

André Gustavo Schaeffer

**EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA: A  
IDENTIFICAÇÃO DE RELAÇÕES A PARTIR DE ATIVIDADES  
PEDAGÓGICAS COM ROBÓTICA EDUCATIVA**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do Grau de Doutor em Educação Científica e Tecnológica.

Orientador: Prof. Dr. José André Peres Angotti.

Florianópolis  
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Schaeffer, André Gustavo

Educação Científica e Educação Tecnológica : a identificação de relações a partir de atividades pedagógicas com robótica educativa / André Gustavo Schaeffer ; orientador, José André Peres Angotti, 2018.

368 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Florianópolis, 2018.

Inclui referências.

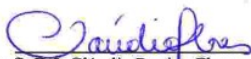
1. Educação Científica e Tecnológica. 2. Robótica Educativa. 3. Arduino. 4. Programação de Computadores. 5. Inteligência Artificial. I. Angotti, José André Peres. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica. III. Título.

André Gustavo Schaeffer

**Educação Científica e Educação Tecnológica: a identificação de relações a partir de atividades pedagógicas com robótica educativa**

Esta Dissertação/Tese foi julgada adequada para obtenção do Título de “Doutor (a)” e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica

Florianópolis, 14 de dezembro de 2018.



Prof.ª Dr.ª Cláudia Regina Flores, Dr.  
Coordenadora

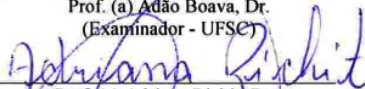
**Banca Examinadora:**



Prof. (a) José André Peres Angotti, Dr.  
(Orientador - PPGET/UFSC)



Prof. (a) Adão Boava, Dr.  
(Examinador - UFSC)



Prof. (a) Adriana Richit, Dra.  
(Examinadora - UFFS)

Prof. (a) José Mário Vicensi Grzybowski, Dr.  
(Examinador - UFFS)

Prof. (a) Ione Inês Pinsson Slongo, Dra.  
(Examinadora Suplente - UFFS)



Para Gabriel,  
Maria Fernanda  
e Gabriela.



## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a meus pais, Maria Luiza e Dary Schaeffer (*in memoriam*) pelo incentivo à educação.

Aos amigos Adoraci, Inês, Iraci, João Arthur, Joel, Rolfi e Vanessa, pelas estadias durante as aulas do doutorado, em Chapecó e Itapema.

Ao pessoal da Inglaterra, Tammy, Andy, Sheila e Enzo, pelos ensinamentos em língua inglesa sempre tão presentes em tópicos sobre ciência e tecnologia.

Aos colegas do DINTER pelos compartilhamentos e ajudas, em especial aos da UFFS Campus Erechim pela companhia nos quase 10.000 quilômetros rodados entre Erechim e Chapecó.

A todos os colegas da UFFS e do Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica da UFSC que estiveram envolvidos na realização e na organização do DINTER, em especial aos coordenadores e aos professores.

Um agradecimento especial a meu orientador, Prof. José André Angotti, pelas sábias e encorajadoras palavras, mas acima de tudo pela confiança e pela liberdade que a mim concedeu. Se consegui construir algum conhecimento novo com este trabalho, é porque tive liberdade para pensar.

Por fim, agradeço a Deus pelo que sou e por me mostrar caminhos e alternativas em momentos difíceis.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.





*As far as the propositions of  
mathematics refer to reality, they are not  
certain; and as far as they are certain, they  
do not refer to reality.*

*Albert Einstein*



## RESUMO

O advento recente das plataformas livres que permitem a criação de projetos de robótica educativa, trouxe ainda novas possibilidades em prol da educação, mesmo que permaneçam dúvidas quanto a metodologias e ao aprendizado alcançado em processos pedagógicos mediados por novas tecnologias digitais. De qualquer maneira, projetos de robótica educativa já fazem parte do currículo de muitas escolas particulares, e começam a se fazer presentes também nas públicas. Se permanecem dúvidas quanto às relações entre conteúdos e tecnologias, é possível que a educação tecnológica venha a ser abordada de maneira fragmentada e orientada a um pragmatismo que assumiria como válido somente o conhecimento científico aplicável. Se isso ocorrer, também é possível que egressos de cursos superiores continuem limitados à utilização e à implantação de tecnologias, e não orientados a atitudes de protagonismo frente a necessidades de inovação tecnológica. Esta investigação voltou-se à verificação do estágio de conhecimento dos professores da Educação Básica no tocante às relações entre o conhecimento científico e o conhecimento tecnológico. É importante a compreensão de que existe, sim, relação entre ciência e tecnologia, e por consequência entre os conteúdos científicos escolares e as tecnologias atuais, o que vai na contramão das afirmações de que conteúdos abordados na escola não têm relação com o mundo tecnológico no qual mergulham crianças e adolescentes. A pesquisa também investigou o que está presente nos materiais sobre robótica educativa, compreendendo documentos de livre acesso da internet, manuais técnicos, artigos científicos, dissertações e teses, documentos oficiais, bem como a documentação da Olimpíada Brasileira de Robótica, já que tais materiais serão tomados por base pelos professores interessados em utilizar a robótica educativa em suas abordagens pedagógicas. Em complemento a essas investigações, realizaram-se capacitações com professores da Educação Básica sobre as perspectivas pedagógicas da robótica educativa, tendo os mesmos respondido a um questionário de concordância com relação a trinta afirmações acerca da temática investigada. Pode-se concluir que os professores não só reconhecem as relações de suas áreas de conhecimento com a criação de tecnologias como reconhecem que os conteúdos por eles abordados contribuem para a formação de indivíduos com capacidade de criar novos produtos tecnológicos. No entanto, atividades concernentes à pesquisa também evidenciaram que eles conhecem superficialmente ou desconhecem tais avanços e conseqüentemente as formas de transpor as

complexidades deles decorrentes para conteúdos curriculares. Esses mesmos professores, que demonstram maturidade com relação a perspectivas democráticas de construções tecnológicas, também apresentam compreensões substantivistas acerca da tecnologia, reconhecendo-a como neutra e como aplicação da ciência. Os materiais que constituíram o *corpus* documental da pesquisa foram estudados metodologicamente à luz da Análise Textual Discursiva, de onde emergiram categorias de análise sinalizando que as atividades atuais com robótica educativa não conseguem harmonizar complexidades envolvidas, ao mesmo tempo em que explicitam inclinações pragmatistas. Para chegar a essas conclusões, foram tomadas por base tecnologias e avanços científicos atuais assim como a problemática de estudo do campo da Filosofia da Tecnologia, encontrando amparo epistemológico na racionalidade e na concepção de ciência de Gaston Bachelard.

**Palavras-chave:** Robótica Educativa. Interdisciplinaridade. Educação Científica e Tecnológica. Arduino. Programação de Computadores. Filosofia da Tecnologia. Inteligência Artificial.

## ABSTRACT

The recent advent of free platforms which allow the creation of educational robotics projects, has brought new possibilities for education, even if doubts remain about methodologies and the learning achieved in pedagogical processes mediated by new digital technologies. Anyway, educational robotics projects are already part of the curriculum in many private schools, and begin to be present in public schools as well. If doubts remain about the relationship between content and technology, it is possible that technological education will be approached in a fragmented way and oriented to a pragmatism that would assume as valid only the applicable scientific knowledge. If this occurs, it is also possible for graduates of higher education courses to remain limited to the use and to the implementation of technologies rather than being oriented to protagonism attitudes face the need for innovation. Thus, this research turned to a verification about the stage of knowledge of teachers in basic education level regarding to the relationship between scientific knowledge and technological knowledge. It is important the understanding that there is a relationship between science and technology, and consequently between school science content and current technologies, which goes against statements that content studied at the school are unrelated to the technological world in which children and adolescents are immersed. The research also investigated what is present in the various types of educational robotics dissemination material, including open access documents, technical manuals, scientific articles, academic dissertations and theses, official Brazilian educational documents, as well as the documentation of the Brazilian Olympiad of Robotics, because these materials will be taken as basis by teachers interested in using educational robotics in their pedagogical approaches. In addition, training activities were conducted with teachers of basic education regarding the pedagogical perspectives of educational robotics, with answers to a thirty statements questionnaire about the subject. It is possible to conclude that teachers not only recognize the relationship between their areas of knowledge and the creation of technologies but also recognize that the contents addressed by them contribute to the formation of individuals with the capacity to create new technological products. However, activities related to this research also showed that they know superficially or are not aware of such advances and consequently the ways of transposing the resulting complexities to curricular contents. Those teachers, who demonstrate maturity in relation to democratic perspectives of technological

constructions, also present substantivist understandings about technology recognizing it as neutral and as an application of science. The materials that constituted the documental corpus of the research were methodologically studied under the light of Discursive Textual Analysis, from which emerged categories indicating that current activities with educational robotics do not harmonize the complexities involved, while at the same time show pragmatists preferences. In order to reach these conclusions, current technologies and scientific advances were taken into account as well as studies in the field of Philosophy of Technology, having also epistemological support in the rationality and conception of science of Gaston Bachelard.

**Keywords:** Educational Robotics. Interdisciplinarity. Scientific and Technological Education. Arduino. Computer Programming. Philosophy of Technology. Artificial Intelligence.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tela do jogo Foldit mostrando a estrutura de uma proteína...	58
Figura 2 - Observação de três faces de um mesmo bloco quântico no Minecraft.....	62
Figura 3 - Entrelaçamento quântico entre blocos no Minecraft.....	62
Figura 4 - Plataforma pessoal de controle de ambiente para cultivo de vegetais.....	65
Figura 5 - O robô Asimo.....	71
Figura 6 - O robô LS3.....	72
Figura 7 - A arma imprimível batizada de Liberator.....	75
Figura 8 - Orelha biônica criada por impressão 3D.....	76
Figura 9 - Exemplo de código de programação para transmissão serial de oito bytes de dados.....	81
Figura 10 - Exemplo de código de programação com certo nível de otimização para transmissão serial de oito bits de dados.....	82
Figura 11 - Espectro de emissão da luz solar.....	146
Figura 12 - Circuito para leitura do sensor de monóxido de carbono. .	148
Figura 13 - Experimento de detecção de monóxido de carbono em funcionamento.....	149
Figura 14 - Circuito para leitura do sensor de luminosidade.....	150
Figura 15 - Experimento com sensor de luminosidade em funcionamento.....	151
Figura 16 - O problema da jogada válida para a rainha.....	171
Figura 17 - Código de validação da jogada da rainha em linguagem Pascal.....	173
Figura 18 - Código para tratamento da exceção de bloqueio do carrinho-robô.....	177
Figura 19 - Leitura de sinais enviados por bluetooth ao microcontrolador Arduino.....	187
Figura 20 - Gravação de formato texto em cartão de memória.....	188
Figura 21 - O modelo Zero da placa Raspberry Pi.....	189
Figura 22 - O modelo Uno da placa Arduino.....	190
Figura 23 - Programa para acender e apagar um LED na saída digital número 13 a cada segundo.....	192
Figura 24 - Template de programa, à esquerda, no Arduino, e à direita no Alice.....	194
Figura 25 - Mundo no Alice para a programação do voo de um helicóptero.....	199

Figura 26 - Exemplo de erro léxico provocado em um código do Arduino.....	203
Figura 27 - Exemplo de erro sintático provocado em um código do Arduino.....	203
Figura 28 - Algoritmo para análise de números primos com erro semântico.....	204
Figura 29 - Sistema de Categorias.....	253
Figura 30 - Questão de matemática proposta para 4º e 5º ano do Ensino Fundamental.....	258
Figura 31 - Questão de matemática proposta para 4º e 5º ano do Ensino Fundamental.....	258
Figura 32 - Questão de língua portuguesa proposta para o 4º e 5º ano do Ensino Fundamental.....	259
Figura 33 - Questão de matemática proposta para o 1º ano do Ensino Fundamental.....	260
Figura 34 - Questão de biologia proposta para o 8º e 9º ano do Ensino Fundamental.....	261
Figura 35 - Questão de informática proposta para o 8º e 9º ano do Ensino Fundamental.....	262
Figura 36 - Questão de interpretação de textos proposta para o 8º e 9º ano do Ensino Fundamental.....	271
Figura 37 - Questão de Inteligência Artificial proposta para qualquer nível do Ensino Médio ou Técnico.....	288
Figura 38 - Labirinto percorrido pelo carrinho-robô.....	289
Figura 39 - Tabela de Vendas - Transações de venda realizadas em determinado período.....	292
Figura 40 - Índices ordenados sobre as variáveis Produto e Cliente....	293
Figura 41 - Distribuições de Frequência das variáveis Produto e Cliente.....	294
Figura 42 - Neurônio artificial.....	296
Figura 43 - Protótipo robótico com Arduino que implementa um neurônio artificial.....	298
Figura 44 - Código Arduino para implementação de um neurônio artificial.....	299
Figura 45 - Algoritmo Perceptron implementado no Alice.....	300



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Compreensões da tecnologia segundo Andrew Feenberg...	96
Quadro 2 - Leituras do sensor ultrassônico com o carrinho-robô em movimento.....	175
Quadro 3 - Leituras do sensor ultrassônico com o carrinho-robô bloqueado.....	176
Quadro 4 - Valores numéricos discretos por nível de concordância....	237
Quadro 5 - Respostas em ordem decrescente de média de concordância .....	240
Quadro 6 - Respostas em ordem decrescente de média de concordância (continuação).....	241
Quadro 7 - Respostas em ordem decrescente de desvio-padrão.....	246
Quadro 8 - Respostas em ordem decrescente de desvio-padrão (continuação).....	247



## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Percepção dos professores com relação ao uso do PFC para ensino de conteúdos.....	66
Gráfico 2 - Evolução do número de postos de trabalho em bancos nos Estados Unidos.....	85
Gráfico 3 - Formação em nível de graduação dos indivíduos participantes da pesquisa.....	228
Gráfico 4 - Formação em nível de pós-graduação dos indivíduos participantes da pesquisa.....	229
Gráfico 5 - Quantidade e percentual de professores participantes da pesquisa por nível de atuação.....	230
Gráfico 6 - Quantidade de professores participantes da pesquisa por área de atuação.....	231
Gráfico 7 - Quantidade de participantes da pesquisa com relação ao tempo total de atuação como docente.....	232
Gráfico 8 - Taxas de concordância com a afirmativa 1.....	341
Gráfico 9 - Taxas de concordância com a afirmativa 2.....	341
Gráfico 10 - Taxas de concordância com a afirmativa 3.....	342
Gráfico 11 - Taxas de concordância com a afirmativa 4.....	342
Gráfico 12 - Taxas de concordância com a afirmativa 5.....	343
Gráfico 13 - Taxas de concordância com a afirmativa 6.....	343
Gráfico 14 - Taxas de concordância com a afirmativa 7.....	344
Gráfico 15 - Taxas de concordância com a afirmativa 8.....	344
Gráfico 16 - Taxas de concordância com a afirmativa 9.....	345
Gráfico 17 - Taxas de concordância com a afirmativa 10.....	345
Gráfico 18 - Taxas de concordância com a afirmativa 11.....	346
Gráfico 19 - Taxas de concordância com a afirmativa 12.....	346
Gráfico 20 - Taxas de concordância com a afirmativa 13.....	347
Gráfico 21 - Taxas de concordância com a afirmativa 14.....	347
Gráfico 22 - Taxas de concordância com a afirmativa 15.....	348
Gráfico 23 - Taxas de concordância com a afirmativa 16.....	348
Gráfico 24 - Taxas de concordância com a afirmativa 17.....	349
Gráfico 25 - Taxas de concordância com a afirmativa 18.....	349
Gráfico 26 - Taxas de concordância com a afirmativa 19.....	350
Gráfico 27 - Taxas de concordância com a afirmativa 20.....	350
Gráfico 28 - Taxas de concordância com a afirmativa 21.....	351
Gráfico 29 - Taxas de concordância com a afirmativa 22.....	351
Gráfico 30 - Taxas de concordância com a afirmativa 23.....	352
Gráfico 31 - Taxas de concordância com a afirmativa 24.....	352

Gráfico 32 - Taxas de concordância com a afirmativa 25.....	353
Gráfico 33 - Taxas de concordância com a afirmativa 26.....	353
Gráfico 34 - Taxas de concordância com a afirmativa 27.....	354
Gráfico 35 - Taxas de concordância com a afirmativa 28.....	354
Gráfico 36 - Taxas de concordância com a afirmativa 29.....	355
Gráfico 37 - Taxas de concordância com a afirmativa 30.....	355

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASIMO	Advanced Step in Innovative Mobility
ATD	Análise Textual Discursiva
BBS	Bulletin Board System
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAAE	Certificado de Apresentação para Apreciação Ética
CERN	Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire
COBENGE	Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
DCNEB	Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica
DP	Desvio-Padrão
ENPEC	Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências
ERIC	Educational Research Information Center
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
HTML	Hypertext Markup Language
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IoT	Internet of Things
IP	Internet Protocol
IRC	Internet Relay Chat
LDR	Light Dependent Resistor
LED	Light-Emitting Diode
LHC	Large Hadron Collider
LS3	Legged Squad 3
MEC	Ministério da Educação
MIT	Massachusetts Institute of Technology
NTE	Núcleo de Tecnologia Educacional
NTM	Núcleo Tecnológico Municipal
OBR	Olimpíada Brasileira de Robótica
OLPC	One Laptop per Child
PFC	Personal Food Computer
PROINFO	Programa Nacional de Informática na Educação
REDALYC	Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
RENOTE	Revista Novas Tecnologias em Educação
RFID	Radio Frequency Identification
RSSF	Redes de Sensores Sem Fio
TCP	Transmission Control Protocol
TDIC	Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação

UCA	Um Computador por Aluno
UFFS	Universidade Federal da Fronteira Sul
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
USB	Universal Serial Bus

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO.....	27
1.1 APRESENTAÇÃO.....	27
1.2 TEMÁTICA E PROBLEMATIZAÇÃO.....	34
1.3 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA, HIPÓTESE E OBJETIVO. .	46
1.4 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO.....	53
2 TECNOLOGIAS COMPUTACIONAIS.....	55
2.1 INTELIGÊNCIA HÍBRIDA PARA A SINTETIZAÇÃO DE NOVAS PROTEÍNAS.....	57
2.2 FÍSICA QUÂNTICA PARA CRIANÇAS E ADOLESCENTES .....	60
2.3 CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS CONTROLADAS POR COMPUTADOR.....	63
2.4 CORRIDA CONTRA AS MÁQUINAS - A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL.....	67
2.5 IMPRESSORAS 3D.....	74
2.6 INTERNET DAS COISAS.....	77
2.7 A TECNOLOGIA E O FUTURO DOS EMPREGOS.....	83
3 A FILOSOFIA DA TECNOLOGIA.....	91
3.1 A TEORIA DETERMINÍSTICA DA TECNOLOGIA.....	107
3.2 A TEORIA INSTRUMENTALISTA DA TECNOLOGIA.....	113
3.3 A TEORIA SUBSTANTIVISTA DA TECNOLOGIA.....	116
3.4 A TEORIA CRÍTICA DA TECNOLOGIA.....	119
4 AMPARO EPISTEMOLÓGICO PARA A EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS COM TECNOLOGIAS.....	127
4.1 A CONTRIBUIÇÃO BACHELARDIANA.....	131
4.2 A EPISTEMOLOGIA E A CONCEPÇÃO DE CIÊNCIA DE GASTON BACHELARD.....	134
4.3 OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS.....	139
4.4 SIMBOLISMO, PODER E CIÊNCIA FÁCIL.....	155
4.5 AS ABSTRAÇÕES E O CONHECIMENTO COMPUTACIONAL.....	162
5 NOVAS TECNOLOGIAS PEDAGÓGICAS.....	181
5.1 ROBÓTICA EDUCATIVA.....	188
5.2 ESCALAS DE COMPLEXIDADE COM RELAÇÃO À PROGRAMAÇÃO.....	193
5.3 UM EXEMPLO DE ABORDAGEM HÍBRIDA PARA ENSINO DE ESTRUTURAS DE PROGRAMAÇÃO.....	196

5.4 AS LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO E OS CONTEÚDOS CURRICULARES.....	201
6 ETAPAS E PERCURSO DA INVESTIGAÇÃO.....	207
6.1 ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA – ELEMENTOS DO CICLO DE ANÁLISES.....	213
6.2 <i>CORPUS</i> DOCUMENTAL.....	216
6.2.1 Tutoriais e Vídeo-Tutoriais.....	217
6.2.2 Manuais Técnicos.....	218
6.2.3 Artigos e Documentos Acadêmicos.....	219
6.2.4 Documentos Oficiais.....	223
6.2.5 Documentos da Olimpíada Brasileira de Robótica.....	223
6.2.6 Questionários respondidos por Professores.....	224
6.3 DESENVOLVIMENTO DAS INVESTIGAÇÕES SOB AMPARO METODOLÓGICO DA ATD.....	231
6.3.1 Critérios de unitarização.....	234
6.3.2 Critérios de categorização.....	235
7 RESULTADOS.....	237
7.1 O PROTAGONISMO DOCENTE NOS RESULTADOS DESTA PESQUISA.....	238
7.2 RESPOSTAS ÀS AFIRMATIVAS DO QUESTIONÁRIO.....	238
7.2.1 Resultados por ordem decrescente de média de concordância.....	239
7.2.2 Resultados por ordem decrescente de desvio-padrão.....	244
7.3 CATEGORIZAÇÃO.....	252
7.3.1 Intradisciplinaridade Restringente.....	254
7.3.1.1 Amparos conceituais.....	255
7.3.1.2 Interdisciplinaridade.....	266
7.3.1.3 Tópicos avançados em ciência e tecnologia.....	269
7.3.1.4 Análise preliminar da categoria.....	270
7.3.2 Escalabilidade Cognitiva.....	272
7.3.2.1 Abordagens pedagógicas.....	273
7.3.2.2 Elementos processuais-cognitivos.....	277
7.3.2.3 Análise preliminar da categoria.....	279
7.3.3 Abstração e Matematização.....	280
7.3.3.1 Experimentação.....	281
7.3.3.2 Teorização e racionalização.....	284
7.3.3.3 Análise preliminar da categoria.....	285
7.3.4 Inteligência Artificial.....	286
7.3.4.1 Reconhecimento de padrões.....	289
7.3.4.2 Histogramas e performance em bancos de dados.....	291
7.3.4.3 Neurônios artificiais.....	295



7.3.4.4 Análise preliminar da categoria.....	301
7.3.5 Pragmatismo.....	301
7.3.5.1 Mercado de trabalho.....	303
7.3.5.2 Responsabilidade sócio-filosófico-ambiental.....	309
7.3.5.3 Análise preliminar da categoria.....	311
8 CONCLUSÕES.....	313
REFERÊNCIAS.....	323
APÊNDICE 1 – GRÁFICOS DE SETORES ORIGINADOS A PARTIR DAS RESPOSTAS AO QUESTIONÁRIO DE PESQUISA.....	341
APÊNDICE 2 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	357
APÊNDICE 3 – INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS.....	361



## 1 INTRODUÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO

Este primeiro capítulo tem por objetivo fazer a apresentação do autor desta tese e do problema de pesquisa. Entendo que minha formação e minha trajetória profissional foram determinantes para chegar até aqui. Não numa perspectiva de superação de fases ou de aperfeiçoamento intelectual, mas sim, por terem proporcionado constantes inquietações sobre a lógica de funcionamento da sociedade e do mercado de trabalho. Considero os trabalhos de pesquisa e de escrita desta tese, assim como a formação intelectual que dela decorre, não somente como produtos derivados de pensamentos, aprendizados, estudos e vivências, mas acima de tudo como oportunidades. Quero dizer que os considero mais como oportunidades de expor e estruturar pensamentos do que como objetivos a serem atingidos ou metas a serem superadas. Quem deera cada vez mais pessoas possam ter oportunidades assim.

Iniciarei, a seguir, com minha apresentação pessoal, que objetiva exclusivamente destacar de onde falo. Explicito aqui minha formação pregressa porque ela, queira ou não, é constituinte da marca subjetiva que impregnamos em nossas pesquisas e em nossas interpretações. Ainda, se por vezes pecar ao prescindir de impessoalidade, será por respeito aos pensamentos dos autores citados, buscando deixar claro ao leitor a origem das ideias, das interpretações e das conclusões a serem construídas ao longo do texto.

### 1.1 APRESENTAÇÃO

Tive o privilégio de viver o período da informática no Brasil durante os anos 1990. Seu crescimento, ou seja, a evolução, tanto no que diz respeito a software quando a hardware, foi assombrosa naquele período. E não estava em qualquer lugar, não. Morando em uma cidade como Porto Alegre, já estudante de informática da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, tinha contato com o que havia de mais moderno em termos computacionais. Pude assim, acompanhar os

primeiros passos da internet no Brasil<sup>1</sup>, por volta do ano de 1993. Tínhamos e-mail, o que nos colocava num seletivo grupo de privilegiados. Experimentei justamente o final da incubação da internet no mundo acadêmico e presenciei sua expansão ao mundo dos negócios; a evolução e a morte dos primeiros navegadores. Para qualquer área da informática, diversas eram as oportunidades. A oferta de estudantes de computação somada à oferta de egressos de cursos técnicos e de cursos superiores da área, não supria o mercado de trabalho.

Como na década anterior muito se falava sobre a evolução tecnológica futura, temia-se quanto a uma possível substituição da mão de obra humana pelas máquinas e computadores. Porém, nos anos 1990, não se conseguia perceber isso. A informatização demandava um grande contingente de trabalho humano para reorganizar processos, que, a partir de então, sob o novo rigor dos códigos algorítmicos, não podiam seguir caminhos não previstos. A adequação do trabalho humano aos sistemas de informação gerou novos postos de trabalho. A corrida pelo, a partir de então, fundamental conhecimento de aplicativos de informática para escritórios, como editores de texto e planilhas eletrônicas, alavancou o crescimento das escolas de ensino de computação.

Até meados dos anos 1990, ainda era possível ver, numa metrópole como Porto Alegre, inúmeros cargos funcionais que não demandavam computadores. Situação que, ainda antes do final da década, invertia-se: a um posto de trabalho associava-se ao menos alguma tarefa pontual periódica no computador. De uma forma um pouco menos rápida, percebia-se a expansão da informática pelo interior do Brasil.

- 1 O embrião do que conhecemos hoje por Internet entrou em funcionamento em 01/09/1969 nos meios científicos e militares, e seu desenvolvimento descentralizado culminou com a necessidade de um sistema capaz de organizá-lo, que permitiu sua difusão na sociedade em geral (CASTELLS, 1999). Esse sistema, que envolveu uma linguagem-padrão - HTML - e um protocolo para possibilitar sua transferência através da rede - HTTP, foi proposto por Tim Berners-Lee em outubro de 1990, tornando-se inicialmente disponível em dezembro daquele mesmo ano. (Fonte: <<https://www.w3.org/People/Berners-Lee/Longer.html>>).

Acompanhei este movimento de interiorização, seguindo de volta para minha cidade natal, Erechim, no interior do Rio Grande do Sul, onde de uma maneira bastante similar à da capital na década anterior, percebia-se a invasão dos computadores no comércio e na indústria, também chegando timidamente nas escolas.

