégias comunicativas com as quais podem ser estabelecidas as bases da instrução entre pares”.

Vamos descrever, esquematicamente, a sequência através da linha temporal de ocorrência de cada afirmação exposta na conjectura que é referente a conclusão individualizada de cada hipótese. Nessa representação, sugere-se que as hipóteses da base fundamentam os degraus mais altos. Esse esquema permite pensar que os degraus superiores estão sustentados nos inferiores.



Entretanto, tal suposição, a de que as pesquisas seguem, temporalmente, um caminho lógico dedutivo pode ser devidamente refutada tanto pela análise da abrangência semântica de cada hipótese quanto pelo sentido correto de um possível caminho dedutivo. O raciocínio aqui parte de que apenas podem se engajar positivamente com a prática pedagógica proposta os alunos que desenvolveram, coletivamente, estratégias cognitivas para lidar com a situação problema e esses que se operaram colaborativamente, só puderam fazê-lo por possuírem competências comunicativas suficientes para isso.

Diagrama de Venn, sugerindo uma hierarquia entre os processos: As operações de competências comunicativas e socioemocionais contêm as operações de desenvolvimento coletivo de estratégias cognitivas que contêm as operações do fazer capazes de viabilizar o envolvimento coletivo dos alunos com as tarefas



De fato, analisando sob o ponto de vista da metodologia usada, que se baseia na atividade coletiva, não é possível realizá-la plenamente se os alunos não dispõem de competências socioemocionais.

Se, nas sucessivas oportunidades de testar o robô no cenário, não sobreviver, aos alunos, qualquer perspectiva de sucesso na operação, os alunos poderão, indutivamente, supor ser impossível o desafio proposto e deixarem de perseverar na busca da solução para ele. Em outras palavras, pode-se concluir que, ainda que, coletivamente, dispostos a colaborar para obter a solução do desafio, não conseguindo desenvolver estratégias cognitivas que levem a raciocínios eficazes, os alunos poderão abandonar a atividade pedagógica⁸.

Dessa forma, a viabilidade da proposta pedagógica está condicionada a esses dois fatores:

\exists Viabilidade $\rightarrow \exists$ Competências Comunicativas $\wedge \exists$ Competências Colaborativas-Elaboração de Estratégias Cognitivas e Raciocínios Lógico-Matemáticos⁹

Na ausência de qualquer um dos dois fatores a metodologia não será viável, o que significa que a primeira pesquisa (a que verificava a viabilidade), demonstrando a

⁸ Sobre a razoabilidade de que empiricamente pareçam requisitos condicionantes uns dos outros (competência comunicativa, competência colaborativa, competência cognitiva e engajamento à atividade ou simpatia por ela) é importante notar que essas relações intuitivas também devem ser vistas com alguma cautela, pois “nossos julgamentos subjetivos eram tendenciosos: mostrávamos uma predisposição excessiva a acreditar em resultados de pesquisa baseados em evidência inadequada e inclinados a coligir pouquíssimas observações em nossa própria pesquisa”(KAHNEMAN, p 11, 2011) e para essa interconexão desses requisitos apresentada neste trabalho há apenas o modelo mental que se forma a partir da vivência na escola e que induz a pensar que é altamente provável que essas relações estejam corretas.

⁹ É importante notar que, nessa implicação, a transcrição está mais superficial do que se descreveria em lógica de primeira ordem, pois na lógica de predicados as hipóteses melhor se representariam, isoladamente, como: $\exists x : V(x)$ (há pelo menos um x em que viabilidade seja verdadeira); $\exists y : C(y)$ (há pelo menos um y em que a colaboração seja verdadeira); $\exists z : E(z)$ (há pelo menos um z em que a elaboração seja verdadeira).

existência de casos em que a metodologia foi viável, sugestiva, ainda que essa não seja a pretensão dos autores, o leitor não fazer vistas atentas para os possíveis casos em que ela não seria constatável como viável¹⁰.

Na pesquisa, todos os 10 grupos estudados mostraram ser viável a metodologia, nas condições em que foi realizada: Um resultado 100% favorável à aplicação da metodologia na amostra estudada, o que não parece condizer com a expectativa deduzida frente à constatação de que existem requisitos condicionantes para esse sucesso.

A escolha dos grupos para aplicação da primeira pesquisa recaiu apenas sobre os grupos que eram formados por alunos inscritos já desejosos em participar do curso extracurricular de robótica. A natureza da escolha dos grupos a serem submetidos à observação pode ajudar a compreender uma possível razão para um resultado tão favorável à hipótese de pesquisa¹¹.

Por outro lado, a hipótese da pesquisa não intencionou detectar grupos em que a metodologia não fosse viável, contentou-se com a ocorrência da viabilidade em apenas um dos grupos estudados para ser suficientemente válida.

A hipótese tal qual foi enunciada é, portanto, passível de ser refutada, porém, por não ambicionar a generalização tornou a conjectura menos sujeita à refutação.

Seria conveniente, para pesquisas futuras e complementares, considerar a igual possibilidade da existência de grupos refratários à aplicação da metodologia, inclusive de alguns alunos deslocados que podem compor os grupos aparentemente considerados como bem-sucedidos.

Em especial, o caso dos alunos, para os quais não se pode inferir terem realmente se beneficiado do processo, merece análise, pois, de alguma forma, reduz o alcance da conjectura.

De forma análoga, pode-se depreender que a hipótese que diz respeito ao desenvolvimento de estratégias cognitivas através das atividades colaborativas por parte dos alunos decorre do requisito condicionante denominado por competências comunicativas e socioemocionais:

∃ Competências **Colaborativas** para Elaboração de Estratégias Cognitivas e Raciônios Lógico-Matemáticos → ∃ Competências **Comunicativas**

¹⁰ Sob o ponto de vista da tabela verdade, considerando-se: V : Há viabilidade; C : Há colaboração; E : Há elaboração de estratégias, $(C \wedge E)$ só é verdade se ambos forem categorizados como verdade. A proposição $V \rightarrow C \wedge E$ só é verdade, dado que V seja considerado, por constatação, verdadeiro se $(C \wedge E)$. De fato, se V é verdade e a hipótese faz com que se conecte por implicação com $C \wedge E$, então ambos devem ser verdadeiros, para a hipótese ser verdadeira.

¹¹ Contudo há de se compreender que essa suposição se sustenta apenas na expectativa positiva de que um futuro sucesso é mais provável aos alunos previamente interessados, mas “confiança subjetiva em um julgamento não é uma avaliação raciocinada da probabilidade de que esse julgamento esteja correto. Confiança é um sentimento que reflete a coerência da informação e o conforto cognitivo de processá-la” (KAHNEMAN, p. 228, 2011).

É fato que habilidades e competências se conquistam na ação efetiva em que são requisitadas e que, a existência de grupos bem-sucedidos para a segunda hipótese não estivessem, no princípio das atividades propostas, prontos para executá-la¹².

2. A abdução usada para inferir as estratégias cognitivas empregadas pelos alunos a partir do sucesso da participação do robô no cenário do desafio

A segunda pesquisa afirma, em sua conclusão, que “se o robô programado pelos alunos obteve sucesso na missão determinada pelo desafio proposto, então foram forjadas estratégias cognitivas e empregada heurística, pelos alunos, para que se obtivesse essa solução”.

É possível aqui fazer uma analogia com uma porta fechada às custas de uma fechadura que só pode ser aberta por uma chave específica: Se em um primeiro momento a porta está fechada e trancada e, em outro momento posterior, constata-se estar aberta, há, na operação, a possibilidade de se supor o uso da chave para a sua abertura. De igual maneira, se o robô atingiu o seu objetivo, os alunos para programá-lo fizeram o uso de ferramentas cognitivas imprescindíveis para obterem sucesso.

\exists Emprego de estratégias cognitivas \wedge \exists pensamento heurístico \rightarrow \exists solução efetiva para o robô

Essa proposição lógica acima torna-se menos questionável, pois o grupo de alunos desconhecia quaisquer técnicas de programação e não possuía experiência alguma com robótica antes da atividade proposta¹³.