Amparado por essas lembranças que me colocam com 30 anos de experiência com computadores, vejo as décadas de 1990 e a primeira década deste século como voltadas à informatização em geral: de empresas, órgãos públicos, universidades, escolas, residências, desde a simples presença de computadores e impressoras que permitiram a geração e o armazenamento de documentos eletrônicos, até a presença de sistemas de gestão e de gerenciamento de bancos de dados, permitindo disseminar e processar cada vez mais informações. A internet crescia paralelamente. A canalização de dados para os meios eletrônicos permitiu a popularização da mineração de dados na busca por informações não triviais. A inteligência artificial, até então em águas mornas - ainda que em águas aquecidas nos meios acadêmicos - começava a se tornar um conceito popular. Não demorou muito para que tomasse forma a grande revolução da teleinformática que caracteriza a década atual: a mobilidade da comunicação. O computador passou a ser móvel e a caber nos bolsos.

Muitas são as conclusões e previsões que podemos tecer a partir de nossas histórias pessoais. Minha experiência como docente de informática, que se iniciou em 2003 paralelamente ao meu trabalho como profissional da área da computação, não me trouxe em médio prazo nenhum esclarecimento com relação a uma característica que demorei a perceber: éramos, em essência, usuários de tecnologias. Ainda que pudéssemos seguir carreira na área da computação, ainda que pudéssemos ver nossas empresas informatizadas, ainda que pudéssemos ter equipamentos tecnológicos avançados em nossos hospitais para diagnóstico de doenças ou em nossas escolas para melhorar a educação, não participávamos da criação daquelas tecnologias. Não éramos protagonistas do ponto de vista da criação de soluções tecnológicas.

Um exame do meu próprio passado começou a apontar alguns caminhos para compreender o porquê disso. Nosso curso de graduação tinha o que chamávamos de ênfase em software básico. No currículo, disciplinas dirigidas à compreensão das teorias que se voltavam à criação de software básico, ou seja, exames teóricos de como a computação começou, o que permitiria ao estudante, na melhor das hipóteses, poder concorrer com grandes empresas fabricantes de softwares como sistemas operacionais, sistemas gerenciadores de bancos de dados ou mesmo softwares aplicativos. Isso seria algo bastante arrojado, ainda mais porque a absorção de profissionais desta área pelo mercado de trabalho, bem como a necessidade de darmos retorno rápido ao investimento que fazíamos em educação, facilmente nos colocavam em alguma vaga de emprego em informática, geralmente voltada ao desenvolvimento de software para o mercado empresarial. Bastava para isso estar sintonizado com as tendências mundiais quanto aos rumos da computação e já podíamos fazer parte daquela massa de profissionais que, muito dificilmente, permaneciam mais de um ano no mesmo emprego. Documentos e manuais técnicos eram de fácil acesso, já que interessava, às grandes empresas internacionais fabricantes de software, disseminar o conhecimento sobre seus produtos. Em função disso, não me recordo de ter precisado comprar um livro, sequer, para minhas demandas profissionais. Tudo estava disponível na internet. Quanto mais bem elaborado o material didático, melhor a compreensão do sistema por parte do profissional e, então, maior a tendência a uma adesão e a uma indução ao uso daquele produto de software dentro da instituição em que o profissional trabalhava, e que nunca pagava pouco pelas licenças de utilização de tais produtos.

Esses altos custos favoreceram o crescimento no Brasil de algo que já ganhava força no exterior (essas coisas não iniciam por aqui): o software livre. Porém, os profissionais da computação e os usuários de sistemas já trabalhavam de maneira simbiótica com os produtos estrangeiros proprietários. Voltar-se ao software livre, como ainda acontece, representaria menor compatibilidade, que demandaria mais

tempo para a solução de problemas e para a implementação de projetos, assim como uma igualmente maior dedicação intelectual. Isso é incompatível com eficiência e lucro. De alguma maneira, não só por sorte, o software livre cresceu, e está mais forte atualmente do que há 15 anos. Isso é positivo porque o esforço pelo crescimento do software livre está proporcionando uma pressão enorme contra a hegemonia de mercado da informática, mas a luta está longe de terminar.

Se esforços em nível mundial perduram há décadas em prol da liberdade de uso da tecnologia computacional, parece razoável compreender o porquê de um estudante da área de tecnologia também tornar-se, em essência, um consumidor de tecnologia, ainda que como consequência de seus esforços intelectuais ele possa tornar-se um grande empreendedor ou um engenheiro muito qualificado. Apesar de demandar muito esforço pessoal e enfrentamento de grande concorrência com outros profissionais, parece que este caminho ainda é mais fácil do que tentar concorrer com alguma gigante da computação mundial. Ou ainda, como preconiza o adágio popular, se você não pode vencer seu inimigo, junte-se a ele. E convenhamos, somos bons nisso. As universidades brasileiras formam excelentes profissionais na computação. Não à toa muitos buscam melhores oportunidades de crescimento profissional e qualidade de vida no exterior. Essas grandes empresas sabem disso e contratam muitos brasileiros.

Esse assunto é bastante complexo. Neste ponto desta apresentação, poder-se-ia questionar se tudo isso é bom ou se é ruim. Ao longo desta tese, tentarei elucidar algumas dessas questões. Em favor da manutenção desse *status quo*, abordarei a questão do continuamente grande número de postos de trabalho existentes na área da informática, com algumas estimativas atuais de números que surpreendem. Contra essa manutenção do *status quo*, argumentarei que estamos apenas vivendo um outro momento na trajetória helicoidal de oportunidades, cujo afastamento de seu ponto de origem é somente em função das novas oportunidades que surgem como consequência da disseminação da informática em outros espaços e das suas novas formas de interação com

os seres humanos. Nessa linha de raciocínio, o ciclo histórico se repete. As tecnologias surgem, nossos profissionais aprendem a usá-las, compreendem, modernizam-nos, e tudo se mantém.

Na busca pelo protagonismo na criação tecnológica, o momento atual é particularmente interessante. Estamos vivendo uma preparação para o que já vem sendo chamada de a quarta revolução industrial. Nela, emergirão conceitos, dentre outros, como o da inteligência híbrida: humanos e máquinas trabalhando e pensando conjuntamente. Representará uma ruptura do paradigma atual, e impactará diretamente no futuro dos empregos. Alguns estudos a serem referenciados nesta tese apontam que, para termos condições de competir nesse contexto, o único caminho possível é o da Educação Básica de qualidade. No cerne dessa quarta revolução industrial, existe um conceito computacional que já vem sendo implementado e que tem se tornado cada vez mais popular: a internet das coisas (*internet of things*), assunto este a ser aprofundado no capítulo 2 desta tese. Antes, tínhamos a internet que transformou a forma através da qual os seres humanos se comunicam. Agora, chegou a vez das coisas se comunicarem. O hibridismo que ora emerge já está sendo chamado de internet de tudo (*internet of everything*).

Não há como prever, ao menos com precisão, o que será possível criar sob esta perspectiva. Em preparação para que a escola possa seguir neste caminho, e constituindo-se como um dos objetos centrais de estudo desta tese, estão as tecnologias de prototipagem eletrônica e de ensino da programação de computadores, atualmente já bastante adequadas aos públicos do ensino fundamental e médio. Se na década de 1990, o contato que um estudante de graduação fazia com os computadores representava um contato tardio, que demandava apropriação de uma tecnologia estrangeira que já vinha sendo desenvolvida há décadas, cabendo a ele conhecê-la e fazer bom uso, não é exatamente esta a situação agora. O que há em comum nesta fase que prepara-se para a quarta revolução industrial, é a maior incipiência das novas tecnologias e possibilidades em comparação às situações de apropriações tecnológicas das décadas anteriores. Ou seja, estamos



todos, com menor dispersão, experimentando o início disso tudo. Se podemos recomeçar, parece imprescindível que o façamos de uma maneira melhor, e que o façamos com vistas ao futuro da dignidade humana.

Os apontamentos a serem aqui propostos com vistas a defender esta tese, jamais poderão ficar deslocados de algumas questões que serão a base de toda a argumentação. Tentarei fazer isso nos capítulos seguintes defendendo, em primeiro lugar, a busca pelo conhecimento. Uma das contribuições virá da Filosofia da Ciência. Será preciso, a partir daí, investigar e talvez promover uma reconstrução do entendimento de ciência. Será preciso entender a relação entre ciência e tecnologia. Serão somadas às contribuições da Filosofia da Ciência as contribuições da Filosofia da Tecnologia. Os problemas éticos e sociais, ao menos aqueles que já conhecemos, e que estarão sempre imbricados ao desenvolvimento científico e tecnológico, serão levados em consideração pelo reconhecimento e pela defesa da indissociabilidade entre a problemática CTS - Ciência, Tecnologia e Sociedade - e os avanços tecnológicos e científicos. Como exposto anteriormente, e na concordância de que este caminho para o futuro deve passar pela escola, tais questões precisam ser levantadas junto aos que terão a responsabilidade de conduzir o processo: os professores da Educação Básica. Uma das defesas centrais deste estudo, em âmbito pedagógico, será a da busca pelo conhecimento, particularmente por um conhecimento científico que toma por base uma racionalidade técnica indissociável de seus resultados experimentais, favorável ao descortinamento de um pragmatismo tecnológico. As contribuições históricas serão trazidas como um antídoto em defesa de uma concepção de ciência diferente daquela na qual mergulha o senso comum, o que talvez contribua com o desenvolvimento de aptidões necessárias para permitir alcançar uma atitude de protagonismo junto aos processos de criação e de inovação tecnológica. Se até bem pouco tempo atrás a inovação era bem mais dependente da demanda social e mercadológica, há que se perceber que agora a inovação encontra outros espaços, sendo demandada também por necessidades oriundas das próprias criações

tecnológicas.

## 1.2 TEMÁTICA E PROBLEMATIZAÇÃO

O texto desta tese é escrito, em especial, aos professores. Não é necessário ser um professor de matemática, de física ou de informática, para lançar mão de tecnologias como recursos pedagógicos. Refiro-me, aqui, às tecnologias digitais, eletrônicas. Também entendo e espero que professores de diferentes níveis, dos anos iniciais do ensino fundamental à pós-graduação, possam tirar algum proveito destes estudos e desta pesquisa. Mas reconheço e devo esclarecer que meus pensamentos e a redação de meu texto são, sim, dirigidos a professores da Educação Básica. Nos limites de minha formação, como professor e como profissional da área da computação, devo reconhecer que talvez não consiga contemplar, nas análises desta tese, áreas do conhecimento que não estejam relacionadas às ciências naturais, às linguagens ou à matemática. Acabo por reconhecer que, portanto, meus possíveis interlocutores sejam professores dessas áreas do conhecimento. É a eles que me direciono quando, a partir de agora, referir-me a “professores”. Trata-se de um recorte necessário em função da constatação de uma maior permeabilidade entre os artefatos tecnológicos e as referidas áreas, exclusivamente no que diz respeito aos seus processos de criação e fabricação.

Na intenção de ser claro e dar maior fluidez ao texto, por vezes usarei uma ou outra expressão ou palavra que não foi por mim originalmente cunhada, mas que em momento oportuno será devidamente referenciada.

As tecnologias referidas no decorrer do texto, e que me foram objeto de estudo ao longo dos últimos anos, só podem ser entendidas ao confiarmos em nosso potencial para compreender minimamente teorias e técnicas relacionadas a todas as áreas de conhecimento anteriormente citadas - ciências naturais, linguagens e matemática - mesmo que pareçam um pouco distantes de nossa área particular de formação. Se

assim não o fizermos, estaremos, enquanto professores, promovendo um conhecimento fragmentado. Esse esforço é necessário para compreender uma das principais argumentações, a ser aprofundada nos capítulos seguintes, de que tanto o professor quanto o aluno não podem ser seduzidos por algo mencionado na apresentação e que torno a repetir aqui: o pragmatismo tecnológico. Ou seja, a fim de que os estudantes possam ter, em suas vidas profissionais, uma maior capacidade de desenvolver atitudes de protagonismo em processos de criação tecnológica, tanto professores quanto os próprios estudantes não podem pensar, em âmbito pedagógico, na tecnologia somente como um fim, em sua dimensão prática, aplicada. Pode estar havendo, em certo nível, uma atitude de rendição por parte dos professores frente a um conjunto de tecnologias que permeia a vida dos estudantes, obscurecendo a relação do saber ensinado com o artefato tecnológico. Defendo que o horizonte do trabalho pedagógico deve ser o conhecimento e não somente o conhecimento aplicável, e busco, para isso, amparo epistemológico na obra de Gaston Bachelard, assim como em sua racionalidade e concepção de ciência.

A tecnologia, quando entendida como dimensão prática e aplicada da ciência, tem potencial para decodificar a complexidade científica, como que uma transposição com vistas a facilitar sua compreensão, mas entendo que a visão utilitarista ou pragmatista da tecnologia acaba por limitar a busca pelo conhecimento, pois o conhecimento passa a ser necessário sob medida, na medida em que for útil a uma colocação profissional ou à criação de alguma solução tecnológica que represente somente retorno financeiro. Essa limitação, defenderei, reflete um modo de ser perante o paradigma tecnológico atual, em que enxerga-se os produtos tecnológicos como fins. Se essa visão do paradigma tecnológico estiver presente nos docentes, é possível que as abordagens pedagógicas herdem tais concepções. A visão utilitarista da tecnologia faz com que a ciência seja vista somente como um meio para se chegar ao conhecimento tecnológico. Em linhas gerais, nesse modo de pensar e agir, a busca pelo protagonismo anteriormente citado fica prejudicada. Tentarei posicionar-me a favor de uma busca pelo conhecimento como

um fim, e resgatarei da Filosofia da Tecnologia algumas reflexões que nos ajudarão na compreensão das relações entre ela, a tecnologia, e a ciência.