A pesquisa mostra que, por abdução, poderiam ser inferidos os passos lógicos realizados pelos raciocínios dos alunos instigados pela observação e interpretação da atuação do robô durante a realização dos testes¹⁴.

Seguem abaixo algumas das análises feitas, na ocasião da segunda pesquisa, que a partir dos testes, mostrou como, pelas formas canônicas de inferência¹⁵, construir-se-iam hipóteses efetivamente úteis ao raciocínio de busca da solução:

Por solicitação do professor, para cada falha, é diagnosticado, pelos alunos, o problema correlacionado a ela, como, por exemplo, no caso de se verificar a falha de progresso do

¹² Percebe-se que os saberes podem ser conquistados por inúmeros percursos e sem que se possam determinar claramente quais seriam as escalas que se colocariam no caminho empregado, servindo de entreposto para a conquista de competências: “Se seus esforços parecem bloqueados, deixe o problema de lado e trabalhe em algo completamente diferente. Uma solução lhe ocorre logo depois que você retorna ao problema”. MATLIN (2004, p. 256).

¹³ Para que essa hipótese fosse refutada, tal qual sugere Popper para teorias, haveria a necessidade de se planejar um teste crucial em que se pudesse provar que o robô conseguiu sucesso na navegabilidade sem que houvesse qualquer necessidade de raciocínio relevante por parte de seus programadores. POPPER (2008, p. 272).

¹⁴ A ação repetitiva dos testes permitiu partir do conhecimento empírico e, por indução, estabelecerem-se hipóteses.

¹⁵ Antecipa-se aqui que a abordagem de análise é estabelecida em dois percursos distintos: o da lógica e o das inferências. Conforme aponta COPI (1981, p. 21): “Inferência é o processo pelo qual se chega a uma proposição, afirmada na base de uma ou outras mais proposições aceitas como ponto de partida do processo. O lógico não está interessado no processo de inferência, mas nas proposições que são os pontos inicial e final desse processo, assim como nas relações entre elas”.

tipo (1), podem os alunos supor que problema capaz de produzir a falha de progresso do tipo (1) pode ser descrito da forma que segue: O número de rotações estabelecido, na programação, para cada motor, não proporciona um movimento correto do robô de maneira que siga dentro do circuito.

Note-se que existem três possibilidades para que o robô evada o circuito, avançando sobre a linha preta limitante:

1. Evadir lateralmente, avançando sobre a linha lateral à direita da direção e sentido que o robô deveria seguir;
2. Evadir lateralmente, avançando sobre a linha lateral à esquerda da direção e sentido que o robô deveria seguir;
3. Evadir frontalmente, avançando sobre a linha frontal à direção e sentido que o robô deveria seguir.

Partindo-se de que se os dois motores são incumbidos de realizar o mesmo número de rotações, o robô segue em trajetória retilínea, poderão os alunos concluir que se a trajetória não é retilínea há alguma diferença no funcionamento entre os motores (***modus tollens***).

De fato, as duas primeiras invasões dizem respeito à diferente efetividade de atuação dos motores ou por problemas mecânicos e estruturais (o que seria um fato ruidoso que será discutido mais adiante) ou pelo fato de que, no programa, se instrui o controlador a solicitar mais rotações de um motor do que outro.

Sendo uma consequência da programação, espera-se que, por exemplo, ao se ver o robô ir avante, no caso de ocorrer um desvio à direita, o motor esquerdo estará designado a realizar mais rotações do que o motor direito e, de forma análoga, supõe-se que solicitando um maior número de rotações do motor direito do que do esquerdo, o robô se moverá realizando uma conversão para a esquerda.