Faz-se necessário esclarecer como tratarei as fronteiras entre o conhecimento científico e o conhecimento tecnológico. Reconheço, seguindo Cupani (2017), a crescente intervinculação da atividade científica e da atividade tecnológica, numa aparente fusão que passa a chamar-se tecnociência. Dagnino (2008) observa que o que estamos acostumados a chamar de ciência e tecnologia são coisas que a contemporaneidade torna cada vez mais inseparáveis, tornando os limites das atividades que as originam quase indistinguíveis. Entende que autores que avançam no sentido de propor uma espécie de tratamento conjunto da ciência e da tecnologia não percebem mais a ciência como pura teoria, nem a tecnologia como pura aplicação, tornando-as ambas integrantes de redes de cujos nós também fazem parte todos os tipos de instrumentos, seres e objetos relevantes às atividades que se desenvolvem nos seus entornos. Assim, segundo ele, os produtos da atividade científica - teorias - não poderiam, então, continuar sendo separados dos instrumentos - tecnologias - pois tais instrumentos participam da sua elaboração. Bachelard (2000) já entendia que os fenômenos precisam ser triados, filtrados, depurados e fundidos no molde dos instrumentos, constituindo-se um conceito que, em sua obra, denominou de *fenomenotécnica*. “Ora, os instrumentos não são outra coisa senão teorias materializadas. Isso decorre dos fenômenos que levam consigo por todos os lados a marca teórica.” (BACHELARD, 2000, p. 19).

Autores como Mário Bunge reconhecem a superposição das atividades tecnológica e científica, porém sugerindo que se mantenha consciência sobre as suas diferenças. (apud CUPANI, 2017, p. 101). Cupani resgata a compreensão de Bunge quanto às diferenças entre ciência básica, ciência aplicada, e tecnologia, e observa que há necessidade de distinguir a tecnologia tanto de uma quanto da outra.

Ao passo que a ciência básica deseja obter o saber pelo seu valor intrínseco, e a tecnologia persegue a solução de problemas práticos mediante recursos científicos, a ciência “aplicada” representa essa zona intermediária entre as duas primeiras, zona em que (tal como na pesquisa básica) se tem por objetivo o conhecimento (e não a ação ou a produção), mas ao mesmo tempo (e tal como na tecnologia), o conhecimento é procurado pelas suas projeções práticas. (BUNGE, 1983, apud CUPANI, 2017, p. 100).

Explico agora que o caráter eminentemente pedagógico de meu trabalho acaba por fazer-me optar pela compreensão em separado entre ciência e tecnologia, alinhando-me ao proposto por Mário Bunge. No entanto, há duas considerações a serem esclarecidas. A primeira, é que não me oponho e ao mesmo tempo reconheço a existência de uma tecnociência tal qual conceituada, ou seja, a que percebe a fusão entre a atividade científica e a atividade tecnológica. A segunda é que entendo que a prática pedagógica do ensino de ciências, que atravessa os momentos de problematização inicial, organização e aplicação do conhecimento (DELIZOICOV e ANGOTTI, 1994), justamente por serem práticas pedagógicas, não têm o mesmo espectro ou alcance que têm as práticas externas à esfera escolar. Ou seja, a ciência básica no âmbito pedagógico não produz novos fenômenos, assim como a ciência aplicada no âmbito pedagógico não chega a resolver problemas utilizando-se de conhecimentos científicos.

Na esfera pedagógica deste trabalho, portanto, não há razões para dicotomizar a ciência básica da ciência aplicada, o que me permitiria utilizar somente uma expressão, como por exemplo, “conhecimento científico pedagógico”, ou mesmo “educação científica”, por ser uma expressão mais utilizada. Opto, no entanto, pela expressão “conhecimento científico escolar”, que a partir de agora deve remeter o leitor ao conhecimento científico oriundo da atividade educativa escolar. Quero incluir nesta expressão as áreas da matemática e das linguagens,

uma vez que mostrarei, nos capítulos 4 e 5 desta tese, a estreita relação que todas elas possuem com a criação de soluções tecnológicas computacionais. Já no que tange à tecnologia, usarei de maneira recorrente as expressões “pragmatismo tecnológico” e “protagonismo tecnológico”. Nestes casos, por sua vez, estarei me referindo às tecnologias fora do âmbito pedagógico, ou seja, poderíamos dizer, no âmbito profissional.

Não haveria como abordar esta tese senão entendendo ciência e tecnologia de forma separada, já que à tecnociência cabem atribuições e julgamentos que a associam justamente a aquilo que perseguirei. Oliveira (2002, apud DAGNINO, 2008, p. 27) afirma que “quanto mais se consolida o amálgama da tecnociência, menos espaço sobra para o valor que se atribui ao conhecimento científico como um fim em si mesmo, independente das aplicações”, resultando, para Dagnino, em um processo de consolidação tecnocientífico que se acelera com o neoliberalismo em virtude das mudanças que o mesmo impõe às instituições que a produzem e financiam, e que levam à sua crescente mercantilização, o que selaria o fim do mito da ciência pura, considerada do ponto de vista de seu valor intrínseco.

A contribuição de Queraltó (2001, apud CUPANI, 2017, p. 182) sobre a tecnociência, aponta, ao que parece, uma disjunção em relação ao conceito de fenomenotécnica de Bachelard, já que o instrumento (tecnologia) passou a ser um mediador entre a ciência e a realidade, e, portanto, não mais somente uma “teoria materializada”, conforme Bachelard, com vistas a promover o próprio conhecimento científico. Entendo que este desvio de compreensão sobre a tecnologia com relação à ciência repercute no âmbito pedagógico.

Consideremos a atividade educativa conforme os três momentos pedagógicos propostos por Delizoicov e Angotti (1994). Segundo os autores, parte-se de um momento de problematização inicial, em que são apresentadas questões e situações para discussão com os alunos, permitindo a ligação do conteúdo abordado com situações reais que os

alunos conhecem e presenciam, para as quais provavelmente não dispõe de conhecimentos científicos suficientes para interpretar total ou corretamente. Chega-se a um segundo momento pedagógico, o da organização do conhecimento, onde são desenvolvidas definições, conceitos e relações. Busca-se que o aluno consiga apreender o conteúdo de forma a perceber a existência de outras visões e explicações para as situações e fenômenos problematizados, e que também consiga comparar esse conhecimento com o seu a fim de poder usá-lo para melhor interpretar aqueles fenômenos e situações. Finalmente, alcança-se um terceiro momento pedagógico, o da aplicação do conhecimento, onde analisa-se e interpreta-se tanto as situações iniciais que determinaram o estudo daquele conhecimento como as situações que não estiveram diretamente ligadas ao motivo inicial, mas que poderiam ser explicadas pelo mesmo conhecimento.

Considerados os três momentos pedagógicos, os novos recursos didáticos na forma de tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), em particular aquele substrato das TDIC que será estudado nesta tese - representado pelos artefatos que envolvem a robótica educativa - permitem que a abordagem de conhecimentos científicos escolares e conceitos unificadores seja feita sob uma nova perspectiva. A aplicação do conhecimento científico escolar já pode ser dada através da montagem de protótipos robóticos programáveis, construídos tendo como núcleo as chamadas plataformas de prototipagem eletrônicas, a preços, hoje em dia, bastante acessíveis<sup>2</sup>. Somente sob este viés, o terceiro momento pedagógico, da aplicação do conhecimento, já pode ser estendido: a criação do artefato robótico programável, em si mesmo, já é a aplicação de conhecimentos científicos.

Para o ensino de ciências, a baixa quantidade de esforços pedagógicos que agregam novos recursos educacionais de prototipagem eletrônica em atividades educativas, em nível nacional, é bastante

2 Um *kit* bastante completo, com sensores, microcontrolador, resistores, capacitores, *jumpers*, *LEDs*, motores, servo-motores, *display*, *protoboard* e potenciômetros pode ser comprado por cerca de R\$ 130,00.

significativa. Dos 1.353 trabalhos aprovados no ENPEC (XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - 2017) somente 5, cerca de 0,37%, abordaram algum tipo de pesquisa ou intervenção educativa com uso da robótica<sup>3,4</sup>. Por outro lado, é justamente a incipiência desta nova prática educativa o que pode permitir um fazer pedagógico novo, orientado às novas questões éticas e filosóficas necessárias à compreensão do *processo civilizatório contemporâneo*. (BORDIN e BAZZO, 2017).

Ainda assim, num detalhamento aprofundado do que defendo, quero mostrar que o uso pedagógico dessas tecnologias não permite, apenas, servir como exemplo de aplicação do conhecimento científico escolar, mas também, alinhado com a visão bachelardiana, servir para a criação de instrumentos com vistas ao aprofundamento do próprio conhecimento científico escolar, auxiliando dentro do segundo dos três momentos pedagógicos ao contribuir para o desenvolvimento de definições, conceitos e relações. Portanto, não quero negar a importância do conhecimento científico escolar aplicado, mas entendê-lo no viés do pragmatismo representaria um recorte perigoso na busca por um protagonismo tecnológico. Pretendo mostrar que um viés pragmático, que fragmentaria o conhecimento científico escolar da Educação Básica, pode fazer com que o estudante tenha dificuldade em avançar nos conteúdos abordados no ensino superior, o que incumbiria o professor universitário de reconstruir a compreensão da inter-relação dos saberes.

Neste particular, tenho o exemplo que trago de minha experiência com ensino de lógica da programação em cursos de computação e

- 3 Fonte: <<http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/txt/22>>. Acesso em: 07 ago. 2017.
- 4 Baião (2016) pesquisou a ocorrência dos termos *Scratch*, *Arduino*, *Scratch for Arduino* e *Construcionismo* em todas as edições entre 2011(volume 11) e 2015(volume 15) da Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, não tendo encontrado nenhuma publicação com os referidos temas. O mesmo autor, em consulta a todas as edições da Revista Brasileira de Ensino de Física entre 2011(volume 33) e 2015(volume 37), encontrou somente 3 artigos abordando o tema *Arduino*.



engenharia<sup>5</sup>. Detalharei mais adiante neste estudo a percepção de que essa incompreensão da inter-relação dos saberes, quando presente no estudante, impacta negativamente no desenvolvimento de habilidades necessárias para a criação de soluções tecnológicas. No recorte da codificação algorítmica, cada vez mais presente nesses referidos produtos, faltam aos estudantes habilidades necessárias para a interpretação dos problemas a serem solucionados e para a compreensão de como uma solução tecnológica interage com os fenômenos naturais em suas formas matemáticas e abstratas de representar a realidade.

O contato prévio do estudante com recursos educacionais de prototipagem eletrônica pode, em curto prazo, repetir aquilo que hoje se experimenta em função de esforços prévios em prol da presença do computador em sala de aula, e que teve início nas décadas passadas. Ainda que continue em pauta o uso pedagógico dos computadores, dos softwares e dos objetos de aprendizagem na Educação Básica, muitas características instrumentais e conceituais que foram sendo assimiladas desde cedo pelos alunos já não representam um problema a ser aprofundado na educação superior. Falo pela experiência de docência da disciplina de Introdução à Informática em oito cursos superiores, cinco licenciaturas e três bacharelados, durante o processo de implantação da Universidade Federal da Fronteira Sul, entre os anos de 2010 e 2017. Nas 26 turmas em que fui docente desta disciplina, sempre procurei levantar o número de alunos que conheciam o sistema operacional Linux, já que o mesmo era o sistema instalado em computadores distribuídos às escolas dentro das políticas públicas de inclusão digital, como o PROINFO - Programa Nacional de Informática na Educação - e o UCA - Programa Um Computador por Aluno. Na medida em que aumentava o número de alunos que o conheciam, por terem trabalhado

5 Para aprofundamentos, consultar SCHAEFFER, A. G.; ANGOTTI, J. P. Ensino de algoritmos em engenharias: desafios na educação popular. In: Adriana Maria Tonini (Org.). Desafios da Educação em Engenharia: formação acadêmica e atuação profissional, práticas pedagógicas e laboratórios remotos. Brasília: ABENGE, 2017, p. 175 – 178. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/publicacoes.php>>. Acesso em: 19 jul. 2018.

com ele durante a Educação Básica, aumentava também a possibilidade de aprofundar conteúdos não instrumentais da computação dentro daquela disciplina introdutória. Essa constatação fez, inclusive, com que se iniciassem esforços por mudanças nos conteúdos e na metodologia da disciplina, processos que estão atualmente em curso e que certamente trarão inovações e avanços.

A aceitação de uma busca pelo conhecimento científico escolar como prioridade, denotará interdisciplinaridade, e por consequência um reconhecimento da importância das totalizações do saber. Angotti (1991) preocupou-se com isso com relação às compreensões e convicções que buscavam promover, consciente ou inconscientemente, a fragmentação do saber científico, posicionando-se contrário a essa perspectiva de entendimento. Como proposta, introduz uma abordagem que enfatiza a utilização de conceitos unificadores, iniciando sua argumentação com o estudo das relações entre a ciência, a tecnologia e as culturas ocidental e brasileira. Tomarei por base essa pesquisa, seja por seu caráter norteador da práxis educativa, seja pela contribuição teórica.

Os avanços tecnológicos atuais parecem corroborar a importância do conhecimento unificado. Tomemos por exemplo a área de engenharia biomolecular. Um conhecimento fragmentado não poderia conceber um robô, metálico, eletrônico, articulado, medindo 35 nm x 35nm x 45 nm, cumprindo funções dentro do corpo humano como o combate a células cancerígenas. É com razão. Não há ainda tamanha tecnologia para fabricação de um robô nessa escala. Mas é esse conhecimento fragmentado que nos limita a conceber um robô da maneira única que imaginamos. Há demanda por uma ampliação de visão e de conhecimento, começando pelo entendimento de que um robô nesta escala é feito com base em filamentos proteicos. Sua programação não é feita de maneira eletrônica, mas quimicamente<sup>6,7</sup>. Pensar a robótica e a

6 DOUGLAS, S. M.; BACHELET, I; CHURCH, G. M. A logic-gated nanorobot for targeted transport of molecular payloads. *Science*, v. 335, n. 6070, p. 831-834, 2012.

7 DOUGLAS, S. M. et al. Self-assembly of DNA into nanoscale three-

engenharia de maneira fragmentada e isolada também não nos permitiria conceber um dispositivo robótico biodegradável voltado para a despoluição ambiental, que fosse programado não somente para viver em harmonia com outros organismos em seu meio mas também para que pudesse melhorar o ambiente onde está inserido. Entram em cena questões relativas à biologia dos seres vivos com relação à adaptabilidade dos mesmos em seu meio, o que determina a mecânica do artefato robótico. São necessários estudos morfológicos e microbiológicos já que um robô desse tipo, voltado à despoluição do ambiente, não pode gerar problemas para além daqueles que busca resolver. Ele terá que gerar sua própria energia e ter materiais biodegradáveis em sua composição, como os biopolímeros<sup>8</sup>.

Como um último exemplo nos limites deste texto introdutório, já que pretendo aprofundar esses assuntos nas páginas seguintes, podemos estabelecer um paralelo entre uma visão fragmentada e tecnicista da engenharia moderna com uma visão mais ampla, sistemática e totalizadora. A base para construção de sensores robóticos, os quais constituem os sentidos e meios pelos quais robôs percebem o ambiente no qual estão inseridos, são os metais. Suas estruturas, pinos de encaixe e eletrodos, são peças feitas de ouro, prata, estanho, níquel e alumínio, dentre outros. Não seria prudente questionar a que custo ambiental e humano esses metais são extraídos? Esse material pode ser reciclado depois de descartado? Compensa produzi-lo dessa maneira?

A forma como será abordada a problemática de como enxergamos a tecnologia atualmente encontrará amparo em autores que se dispõem a estudar a Filosofia da Tecnologia. Dessa compreensão, emergirão ao menos duas alternativas: a de manutenção do *status quo*, mais fácil de ser implementada, e a outra que busca uma mudança. Tenho convicção de que esta tentativa de mudança não é original. Apenas endosso as teses

dimensional shapes. **Nature**, v. 459, n. 7245, p. 414, 2009.

- 8 ROSSITER, J; WINFIELD, J; IEROPOULOS, I. Eating, Drinking, Living, Dying and Decaying Soft Robots. In: **Soft Robotics: Trends, Applications and Challenges**. Springer International Publishing, 2017. p. 95-101.

que defendem uma educação libertadora, mas com argumentos aplicáveis e que se debruçam sobre o contexto da educação científica escolar. No primeiro caso, procurarei evidenciar os perigos e as dificuldades de nos mantermos no atual ciclo de dependência tecnocultural. A manutenção do *status quo* é, por inércia, mais fácil de ser implementada ou mantida, porém mais difícil de ser sustentada. No segundo caso, com relação à alternativa de mudança, em defesa de uma busca por independência tecnocultural e protagonismo tecnológico, tentarei sustentar que, ao menos no viés da educação científica escolar, um exame histórico e epistemológico sobre a evolução da ciência, bem como uma postura de resistência ao pragmatismo, podem nos apresentar um caminho.

A título de exemplo, um avanço científico a partir do qual desdobraram-se aplicações no campo social, foi a descoberta das ondas de rádio. O físico teórico David E. Kaplan, em seu trabalho no LHC (Large Hadron Collider), no CERN (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire), foi questionado quanto ao retorno econômico das experiências com colisões de partículas. Para ele, a resposta era muito simples: não tinha a menor ideia. Lembrou que quando as ondas de rádio foram descobertas, sequer chamavam-se ondas de rádio, pois eram apenas uma forma de radiação<sup>9</sup>.

O trabalho de Padmanabhan et al. (2017), bastante recente, é outro exemplo da busca pelo conhecimento que, como explicam os autores, “pode transcender seu âmbito inicial e oferecer perspectivas de aplicações imprevistas”. O estudo, que tinha objetivo de “aplicar uma construção incomum de supersimetria na classificação de fases da matéria”, acabou por identificar um fenômeno que pode possibilitar aos sistemas quânticos reter informações por muito mais tempo do que o esperado. Foi concebido com aparato matemático altamente abstrato e resultou em um modelo que pode servir como paradigma para os

9 **PARTICLE FEVER.** Direção: Mark Levinson. Produção: Mark Levinson e David E. Kaplan. Estados Unidos: Anthos Media, 2013. Disponível em: <<https://www.netflix.com>>. Acesso em 15 jul. 2017. (99 min).

tecnólogos e engenheiros envolvidos na construção de componentes de futuros computadores quânticos<sup>10</sup>. Ainda, segundo os autores, a pesquisa ocorreu no âmbito da ciência pura, sem nenhuma expectativa de desdobramento tecnológico, mas algumas ideias que desenvolveram poderão, eventualmente, fornecer pistas úteis.

Tal forma de pensar encontra alinhamento com Bachelard (1996), que em capítulo dedicado à crítica do conhecimento unitário e pragmático, escreve que

A própria utilidade fornece uma espécie de indução muito especial que poderia ser chamada de indução utilitária. Ela leva a generalizações exageradas. Pode-se então partir de um fato verificado, pode-se até encontrar-lhe uma extensão feliz. Mas o impulso utilitário levará, quase infalivelmente, longe demais. Todo pragmatismo, pelo simples fato de ser um pensamento mutilado, acaba exagerando. O homem não sabe limitar o útil. O útil, por sua valorização, capitaliza-se sem medida. (BACHELARD, 1996, p. 113).

Uma crítica alinhada parte de uma observação de Silva (2007, p. 132) com relação à relevância dos processos frente aos resultados da ciência. Ele explica que, “se ensinar subentende que há algo a aprender, e se a ciência é muito mais um processo de construção de conhecimento que um quantum de saber estabelecido, ensinar ciência pode significar, antes de mais nada, ensinar como a ciência opera para construir saber”. Assim, ele explica que, para Bachelard, há um “profundo erro em se tomar da ciência os resultados, sem acompanhar a vida do progresso dos

- 10 ARANTES, J. T. Mecanismo pode retardar a perda de informação em dispositivos quânticos de memória. **Agência FAPESP**. São Paulo, nov. 2017. Disponível em: [http://agencia.fapesp.br/mecanismo\\_pode\\_retardar\\_a\\_perda\\_de\\_informacao\\_em\\_dispositivos\\_quanticos\\_de\\_memoria/26585](http://agencia.fapesp.br/mecanismo_pode_retardar_a_perda_de_informacao_em_dispositivos_quanticos_de_memoria/26585)>. Acesso em: 09 nov. 2017.

pensamentos”, concluindo que podemos destacar, como um enunciado significativo para o ensino de ciências, que

antes e mais importante que repassar aos estudantes um conjunto de **resultados**, enquanto saberes constituídos pelas ciências, ou mesmo as possíveis **aplicações em nível tecnológico** desses saberes, se faz mister, sem descurar da dimensão apresentada acima, apresentar de forma problematizada os processos pelos quais as ciências efetiva e historicamente foram constituindo e delineando suas próprias problemáticas; foram forjando seus métodos e objetos de investigação; e, fundamentalmente, foram estabelecendo rupturas com outras formas de saber, instaurando, a partir daí, uma profunda consciência de vigilância (“objetividade vigiada”), para com os possíveis entorpecimentos provocados por estas formas de saber. (SILVA, 2007, p. 133, grifos meus).

Em síntese, e transpondo essas concepções ao contexto pedagógico, defenderei que a educação tecnológica deve existir e ser vista como um direito de qualquer estudante, mas com vistas ao referido protagonismo tecnológico e à independência tecnocultural, a prioridade deve recair sobre a educação científica escolar. Bachelard refere-se ao pragmatismo como um obstáculo ao conhecimento científico - um falso ponto de partida. A ideia de um conhecimento científico utilitarista, portanto, sufoca um almejado protagonismo. “Quando é bem realizada a psicanálise do pragmatismo, quero saber para poder saber, nunca para utilizar”. (BACHELARD, 1996, p. 305).

### 1.3 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA, HIPÓTESE E OBJETIVO

É cabível agora a apresentação da principal hipótese de pesquisa a ser investigada. O fluir dos avanços científicos e sua consequente divulgação na mídia televisiva e eletrônica, e aqui incluem-se criações

nos campos da inteligência artificial, do aprendizado de máquina, da robótica, da engenharia genética, das interfaces cérebro-máquina, das redes de sensores, da computação quântica, da realidade aumentada, dentre outros, e que possuem em seus cerne, orgânica e simbioticamente, a computação, faz com que concordemos e aceitemos facilmente um esforço por adaptação a esses “caminhos sem volta”. Temos receio de ficarmos pra trás. É um esforço evolutivo. Lévy (2007), ao abordar o desenvolvimento dos novos instrumentos de comunicação, refere-se a eles como impulsionadores de uma mutação de grande alcance, o que faz com que voltemos a ser nômades. Segundo ele, mexer-se não é mais deslocar-se de um ponto a outro da superfície terrestre, mas atravessar universos de problemas, mundos vividos, paisagens dos sentidos, e mesmo que não nos movêssemos, o mundo mudaria à nossa volta, e esse movimento requer de nós uma adaptação racional. E questiona: “Mas como saber que uma resposta convém a uma configuração que se apresenta pela primeira vez e que ninguém programou?” (LÉVY, 2007, p. 14). Essa “adaptação racional” parece ter origem evolutiva. Tendemos a nos inclinar às tecnologias de forma acrítica para não sermos extintos. Tendemos a nos inclinar aos novos recursos tecnológicos como se não fosse a escola o espaço apropriado para compreendê-los.

Seria compreensível, pois, que essa perda de referência repercutisse na docência. Objetiva-se então, neste trabalho, investigar a hipótese de que o professor reconhece a desconexão entre os avanços tecnológicos da atualidade e os conhecimentos científicos escolares, compreendendo a ciência e a tecnologia como neutras. Essa desconexão pode promover uma abordagem pedagógica com tecnologias que resulte numa compreensão pragmática do conhecimento científico escolar, estabelecendo-se como um obstáculo ao protagonismo.

É perceptível que criações tecnológicas são também orientadas por critérios distintos daqueles das teorias científicas, já que as últimas buscam, por vezes, uma abrangência e uma profundidade maiores. O fator **tempo** e o fator **necessidade** são bons exemplos. A ciência pode

fazer uso do tempo na medida em que considerá-lo necessário para o amadurecimento de uma teoria ou enquanto espera por condições de poder prová-la empiricamente. Já a tecnologia, não. À ciência também é facultado o direito da busca pelo conhecimento em si. Já a tecnologia responde, prioritariamente, a necessidades. Não são criadas tecnologias para resolver problemas que não existem.

Essa parece ser uma distinção fácil de ser feita entre ciência e tecnologia. Porém, tal compreensão, justamente por ser, em certo nível, evidente, poderia implicar em assumir a ciência como orientada pelos mesmos critérios da tecnologia. Assim, já que a tecnologia é orientada prioritariamente às necessidades, e já que há estreita relação entre ciência e tecnologia, como a ciência não haveria de sê-lo? Reconheço que tanto a ciência quanto a tecnologia não são neutras, no entanto, extrapolar essa compreensão pragmática para o domínio da educação científica é um problema. Se em minha condição de docente reconheço a tecnologia como orientada à eficiência, será que não tendo a fazer o mesmo com o conhecimento científico? Se na sociedade, o desenvolvimento tecnológico é moldado dessa maneira, seria correto pensar a educação científica de modo similar, ou seja, orientada a necessidades práticas?

A compreensão sobre este tema, em sentido mais amplo, demandará ainda a análise de documentos e produções didáticas da área tecnológica, já que eles também são objetos nos quais a docência se ampara com vistas às suas atividades educativas. O produto de minha investigação não será, necessariamente, uma confirmação estatística dessa hipótese, na forma de percentuais quantitativos, mas sim, uma reconstrução qualitativa dos conhecimentos sobre esta temática.

Situo esta minha investigação em meio a uma complexa tentativa de esclarecer as diferenças entre o aprendizado de ciências e o aprendizado de tecnologia. Os esforços para incorporação das TDICs ao currículo escolar fazem com que o uso de internet, datashow e computadores nas atividades de ensino seja entendido equivocadamente como educação



tecnológica. (RICARDO, CUSTÓDIO e REZENDE JÚNIOR, 2006). Se isso não se trata de educação tecnológica, ensinar tecnologia compreenderia ensinar os conteúdos de ciências e matemática que são extraídos dos artefatos tecnológicos? Caso também não seja, no que afinal consiste a educação tecnológica?

O amadurecimento dessas reflexões inicia-se com uma filosofia voltada à tecnologia. Quando entram em cena as questões intrínsecas ao conhecimento tecnológico, como as patentes, os segredos industriais, as técnicas de produção e de distribuição de novos produtos tecnológicos, bem como a concorrência pelo mercado consumidor e sua maior suscetibilidade aos valores sociais que interferem na escolha do que será produzido, evidenciam-se diferenças entre o conhecimento científico e o conhecimento tecnológico. Partindo daí, avança-se para a compreensão de que a tecnologia não é meramente ciência aplicada. (CUPANI, 2004).