A solução do problema situa-se no âmbito das proporções e pode ser obtida, por exemplo, através de dois testes na arena, em que a programação contenha, para cada teste, valores numéricos distintos para o número de rotações, em que se aplique, **indutivamente**, a relação desses valores e os respectivos resultados, para se estabelecer uma hipótese geral:

Valores numéricos maiores → Trechos maiores percorridos

Algumas **deduções** podem ser obtidas dessa **premissa**:

Dessa maneira percorrer o tamanho correto:

1. Existe uma relação **proporcional constante** entre os valores numéricos e o tamanho do trecho percorrido pelo robô;
2. A relação proporcional é direta, ou seja, se houver um fator multiplicativo para os valores numéricos, o mesmo fator atuará sobre o tamanho do trecho percorrido, multiplicando, como resultado, o comprimento do trecho inicial;

3. Há um valor numérico para as rotações para cada comprimento de trecho percorrido;

E uma dedução de todas as proposições anteriores:

“Há um valor numérico de rotações produzidas pelos motores que é específico para que o robô atinja a posição esperada na sua trajetória”

Se essa conclusão for aplicada separadamente aos dois motores, novas proposições podem ser obtidas dedutivamente:

1. Se os valores numéricos de rotação forem iguais para os dois motores (a e C no modelo esquematizado), então os percursos para cada motor serão iguais e o robô fará trajetória retilínea;
2. Se os valores numéricos de rotação forem distintos entre os dois motores (A e C no modelo esquematizado), então o comprimento percorrido proporcionado pelos motores é diferente entre eles, o que resulta em uma trajetória curvilínea para o robô.

Nesse caso, os testes tendem a buscar uma convergência entre os incrementos atribuídos aos valores, inicialmente sugeridos para o número de rotações de cada motor, para que se possa chegar ao número que efetivamente resolve a navegação daquele trecho de trajetória.

Já no caso de se verificar a falha de progresso do tipo (2), podem os alunos supor que problema capaz de produzir a falha de progresso do tipo (2) pode ser descrito da forma que segue: Se o número de rotações estabelecido, na programação, para cada motor, então a execução do programa proporciona um movimento do robô na direção e no sentido corretos de maneira que ele segue dentro do circuito.

Contudo, é importante considerar que a ainda que seja correta essa proposição, o emprego dela somente não é suficiente para garantir que o percurso seja completamente percorrido sem falhas.

A solução do problema situa-se no âmbito de buscar a recorrência da solução da falha de progresso do tipo (1) e pode ser obtida, por exemplo, através de se repetir o algoritmo, adequando-se com novos valores numéricos para os demais trechos que possuem comprimento distinto. A cada novo trecho a ser percorrido, se fará, portanto, agregar um novo trecho de programa ao que já estava escrito.

Assim a solução de cada trecho é adicionada em sequência àquelas que já constituem uma unidade experimentada com sucesso. Os testes na arena servem para verificar se o que se agregou à solução anteriormente verificada não a prejudicou e fez avançar, de forma correta, o robô em mais um trecho de seu percurso. Nessa sequência de operações, os alunos são levados a empregar a analogia de duas maneiras, ao menos:

1. Comparando a situação do robô com o que se faria para instruir uma pessoa vendada para que percorresse uma sequência de corredores que ela

desconhecesse, apenas com comandos como siga em frente um tanto de passos, vire à esquerda ou à direita e assim por diante, acumulando sucessos suficientes para que chegasse ao final do percurso;

2. Tomando a maneira como foi resolvido o trajeto em cada percurso e, por analogia, empregando a estratégia bem-sucedida ao próximo adaptando-a, quando for necessário, às peculiaridades que surgirem nesses novos trechos. Por exemplo, ao se atingir o centro, o robô deverá corrigir a direção em 180° ou duas operações iguais de 90° (algo que só ocorrerá para essa situação): O raciocínio para resolvê-la, emprega a analogia, contudo sustenta-se na generalização que pode ser estabelecida na proposição de que toda a vez que o robô tivesse imediatamente na sua frente uma linha preta, devesse, na ida, virar à direita 90°. Com isso ao estar diante do corredor fechado no fim do percurso, fará a conversão de 90° e, ainda assim, estará, novamente, diante da linha preta lateral e fará novamente a conversão de 90°. Essa solução que pode ser inspirada pela analogia das soluções inseridas no robô para resolver trechos anteriores ou de experiências pessoais de resolver percursos em corredores através do tato para detectar a parede, mas necessita da generalização para se tornar consistente. Dessa forma, podem ser estabelecidas duas hipóteses gerais:

Sempre:

Posição(No trecho retilíneo branco não fechado) ==¹⁶ 3 cm à frente com uma linha preta
→ seguir em frente;

No sentido da ida:

Posição(No trecho retilíneo branco não fechado) == 3 cm à frente com uma linha preta
→ virar 90° no sentido horário;

No sentido volta:

Posição(No trecho retilíneo branco não fechado) == à frente com uma linha preta →
virar 90° no sentido anti-horário;

Uma **dedução** pode ser obtida dessas proposições acima:

“O número de instruções responsáveis pela deliberação da atuação do robô está relacionado à soma de trechos retilíneos e de locais onde o robô deverá fazer conversão para mudar a direção de seu percurso”.

Se essa conclusão for aplicada para a conferência do programa, garantirá discriminar os efeitos isolados de cada bloco constitutivo do programa na execução do movimento do robô:

1. Se os valores numéricos de rotação não forem suficientes no quarto bloco da programação, por exemplo, o efeito disso impactará o comportamento do robô

¹⁶ Empregou-se “==” como operador de igualdade, para o qual retorna verdade se ambos os operandos são verdadeiros.

no quarto trecho e, portanto, uma falha dessa natureza, permitirá os alunos, em prática implícita do *modus tollens*, concluir que o número de rotações estabelecido no programa para esse trecho estará errado, o que em lógica simbólica seria visto como:

P: Valor numérico correto de rotações do programa destinado ao trecho; Q: Navegação correta e completa do robô no trecho
 $P \rightarrow Q$
 $\neg Q \vdash \neg P$

2. Se o robô não atingiu o final do percurso (não percorreu todos os trechos), então, é possível inferir que falta algum bloco de programação referente aos trechos não realizados (prática implícita do *modus tollens*).

Nesse caso, os testes tendem a mostrar a completude ou não do programa, para que, com as devidas correções se resolva efetivamente a navegação daquele trecho de trajetória.

No caso de se verificar a falha de progresso do tipo (3), podem os alunos supor que problema capaz de produzir a falha de progresso do tipo (3) pode ser descrito da forma que segue: O sentido estabelecido para rotações, na programação, para cada motor, não proporciona o sentido de movimento correto do robô de maneira que siga coerente ao sentido de movimento esperado para o circuito.

A solução do problema situa-se no âmbito da compreensão de que os movimentos circulares podem ser realizados em dois sentidos e que disso resultam efeitos antagônicos, o que pode ser constatado, através de dois testes na arena, em que a programação contenha, para cada teste, um sentido distinto para as rotações dos motores, em que se possa, por generalização, à prática do *modus ponens*:

P: Sentido predefinido no programa; Q: Navegação no sentido correto e conforme preestabelecido para o trecho
 $P \rightarrow Q$
 $P \vdash Q$

E caso o teste frustre as expectativas, então valerá o *modus tollens* para o caso específico em que se tenha ($\neg Q$):

P: Sentido predefinido no programa; Q: Navegação no sentido correto e conforme preestabelecido para o trecho
 $P \rightarrow Q$
 $\neg Q \vdash \neg P$

Para o que se estabelece uma hipótese geral:

Manter, em todos os blocos de programação, o mesmo sentido de rotação responsável por fazer avançar o robô ^ os valores numéricos atribuídos para os trechos retilíneos

estiverem adequados \wedge as conversões forem corretas sempre que necessárias \rightarrow Todo o circuito será visitado.

Algumas **deduções** podem ser obtidas dessa **premissa**:

Dessa maneira percorrer o circuito completo:

1. O tempo necessário para concluir o percurso não é menor do que a soma dos tempos de cada uma das ações individuais do robô;
2. Qualquer que seja a proposição que serve de premissa frustrada nessa relação condicional, o robô não terá êxito em sua missão;

Pode ser inferido, ao final do processo de toda a atividade educacional realizada pelos alunos, de que há uma razoável probabilidade de que a missão do robô não seja concluída com êxito por essa estratégia de se programar o robô, com a qual se procura pré-estabelecer todos os movimentos que ele fará para percorrer completamente o circuito.