Com efeito, as decisões tecnológicas parecem adotadas em função da eficiência, que é o valor característico dessa dimensão da vida humana. No entanto, o critério de eficiência não basta para determinar o desenvolvimento tecnológico, pois a própria eficiência pode ser diferentemente definida conforme diversos interesses sociais. [...] Sob o código técnico do capitalismo, a eficiência tem como mais importante medida o lucro, que se realiza por meio da venda de mercadorias. A ele se subordina toda outra consideração e por ele são ignoradas outras preocupações (como a qualidade de vida, a educação, a justiça social ou a proteção do meio ambiente), reduzidas a meras “externalidades”. (CUPANI, 2004, p. 17).

Ricardo, Custódio e Rezende Júnior (2006, p. 8) trazem o pensamento de Gérard Fourez, o qual afirma que a ideologia dominante dos professores assume que a tecnologia é uma aplicação das ciências, e, assim sendo apresentada, determina uma compreensão tecnológica autônoma e delas (das ciências) decorrente, quando na verdade a

construção de uma tecnologia implicaria em considerações sociais, econômicas e culturais que vão muito além de uma aplicação das ciências.

Os autores complementam explicando que Fourez defende que os alunos deveriam “compreender o funcionamento dos aparatos tecnológicos, bem como as implicações sociais da tecnologia, para negociar com os produtos científico-tecnológicos que estão em sua volta e estar em condições de entender que se estabelecem relações de poder a respeito de seu uso”. (RICARDO, CUSTÓDIO E REZENDE JÚNIOR, 2006, p. 8).

A compreensão de que a tecnologia não é uma mera aplicação da ciência, e a compreensão de que o conhecimento científico e o conhecimento tecnológico são, portanto, diferentes, não devem ser tomadas como razões para não se investir no conhecimento científico em favor da busca pelo conhecimento tecnológico. O que há de ser compreendido é que são conhecimentos constituídos a partir de elementos distintos mas também a partir de elementos comuns, a ponto de podermos afirmar que entre eles há estreitas relações.

Ora, atividades pedagógicas na educação científica que façam uso de tecnologias educativas, especialmente a robótica, e que favoreçam o protagonismo do estudante, não constituem-se como práticas dentro das quais podem estar inseridos os elementos sociais como a eficiência, a concorrência, o trabalho coletivo, as reflexões éticas e morais, bem como outras “propriedades desejadas do produto tecnológico”, como afirma Cupani (2004, p. 4), como “padronização, segurança, confiabilidade e rapidez”? O que melhor para compreender as relações entre ciência e tecnologia do que envolver-se, em âmbito pedagógico, na construção de tecnologias que demandam conhecimento científico e que podem ser voltadas para aprofundar tanto um conhecimento quanto o outro?

Com vistas a promover uma nova maneira de pensar, recorrerei num

primeiro momento à Filosofia da Tecnologia. Precisamos, de antemão, compreender nossa própria concepção de tecnologia para, depois, imergir na história da ciência, onde lançaremos mão de um olhar epistemológico que poderá favorecer a compreensão do que defendo. É um movimento destrutivo, inverso, que parte da sedução, submissão, encantamento e, como vimos, necessidade de adaptação à tecnologia, voltando às origens do conhecimento pré-científico, no sentido bachelardiano.

Investigarei se essa compreensão de tecnologia no contexto da docência da Educação Básica alinha-se ao senso comum moderno, ou seja, se professores envolvidos com a educação científica ainda concebem a tecnologia dessa maneira neutra e autônoma. A desconstrução dessas formas de conceber tecnologia precede o início dos esforços em busca de uma educação científica e tecnológica orientada ao protagonismo, à independência tecnocultural e ao bem-estar social. Se possível, tentarei identificar em qual estágio de conhecimento os docentes se apresentam frente a esta temática. Tentarei sustentar que a quebra de um estilo de pensamento docente voltado ao pragmatismo tecnológico pode permitir que o estudante compreenda a necessidade de uma visão não utilitarista da ciência, e que a visão contrária é justamente um obstáculo ao protagonismo tecnológico. É notável que a tecnologia tem uma orientação prática. Ela preocupa-se com a aplicação de um conhecimento bem mais do que a ciência básica. No entanto, essa percepção está longe de significar que o indivíduo conheça a natureza do conhecimento tecnológico. Assumo, hipoteticamente, que a formação de sujeitos capazes de dominar a tecnologia, na forma de artefatos ou processos, esteja sendo vista somente como proporcional a suas capacidades de operá-los ou de implantá-los.

Estabeleço duas necessidades. A primeira é a da compreensão de que criatividade e inovação também devem ser vistas como desdobramentos da busca pelo saber, e não somente da busca por aplicar. Vale a pena, portanto, evidenciar as relações entre a ciência e a

tecnologia. A segunda é a da percepção de que um almejado protagonismo depende do reconhecimento, tanto de professores quanto de alunos, de que um produto tecnológico está impregnado de influências sociais para além da eficácia, o que leva à conclusão de que estudos quanto à natureza do conhecimento tecnológico devem começar desde cedo.

De forma sintética, defendo:

1. que a educação científica faça uso de novas tecnologias educativas, não só na perspectiva de um favorecimento pedagógico mas, acima de tudo, por entender essa integração como alinhada ao direito que têm os estudantes de compreender o funcionamento e a criação das coisas que estão cada vez mais presentes em suas vidas;
2. que as novas abordagens resultantes dessa integração de novas tecnologias educativas à prática docente permitam ao estudante constatar a estreita relação entre o conhecimento científico e o desenvolvimento tecnológico;
3. que as novas abordagens resultantes dessa integração de novas tecnologias educativas à prática docente permitam ao estudante constatar que uma atitude protagonista em processos de criação tecnológica não se alcança pela via do pragmatismo; e
4. que as novas abordagens resultantes dessa integração de novas tecnologias educativas à prática docente permitam ao estudante constatar que, assim como a tecnologia está estreitamente relacionada com o conhecimento científico, também está estreitamente relacionada com elementos sociais, econômicos e culturais, bem como influenciada por relações de poder.

Entendo que esta proposta encontrará bem mais amparo em uma educação libertadora do que em uma educação tradicional. As proposições às quais desejo chegar poderão se alinhar às contribuições

freiriananas e a seus conceitos no que tange à práxis pedagógica, particularmente aos conceitos de *educação dialógica* (FREIRE, 2011) e *temas geradores no ensino de ciências* (ANGOTTI, 2015). Parece-me fazer mais sentido que o estudo da (des)alienação tecnológica, que também constitui o cerne desta pesquisa, seja amparado em uma *pedagogia progressista* (FREIRE, 1996).

Com este foco, cabe mencionar o que esta tese não contempla. Alguns aspectos dos processos educativos não serão abordados, ainda que possam ser citados ou tangenciados. Então não pretendo entrar, ao menos em profundidade, no âmbito das teorias de aprendizagem, das outras formas de uso educativo de TDICs que não sejam do escopo da prototipagem eletrônica e da lógica da programação, e de certa forma, ainda que sempre sejamos impactados por elas, no âmbito das políticas públicas voltadas à educação.

As questões sobre as quais se debruça a Filosofia da Tecnologia serão apresentadas, e tomarei sempre como exemplo as experiências que se voltam para a área da informática como uma tecnologia. A inclusão digital, em sentido restrito, será um exemplo. Não tenho pretensão de assumir, na defesa desta tese, um posicionamento argumentativo com vistas a defender uma ou outra forma de conceber a tecnologia no intuito de fornecer elementos ou encaminhamentos com vistas a uma mudança de ordem econômica, política ou social. O assunto é demasiadamente complexo. Assumirei, somente, o meu posicionamento frente a essa temática e, com base nele, farei a aproximação pedagógica que considero necessária no intuito de defender a minha tese.

Abordagens argumentativas mais amplas sobre Filosofia da Tecnologia são estudadas nas obras dos professores Alberto Cupani e Renato Dagnino, às quais recorrerei com frequência.

#### 1.4 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO

Uma síntese do que foi desenvolvido pode ser apresentada da

seguinte maneira. Depois de cruzados, no capítulo 2, os caminhos que nos contextualizam quanto a pesquisas e avanços tecnológicos, bem como, no capítulo 3, os caminhos que nos levam a pensar nossa concepção de tecnologia pela Filosofia da Tecnologia, passaremos, no capítulo 4, ao estudo de um suporte epistemológico para a educação em ciências com tecnologias. Será oportuno, nesta reflexão, aproximar as tecnologias pedagógicas atuais com a ciência do período classificado por Bachelard como pré-científico, a fim de evidenciar excessos que caracterizam os chamados obstáculos epistemológicos bachelardianos.

As novas tecnologias pedagógicas voltadas à educação serão apresentadas logo depois, no capítulo 5, na intenção de demonstrar que possuem grande potencial para preparar crianças e adolescentes para a educação superior e para o mercado de trabalho. Essas tecnologias sempre estarão vinculadas e subordinadas a uma mediação docente, e é precisamente neste momento de mediação que o professor impregna seus entendimentos de ciência e de tecnologia no aprendizado. O texto seguirá, no capítulo 6, com a apresentação das etapas e do percurso da investigação realizada, voltando-se a questões metodológicas de análise do *corpus* documental. Os resultados encontrados a partir dos trabalhos serão apresentados no capítulo 7, finalizando, no capítulo 8, com as conclusões e proposições para a educação científica e tecnológica. Os critérios para o embasamento teórico, bem como as razões para a escolha de alguns materiais didáticos aqui apresentados serão explicitados dentro de cada capítulo.

## 2 TECNOLOGIAS COMPUTACIONAIS

*Nosso risco não é o advento de computadores superinteligentes, mas de seres humanos subinteligentes.*

*Hubert L. Dreyfus*

O objetivo geral deste capítulo é apresentar, de forma resumida, o estágio de desenvolvimento de algumas tecnologias existentes que se voltam para a computação ou a tomam como base ou apoio. Em função disso, escolho a expressão tecnologias computacionais para o título do capítulo mas amplio a abordagem a tecnologias de áreas não organicamente atreladas à computação, como a biologia e a medicina. Também não classifico os assuntos que aqui abordarei como superiores a outros em importância. Foram selecionados com base na relevância que a eles concedi e limitados às formas através das quais tive acesso aos mesmos.

Especificamente, há dois objetivos secundários que detalham o objetivo geral deste capítulo. O primeiro deles é iniciar uma exposição que visa convencer os leitores de minha tese da importância de aprender computação e de agregá-la aos estudos de outras ciências. O segundo deles será tomar por base esse almejado convencimento para construir uma análise crítica sobre a tecnologia quando da exposição de argumentos no capítulo que versará sobre a Filosofia da Tecnologia. Isso será importante já que pretendo partir de uma visão de senso comum para abordar este assunto tão complexo, e uma eventual submissão e aceitação de um determinismo tecnológico talvez possa, até mesmo, facilitar uma compreensão da necessidade de se portar de maneira crítica frente ao tema. Em outras palavras, demonstrar como são surpreendentes os avanços tecnológicos de nosso século poderá fazer com que seja simplificado o desvelamento da tecnologia, que evidenciará seus contornos não-neutros e não-autônomos.

Farei a abordagem em seções, de uma maneira descritiva, iniciando

com a apresentação sobre como os jogos de computador e de videogame estão sendo usados na perspectiva de ensinar conceitos científicos e de demonstrar que a combinação do poder de processamento das máquinas com a inteligência humana pode solucionar problemas complexos<sup>11</sup>. Posteriormente, apresentarei outras formas de como as tecnologias computacionais estão sendo tomadas por base em favorecimento de avanços científicos.

Os jogos eletrônicos e suas consequências para o desenvolvimento de crianças e de adolescentes vêm sendo estudados desde a criação do primeiro videogame. Sua origem, aliás, como boa parte dos produtos e dos conceitos computacionais, é controversa. Um dos pioneiros foi o americano Steve Russell, a quem atribui-se a criação de um dos primeiros videogames no início dos anos 60 no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), Estados Unidos<sup>12</sup>.

Prensky (2007) constata nos jogos e nos desafios lúdicos grande potencial para fins de aprendizagem, e entende que não somente jogos eletrônicos em computador ou videogame podem ser usados com tal propósito. Reconhece como natural que o uso de tecnologias facilita a aceitação e a execução de processos dessa natureza, porém, não identifica como imprescindível o uso de tecnologia ou redes de comunicação para que se construam processos de aprendizado baseados em jogos. Para o autor, isso também não funciona de maneira isolada,

11 Os dois jogos citados, Foldit e qCraft, cujas apresentações farei aqui, são um recorte do artigo SCHAEFFER, A. G.; ANGOTTI, J. A. P. Jogos digitais na apropriação de conhecimentos científicos. **RENOTE - Revista Novas Tecnologias em Educação**, v. 14, n. 1, 2016. Sugere-se consultá-lo para maiores esclarecimentos. Algumas partes daquele artigo foram aqui reescritas tomando-se os devidos cuidados para preservar a autoria das citações quando reproduzidas.

12 Fontes: Wikipedia. **Steve Russell**. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Steve\\_Russell](https://pt.wikipedia.org/wiki/Steve_Russell)>. Acesso em: 10 set. 2017, e **VIDEO GAMES: The Movie**. Direção: Jeremy Snead. Produção: Jeremy Snead. Estados Unidos: Variance Films, 2014. Disponível em: <<https://www.netflix.com>>. Acesso em 10 set. 2017. (101 min).



devendo ser combinado com outras formas e métodos de aprendizagem igualmente eficazes. O uso de jogos digitais para o aprendizado aparece com maior naturalidade na promoção de artigos manufaturados da própria indústria da informática. Prensky reporta o caso de um dispositivo eletrônico que não teria sucesso comercial devido à dificuldade que os próprios consumidores enfrentariam ao lidar com sua interface. A solução proposta para isso foi a criação de um jogo, no próprio dispositivo, visando desenvolver habilidades manuais e perceptivas do jogador que também seria o próprio interessado no uso aparelho, o que reduziria ou até eliminaria a dificuldade inicialmente encontrada em sua utilização. De maneira bastante parecida, a ideia da criação do jogo *Spacewar!* por Steve Russell no MIT em 1961, foi demonstrar a potencialidade do computador PDP-1, com inimagináveis 9Kb de memória. (GRAETZ, 1981). A título de curiosidade, a memória inteira daquele computador seria completamente preenchida por uma imagem *bitmap* com dimensões de 1,2 cm de largura por 1,2 cm de altura, na qualidade de 24 bits por pixel.