A experiência mostra que, no ambiente real, inúmeros fatores ruidosos agem para dificultar que os procedimentos acima expostos sejam confiáveis na obtenção de resultados bem-sucedidos, ou seja, em uma parte considerável dos testes, por mais acuradas que sejam as técnicas baseadas nesses pressupostos, o robô não concluirá com êxito a sua missão e, se o fizer uma vez, não é mais provável, muito menos garantido que, com os mesmos parâmetros, realize a próxima rodada com o igual sucesso.

São os fatores ruidosos mais significativos:

1. A precária estabilidade da estrutura mecânica do robô;
2. Os efeitos da perda de carga da fonte de energia;
3. Os efeitos não sistemáticos do atrito;
4. A complexa tarefa de fazer começar o movimento de forma padronizada.

Conclui-se que, embora a estrutura lógica desenvolvida em função das informações oriundas da coleta de dados decorrentes dos testes do robô não seja suficiente, per si, para que se obtenha uma solução confiável, pois existem fatores ruidosos como foi relatado no texto da pesquisa, ela é requisito indispensável para que o robô obtenha sucesso no desafio proposto.

3. Os casos possíveis, mas não observados

Além da “não viabilidade da aplicação da metodologia” caso já analisado acima, há o caso do “completo insucesso na busca da solução”. Poderia se supor que:

On: “n” Requisitos ocultos; P: Sentido predefinido no programa; Q: Navegação no sentido correto e conforme preestabelecido para o trecho
 $On \wedge P \rightarrow Q$
 $\neg Q \vee \neg P \vee \neg On$

A busca de causas para os resultados que frustram as expectativas (On) é importante para que sejam feitos ajustes metodológicos que permitam incluir mais alunos nesse processo de aprendizagem, visto que o insucesso persistente, conforme visto, levaria a inviabilidade da metodologia.

Conclusão

Interpretar heurísticamente as pesquisas inter-relacionadas pode mostrar a lógica intrínseca entre as suas proposições que isoladamente não é possível fazer.

Essa abordagem pode tornar mais nítidos os limites de validade das hipóteses e as restrições impostas para formação do núcleo duro da conjectura, sugerindo novas pesquisas para exploração dos “monstros” postos na sombra.

O trabalho aqui realizado também mostrou que, quando se busca o sentido heurístico de algum conhecimento em plena elaboração, alguns insights não podem ser recuperados, apenas supostos, como no caso da pesquisa 2, em que se percebe que não há uma solução pronta e óbvia para fazer com que o robô realize o percurso desejado a despeito dos fatores ruidosos, mas os alunos atingem esse objetivo, ainda que depois não tenham claro quais foram, efetivamente, os passos perseguidos em seus raciocínios.

A aprendizagem constituída sob a especulação direta sobre a realidade incita a elaboração de induções e analogias que estabelecem conjecturas provisórias que serão testadas numa oportunidade futura e, se necessário reelaboradas. A organização do conhecimento por esse percurso é vivencial, a sistematização é sempre dinâmica e as conjecturas refutáveis, se não pelas contradições de algumas de suas deduções, certamente, pela imanente propriedade das experiências sobre as infindáveis facetas mundo real: esse mesmo mundo que deu inspiração às conjecturas estará sempre disponível para fornecer substrato para refutá-las.

Ainda que os alunos, em experiências dessa natureza, instigados pela excitação de buscar os sinais da natureza do mundo, não organizem as conclusões e os saberes advindos dessas experiências pareçam fluidos, esse estudo faz sugerir que um outro ferramental se forma nessas situações, com instrumentos abstratos capazes de se amoldar a novos objetos de estudos e aptos a tirar deles muito mais do que se tiraria sem esses apetrechos cognitivos.

Faz sugerir o estudo que a “inteligência¹⁷”, nessas oportunidades, apropria-se de um novo ferramental, ampliando a capacidade criativa para se obterem as soluções para tantos outros problemas do porvir.