## 2.1 INTELIGÊNCIA HÍBRIDA PARA A SINTETIZAÇÃO DE NOVAS PROTEÍNAS

A notável evolução da utilidade dos jogos na promoção de conhecimentos e descobertas científicas pode ser evidenciada com a publicação do artigo do Prof. Firas Khatib, intitulado *Crystal structure of a monomeric retroviral protease solved by protein folding game players*, na revista *Nature Structural & Molecular Biology* (KHATIB et al., 2011). No artigo, cuja autoria estendem explicitamente a todos os jogadores pertencentes a dois dos grupos da comunidade *online* do game Foldit, os autores explicam que os jogadores, com pouco ou nenhum conhecimento em bioquímica, foram desafiados a gerar modelos para substituição molecular e determinação estrutural de proteínas. No artigo, é apresentada uma enzima chamada protease retroviral M-PMV que, segundo os autores, é de fundamental importância para o desenvolvimento de um vírus similar ao vírus da AIDS. Apontam que o formato preciso da estrutura dessa enzima vinha sendo estudado há

anos, e com a ajuda de jogadores do Foldit, o refinamento estrutural final do modelo da enzima foi construído, surpreendentemente, em poucos dias.

Ainda que computadores se dediquem a esse tipo de tarefa há anos, a complexidade estrutural das proteínas faz com que o número de combinações possíveis para se encontrar uma solução otimizada seja muito grande. Face a esse problema, os organizadores do projeto Foldit criaram um processo de inteligência híbrida em que os humanos entram com suas capacidades de resolver desafios através da intuição, e as máquinas com a aptidão para realizar ajustes matemáticos que escapam às capacidades humanas. A Figura 1 passa uma ideia melhor de como o jogo funciona, mostrando à esquerda, embaixo, um menu com opções de ajustes aplicáveis à proteína, realizados automaticamente pelo computador quando solicitados pelo jogador.

*Figura 1 - Tela do jogo Foldit mostrando a estrutura de uma proteína*



Fonte: elaborado pelo autor

Cabe ao jogador diminuir ao máximo o tamanho da proteína,

buscando manter as cadeias laterais de cor laranja, chamadas de hidrofóbicas, o máximo possível envoltas por átomos da própria proteína, para que a água tenha o máximo de dificuldade para alcançá-las. Em relação às cadeias laterais de cor azul, ao contrário, cabe ao jogador buscar a máxima exposição das mesmas na montagem estrutural, já que, por serem hidrofílicas, devem estar tanto quanto possível expostas à água. Um modelo proteico otimizado é aquele que se apresenta com o menor consumo energético, logo, a pontuação do jogador é calculada em função disso.

Já que o trabalho dos jogadores é essencialmente feito através da interface do jogo pelo uso do mouse, o trabalho do computador é relevante pois volta-se à execução de ajustes finos no reposicionamento estrutural, o que representaria um trabalho enfadonho para o jogador. Também fica fácil perceber, pela observação tridimensional da proteína, como pode se manifestar o caráter intuitivo humano nas ações realizadas, pois o jogador enxerga a proteína não somente como um apinhado de bits, mas com relação à sua forma.

O contato do estudante com um conceito complexo como o da estruturação das proteínas pode ser facilitado pelo uso de recursos eletrônicos<sup>13</sup>. No caso do Foldit, soluções encontradas a partir de trabalhos colaborativos tanto entre cientistas e leigos quanto entre computadores e humanos, pode ter aplicação prática na formulação de drogas para a cura de doenças. A ampliação da visão do estudante no sentido de constatar a presença das proteínas em outras formas de vida, bem como a relação das mesmas com a cura de doenças, pode repercutir positivamente tanto para ele próprio quanto para a sociedade. Cabe, neste particular, mencionar o trabalho de Carvalho, Couto e Bossolan (2012), que pesquisaram concepções de 133 alunos do ensino médio acerca das proteínas. Uma das perguntas feitas na pesquisa era se o aluno saberia relacionar alguma doença ou alguma deficiência cuja

13 Para sugestões de uso do Foldit em sala de aula, acessar **Foldit Web Site**. Disponível em: <<https://fold.it/portal/node/996074>>. Acesso em: 10 set. 2017.

causa estivesse relacionada a alguma proteína específica. Ainda que não fosse necessário escrever o nome da proteína, entre todas as respostas obtidas apenas duas apontaram relação entre proteínas e doenças contagiosas (gripe e virose).

## 2.2 FÍSICA QUÂNTICA PARA CRIANÇAS E ADOLESCENTES

O paradoxo do gato de Erwin Schrödinger, publicado pelo autor na revista científica alemã *Naturwissenschaften* em 1935, tentou estabelecer uma relação entre o contexto atômico e o mundo por nós perceptível, nos domínios da teoria quântica. Na análise de Maddox (1999), Schrödinger estava questionando se poderia haver um estado misto constituído por um gato vivo e um gato morto. Segundo Maddox,

A resposta ortodoxa (e inevitável) é que a pergunta foi mal formulada, e não faz nenhum sentido; a transição da escala atômica para a escala macroscópica não é apenas um problema matemático mas deve levar em conta a chamada "seta do tempo". Ainda não se sabe exatamente, porém, de que forma ocorre esta transição. (MADDOX, 1999, p. 98).

A complexidade do tema é tamanha que, ainda que se tenha lançado mão de analogias para explicá-lo, está longe de se tornar popular.

Na computação, a menor unidade de armazenamento e representação de informação é o bit. Um bit pode assumir dois valores, 1 ou 0, que podem ter diferentes significados: uma variável numérica discreta com capacidade para guardar dois números inteiros, a representação de carregado ou descarregado, ativado ou desativado, etc. A teoria quântica implementada nos chamados, em decorrência disso, computadores quânticos, trabalha com unidades de informação denominadas *qubits* (contração de **quantum bits**). Nesse conceito, conforme explicam José, Piqueira e Lopes (2013),

Diferentemente do computador clássico, no qual um *bit* pode assumir somente um de dois valores (0 e 1), no computador quântico, o *qubit* possui os dois valores (0 e 1) superpostos. Se o *qubit* for medido, seu valor irá colapsar para um dos dois valores. Sendo assim, não se pode medir o valor do *qubit* durante as operações, mas somente ao final dos processos. (JOSÉ, PIQUEIRA e LOPES, 2013, p. 1).

Essa complexidade nos conduz ao questionamento de como se poderia iniciar o aprendizado de conceitos da teoria quântica herdados da física e da química. O projeto qCraft<sup>14</sup> é uma iniciativa que visa atender a esse propósito, e teve sua primeira versão pública disponível em 15/10/2013. É um complemento (ou "mod", no jargão da área, abreviatura de *modification*) para o jogo Minecraft<sup>15</sup>. O projeto é coordenado por empresas como o Google e o Instituto de Tecnologia da Califórnia (EUA), dentre outras. Conceitos como dependência observacional, superposição e entrelaçamento são ensinados na forma de objetos que compõe um mundo virtual que pode ser construído dentro do jogo Minecraft. O qCraft tem como objetivo que crianças e jovens possam aprender tais conceitos por analogia, encorajando-os a se dedicar em maior profundidade no tema futuramente<sup>16</sup>. A Figura 2 mostra telas do Minecraft em que se pode ver um bloco sobre o outro. Nos mundos virtuais do jogo, os blocos são usados para construir edificações. Nela, o bloco de cima é um bloco quântico, e está sendo exibido à esquerda, ao centro e à direita em ângulos diferentes. Ou seja, dependendo da face observada do mesmo bloco, o material que o compõe muda (dependência observacional). Já na Figura 3 a situação se passa em uma caverna escura, e o jogador contempla os mesmos lados de dois blocos quânticos (à esquerda). Ao mudar o ângulo de observação

14 Disponível em: <<http://qcraft.org>>. Acesso em: 11 set. 2017.

15 O jogo Minecraft foi oficialmente lançado em 18/11/2011, e está disponível em <https://minecraft.net>. Acesso em: 11 set. 2017.

16 Para conhecer sugestões de uso do Minecraft em sala de aula, acessar <https://minecraftedu.com>. Acesso em: 11 set. 2017.

(à direita), visualizando uma outra face de um dos blocos quânticos, a caverna ilumina-se devido às mudanças de estado e principalmente por estarem diversos outros blocos entrelaçados apesar de separados fisicamente (entrelaçamento ou emaranhamento quântico).

*Figura 2 - Observação de três faces de um mesmo bloco quântico no Minecraft*



Fonte: *A Beginner's Guide to Quantum Physics in Minecraft*<sup>17</sup>

*Figura 3 - Entrelaçamento quântico entre blocos no Minecraft*



Fonte: *A Beginner's Guide to Quantum Physics in Minecraft*<sup>18</sup>

Os próprios autores do qCraft reconhecem que ele não foi projetado para ser uma simulação fiel da Física Quântica, entretanto, segundo eles, provê várias analogias que ilustram como os comportamentos quânticos diferem de nossas experiências cotidianas. A aposta é, como

17 Disponível em: < [https://www.youtube.com/watch?v=hygLNR\\_wGPo](https://www.youtube.com/watch?v=hygLNR_wGPo)>. Acesso em: 11 set. 2017.

18 Disponível em: < [https://www.youtube.com/watch?v=hygLNR\\_wGPo](https://www.youtube.com/watch?v=hygLNR_wGPo)>. Acesso em: 11 set. 2017.

anteriormente explicado, que a familiarização conceitual contribua para atrair interessados em se dedicar a esses estudos no futuro, ainda que se tenha que reconstruir certos conceitos novamente em outras ocasiões.

### 2.3 CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS CONTROLADAS POR COMPUTADOR

Casti (2011), ao abordar a fragilidade da infraestrutura social da qual dependemos, no que tange à distribuição elétrica, logística, informação, educação, produção de alimentos e de produtos tecnológicos, atribui à complexidade grande parte da culpa dessa fragilidade. Ele explica que

Todo o mundo industrializado está à mercê de uma injeção contínua de tecnologia cada vez mais avançada. Além disso, os sistemas que sustentam nosso estilo de vida estão completamente entrelaçados: a internet depende da rede elétrica, que por sua vez precisa do abastecimento de energia do petróleo, carvão mineral e fissão nuclear, que também depende de tecnologias de produção que, da mesma forma, exigem eletricidade. E assim nos encontramos - um sistema apoiado sobre outro que também se equilibra sobre outro, tudo interligado. (CASTI, 2011, p. 12).

Em função disso, questiona: “quem, de fato, precisa de uma máquina de café expresso com um microprocessador?” (CASTI, 2011, p. 13). Sua análise, muito bem exemplificada ao longo da obra, questiona o excesso de opções que temos nas interações de nossa vida diária. Ele continua: “alguém precisa escolher entre dezessete variedades de ração para cachorro em promoção no supermercado?” (CASTI, 2011, p. 13).

Desenvolve sua argumentação tomando o exemplo de uma cafeteira eletrônica moderna, em que o processo de preparar uma xícara de café,

por ser automatizado, gera um aumento de complexidade, na contramão da simplicidade do processo antigo em que uma pessoa deveria ser responsável por moer os grãos, colocar a água e o pó no recipiente, levá-lo ao fogo e, por fim, servir o café na xícara.

Uma grande consequência do advento da cafeteira “aperfeiçoada”, de alta tecnologia (leia-se “de alta complexidade”), é que você não é mais capaz de fazer a manutenção da máquina. Se der algum problema no “cérebro” do microprocessador, no fornecimento de água, na bomba de alta pressão ou sabe Deus no que mais, já era. O sistema sofre um colapso e você não tem como consertá-lo sozinho. E boa sorte ao tentar falar com alguém do serviço de atendimento ao cliente. (CASTI, 2011, p. 43).

O advento da internet das coisas, que integra o que já vem sendo chamado de a quarta revolução industrial, torna impossível prever, com precisão, tudo o que poderá ser inventado em torno da disseminação de microprocessadores e sensores. As inutilidades tenderão a crescer na mesma proporção das utilidades. Nesta seção em particular, trago o trabalho de Ferrer et al. (2017) que apresenta uma ferramenta *open-source* para análise do crescimento de plantas por computador, e que faz uso das plataformas eletrônicas de prototipagem Arduino e Raspberry Pi, sobre as quais escreverei em capítulo específico nesta tese.

Na visão dos autores, trata-se de um trabalho essencialmente interdisciplinar, que envolve engenheiros mecânicos, elétricos, ambientais, botânicos, economistas, urbanistas e profissionais da computação. Dispositivos robóticos e sensores conectados às placas Arduino e Raspberry Pi regulam microclimas dentro dos quais os vegetais são cultivados, em alinhamento com a ideia de que se uma fruta ou um vegetal de algum lugar do planeta é saboroso e nutritivo, isso tem relação com o clima e com os nutrientes dos quais fez uso na medida certa para seu crescimento.



Quantidades precisas de nitrogênio, cálcio, dióxido de carbono e oxigênio, assim como medidas corretas de umidade, pH, tempo de exposição à luz, intensidade luminosa, quantidade e temperatura da água, constituem variáveis particulares a cada produto cultivado, cujas combinações poderiam alimentar uma base de dados a ser compartilhada entre interessados em cultivar seus próprios alimentos em casa (Figura 4).