Referências Bibliográficas

¹⁷ Não única, mas múltipla, entendida como potencial para resolução de problemas e para criação do que é valorizado dentro de seu contexto sócio cultural, conforme Howard Gardner, sustentada no desenvolvimento de habilidades diversas.

BENITTI, F. B., KRUGER, M. L., URBAN, D. L., KRESPI, N. T. Robótica como Elemento Motivacional para Atração de Novos Alunos para Cursos de Computação. In: http://www.inf.furb.br/dsc/download/ciesc2010_submission_16.pdf, 2011. [AQUI](#)

BEZERRA, C.M.A.; LISBOA C. JUNIOR, A.; PEQUENO, L.C.; TORRES, A. B. B.; SAMPAIO, Y. V.; SARMENTO, W.W.F.; PEIXOTO, M.J.P.; GURGEL, D.A.A. Utilização de robótica livre com dispositivos móveis no ensino de lógica de programação para alunos do Ensino Fundamental. In: ResearchGate. 2014.

CATLIN, D. Beyond Coding: Back to the Future with a Education Robots. In: DANIELA, L. Smart Learning with Educational Robotics: Using Robots to Scaffold. Springer. 2019.

COPI, Irving Marmer. Introdução à Lógica. Mestre Jou. 1981.

D'ABREU, J. V. V.; CONDORI, K. O. V. Educación y Robótica Educativa. In: RED. Revista de Educación a Distancia. 2017. Disponível em: <[Link](#)> Acesso 13/08/2019.

D'ABREU, J. V. V.; BASTOS, B. L. Robótica Pedagógica e Currículo do Ensino Fundamental: Atuação em uma Escola Municipal do Projeto UCA. In: Revista Brasileira de Informática na Educação, Volume 23, Número 3, 2015. Disponível em: <[Link](#)> Acesso 13/08/2019.

EGUCHI, A. Bringing robotics in classroom. In: KHINE, M. S. Robotics in STEM Education: Redesigning The Learning Experience. Springer. 2017. [AQUI](#)

GARDNER, Howard. Inteligência Um Conceito Reformulado. Objetiva. 1999.

JIEA, P. Y., HUSSIN, H., CHUAN, T. C., AHMAD, S. S. S. Robotics Competition-Based Learning for 21st Century STEM Education. In: <https://pdfs.semanticscholar.org/69e1/4df248b98178c413bfa9cd25cef8176c6c34.pdf> . E-ISSN: 2289-8115 ISSN: 1985-7012 Vol. 12 No. 1 January - June 2019. [AQUI](#)

KAHNEMAN, Daniel. Rápido e Devagar: Duas Formas de Pensar. Objetiva. 2012.

KAHNEMAN, Daniel, TVERSKY, Amos. The Simulation Heuristic. 1973.

LAKATOS, Imre. A Lógica do Descobrimto Matemático: Provas e Refutações. Zahar. 1976.

MATLIN, Margareth W. Psicologia Cognitiva. LTC. 2004.

POPPER, Karl. Conjecturas e Refutações: O progresso do conhecimento científico. UNB. 2008.

SILVA, Luís Rogério da. TJR Torneio Juvenil de Robótica: Difundir desafios sempre. Viagem ao Centro da Terra: Mais do que um desafio, uma verdadeira viagem a um mundo de novos conhecimentos! – São Paulo. 2020. Versão 7. Data de Publicação: 16/01/2020. Local: www.torneiojrobotica.com .

SOUZA, João Nunes de. Lógica para Ciência da Computação: Fundamentos de linguagem, semântica e sistemas de dedução. Campus. 2002.

WORLD ECONOMIC FORUM. Schools of the Future: Defining New Models of Education for the Fourth Industrial Revolution. In: <https://www.weforum.org/reports/schools-of-the-future-defining-new-models-of-education-for-the-fourth-industrial-revolution>

VALENTE, J.A., ALMEIDA, M. E. B., GERALDINI, A. F. S. Metodologias ativas: das concepções às práticas em distintos níveis de ensino. In: Revista Diálogo Educacional. PUCPR. N. 52. 2017. [AQUI](#)