*Figura 4 - Plataforma pessoal de controle de ambiente para cultivo de vegetais*



Fonte: Ferrer et al. (2017)

Além disso, uma base de dados que pudesse aprender com os casos de sucesso e insucesso poderia gerar um registro que correspondesse a uma identidade do produto cultivado, contendo as melhores combinações entre as variáveis mencionadas com vistas a promover o crescimento de produtos melhores e mais nutritivos. O compartilhamento desses registros entre os produtores faria com que os

melhores padrões de cultivo fossem disponibilizados publicamente, disseminando de maneira automática as melhores configurações encontradas pela combinação do trabalho humano e do aprendizado de máquina.

Além desses objetivos e possibilidades, os autores visualizam neste ambiente de agricultura controlada um potencial para embasar o aprendizado de conceitos científicos de disciplinas como biologia, química, programação e eletrônica. Assim, conduziram um experimento no ano de 2015 visando à construção de um currículo escolar que permitisse a integração do equipamento, contando com a participação de cinco professores e de duzentos estudantes de seis escolas de ensino médio do estado de Massachusetts, nos Estados Unidos. O retorno que tiveram dos professores com relação à afirmação de que o equipamento computadorizado para o cultivo de alimentos pessoais - *Personal Food Computer* (PFC) - é uma boa ferramenta para ensinar diferentes disciplinas como biologia, química, mecânica, eletrônica e programação pode ser visualizado no Gráfico 1.

*Gráfico 1 - Percepção dos professores com relação ao uso do PFC para ensino de conteúdos*

O PFC é uma boa ferramenta para ensinar diferentes disciplinas como biologia, química, mecânica, eletrônica e programação



Fonte: Ferrer et al. (2017)

A conclusão dos autores é de que o equipamento é útil para ensinar

um grande número de tópicos e, por seu preço, tamanho e possibilidades de uso, pode ser explorado não apenas como uma plataforma de pesquisa, mas também como uma ferramenta educacional.

Há que se concordar com Casti (2011) conforme anteriormente exposto, já que não se pode subestimar a capacidade humana para gerar cada vez mais complexidade e inutilidades, intencionalmente ou não. Ao mesmo tempo, é imprescindível reconhecer que este trabalho de Ferrer et al. (2017) passa longe de um preciosismo, ao se tratar do uso de recursos tecnológicos avançados e abertos com vistas a promover uma alimentação saudável, descentralizada e menos dependente de interesses econômicos.

## 2.4 CORRIDA CONTRA AS MÁQUINAS - A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Alan Turing, um dos nomes mais populares da computação, no artigo de 1950 intitulado *Computing machinery and intelligence* e publicado na revista científica *Mind* (TURING, 1950), inicia seu texto perguntando: “As máquinas podem pensar?”. Para isso, propõe o que chama de um “jogo da imitação”, que viria, posteriormente, a ser conhecido como o Teste de Turing. Desde então, a evolução da inteligência artificial permitiu que, em 1985, o então campeão mundial de xadrez, Garry Kasparov, jogasse xadrez simultaneamente contra 32 computadores em Hamburgo, na Alemanha, tendo ganhado todas as partidas<sup>19</sup>. Ele reporta que apenas 12 anos depois, lutava com todas as suas forças para vencer um único computador, o chamado *Deep Blue*, da empresa IBM, tendo perdido o segundo dos dois torneios realizados, ainda que tenha vencido o primeiro. O filme *Signals: The Man vs. The Machine*, dirigido por Frank Marshall<sup>20</sup>, aponta que os confrontos

19 Disponível em: KASPAROV, G. The chess master and the computer. **The New York Review of Books**, v. 57, n. 2, p. 16-19, 2010, e também em [https://www.ted.com/talks/garry\\_kasparov\\_don\\_t\\_fear\\_intelligent\\_machines\\_work\\_with\\_them](https://www.ted.com/talks/garry_kasparov_don_t_fear_intelligent_machines_work_with_them) . Acesso em: 20 set. 2017.

20 Disponível em: <<http://www.espn.com/video/clip?id=espn:11694550>>.

tinham grande atenção da mídia, mas não porque o público em geral fosse interessado em jogos de xadrez, e sim porque o simbolismo dos encontros era grande, já que representava uma possível superação de inteligência da máquina com relação ao homem: a criação superando o criador. Eram cerca de 300.000.000 de movimentos analisados pelo computador em um segundo, contra cerca de 3 ou 4 do, então, melhor jogador do mundo, no mesmo período.<sup>21</sup>

Chama atenção, além disso, que numa das partidas o computador realizou um movimento completamente imprevisível, não esperado pelo campeão mundial, que o interpretou de duas maneiras igualmente possíveis: como uma confirmação da superioridade da máquina, de modo que a mesma pudesse ter realizado uma jogada que ele próprio não estivesse prevendo, ou que estivesse em curso algum tipo de sabotagem, com alguma interferência humana no jogo.

Desdobramentos à parte, algum tempo depois os envolvidos confirmaram que tratou-se de uma jogada executada em função da detecção de um processamento que não teria fim, que em computação chamamos de *loop* infinito. A máquina, então, abortou o algoritmo e executou uma jogada qualquer, ainda que válida. Um *bug*, ou erro, segundo alguns.

Três anos depois desse confronto, o mundo enfrentaria a virada do

Acesso em 21 set. 2017.

- 21 Em março de 2016, outro acontecimento similar e com expressiva atenção da imprensa mundial foi o desafio AlphaGo versus Lee Sedol, em que a equipe de desenvolvimento de inteligência artificial AlphaGo (SILVER et al., 2016), liderada por David Silver, testou seu algoritmo em uma série de cinco partidas do jogo Go contra o sul-coreano Lee Sedol, então reconhecido como o melhor jogador de Go do mundo. Lee Sedol venceu apenas uma das cinco partidas. Para maiores informações, consultar [https://pt.wikipedia.org/wiki/AlphaGo\\_vs\\_Lee\\_Sedol](https://pt.wikipedia.org/wiki/AlphaGo_vs_Lee_Sedol) ou **ALPHAGO**. Direção: Greg Kohs. Produção: Kevin Proudfoot, Josh Rosen, Gary Krieg. Estados Unidos: 2017. Disponível em: <https://www.netflix.com>. Acesso em 12 fev. 2018. (90 min).

milênio, e mais ou menos na mesma época, cientistas da computação já examinavam códigos algorítmicos escritos em linguagens de programação antigas na busca por cálculos que, a partir do primeiro décimo de segundo do ano 2000, já poderiam ter resultados errados. Foi conhecido como o *Bug* do Milênio. Em décadas anteriores, como o custo dos dispositivos de armazenamento era alto, economizava-se de todas as maneiras, e num campo de data que registrasse o dia, o mês e o ano, o ano era guardado somente com dois dígitos, o que faria, grosso modo, que um cálculo retroativo a partir do ano 2000 (00, portanto), se subtraído de alguma quantidade correspondente a algum período de tempo, resultaria em um número negativo. Por exemplo, a data de 01/01/2000 menos 01/01/1999 seria calculada como 00 menos 99, e não como 2000 menos 1999.

Alguns dizem que tratava-se de excesso de preocupação, já que tais cálculos errados somente poderiam resultar em valores errados e prejuízos financeiros, e não na terceira guerra mundial. Mas como saber a que nível de dependência computacional estavam submetidos os armamentos nucleares de diversos países? E se algum outro tipo de *bug* acontecesse em decorrência do *Bug* do Milênio?

Não considero, por ter participado desse período da história e também por ter corrigido erros assim em sistemas, que tenha havido nenhum tipo de exagero. O ocorrido com o computador *Deep Blue*, como explicado, deve nos manter em alerta com relação aos códigos algorítmicos que se multiplicam a cada minuto do dia, ganhando assombrosa complexidade.

As primeiras experiências mais facilmente compreensíveis de inteligência artificial que a mídia trouxe a público, reportam que robôs virtuais na forma de perfis em redes sociais, e que interagem com seres humanos com base em inteligência artificial e aprendizagem de máquina, foram fortemente manipulados e influenciados por humanos tendo reproduzido estereótipos e preconceitos da sociedade. Um exemplo é o que aponta o estudo de Caliskan, Bryson e Narayanan

(2017), onde, a partir da análise de cerca de 2,2 milhões de palavras distintas, oriundas de cerca de 840 bilhões de *tokens* ou símbolos com diferentes grafias de mesma semântica, extraídos da internet, um algoritmo mostrou um “aprendizado” que relaciona insetos com algo desagradável e flores com algo agradável, mas que também tende a vincular nomes femininos à família e masculinos a carreiras profissionais, por exemplo.

Ainda que os robôs, com menor ou maior inteligência, estejam sendo construídos em diferentes formatos e tamanhos, bem como para diferentes propósitos, os humanoides ganham especial atenção. Um dos expoentes nesse sentido é o Asimo (*Advanced Step in Innovative Mobility*) da empresa japonesa Honda, cujo desenvolvimento iniciou por volta do ano 2000 em decorrência de avanços em projetos predecessores a partir do ano de 1986. (SAKAGAMI et al., 2002). Este humanoide, exibido pela Figura 5, já interage com as pessoas e já cumpre algumas funções no mundo real. Comunica-se em japonês e inglês, sobe e desce escadas, e é capaz de correr a uma velocidade de até 9 Km/h. Mesmo com 1,30 m de altura e 48 Kg, consegue pular com as duas ou mesmo com uma perna só, além de chutar uma bola e de desviar de obstáculos facilmente. Reconhece rostos e expressões faciais, transporta objetos, e também é capaz de entender e processar as respostas verbais das pessoas mesmo que elas estejam falando simultaneamente<sup>22</sup>.

O árduo trabalho mecânico, eletrônico e computacional por trás da criação de robôs, não visa somente à inserção de dispositivos inteligentes na sociedade em favor dos seres humanos. O robô LS3 (*Legged Squad 3*), exibido na Figura 6, da empresa americana Boston Dynamics, foi projetado para uso militar. Pesa 590 Kg, segue automaticamente seu líder no campo de batalha, e consegue transportar entre 182 Kg e 500 Kg dependendo do tipo de terreno. Tem autonomia para uma missão de até 32 Km com um só tanque de combustível, e

22 Informações disponíveis em: <<http://world.honda.com/ASIMO>>. Acesso em: 22 set. 2017.

pode ser abastecido com diesel ou gasolina<sup>23</sup>.



Fonte: Asimo Web Site<sup>24</sup>

Ainda que existam vários outros exemplos de robôs, para finalidades pacíficas ou não, as intenções desses projetos de robótica parecem apenas refletir as intenções humanas que se manifestam em qualquer outra esfera, potencializando-as. Para os casos que envolvem inteligência artificial, há um ingrediente a mais a ser considerado, como abordado no início desta seção: a imprevisibilidade, seja em decorrência de algum *bug*, seja em decorrência da dificuldade humana em lidar com tamanha complexidade.

23 Informações disponíveis em: <<https://www.bostondynamics.com/ls3>>. Acesso em: 22 set. 2017.

24 Disponível em: <<http://asimo.honda.com>>. Acesso em: 22 set. 2017.

*Figura 6 - O robô LS3*



Fonte: *Boston Dynamics Web Site*<sup>25</sup>

Casti (2011, p. 196) vai um pouco além, e, baseado em alguns especialistas em tecnologia, eleger três delas que, segundo ele, preocupam devido a suas rápidas evoluções a caminho de um tipo de singularidade. Singularidade, esta, consequência de uma espécie tecnológica hostil, cujos interesses conflitam com os interesses humanos. Seriam elas a engenharia genética, a nanotecnologia e a robótica. A engenharia genética não tanto por suas aplicações prosaicas, conforme explica, como a produção de tomates resistentes a pragas ou frangos maiores e mais gordos, mas sim pelo temor de que esse tipo de manipulação genética avançada escape ao controle e leve a um número tão grande de espécies que não restaria lugar para a humanidade em nosso planeta. A nanotecnologia a partir de suas variações, como a nanomedicina, a nanoeletrônica e a nanofabricação, num temor quanto

25 Disponível em: <<https://www.bostondynamics.com/ls3>>. Acesso em 22 set. 2017.



às possibilidades desses produtos tecnológicos poderem criar cópias de si mesmos. Segundo o autor, a robótica entraria no rol por razões similares.

Casti faz, ainda, uma importante observação, explicando que com relação aos robôs, não é necessário para a construção de um cenário catastrófico, que os mesmos sejam capazes de resolver problemas idênticos ou de pensarem da mesma forma que os seres humanos. Basta, para eles, somente algum tipo de inteligência que viabilize algum nível de vantagem competitiva.

De modo mais otimista, Brynjolfsson e McAfee (2014, p. 106) entendem que, em vez de procurarmos formas de competir com as máquinas, devemos canalizar esforços para encontrar maneiras de trabalhar conjuntamente com elas. Eles explicam que em recentes competições de xadrez que permitiram a combinação de inteligências naturais e artificiais, equipes formadas por pessoas e computadores trabalhando juntos obtiveram melhores desempenhos ao competir contra adversários isolados, fossem eles máquinas poderosas ou mesmo grandes mestres enxadristas. O foco, nestes casos, deve-se voltar para a estratégia utilizada, que pode ser implementada na forma de um processo bem adequado e com capacidade de coordenar os dois tipos de inteligência, sabendo extrair o que há de proeminente em cada um deles.

Alinhando-se às ideias de esforços pelo trabalho colaborativo entre homens e máquinas, Wang et al. (2016) apontam que a inteligência artificial utilizada em sistemas computacionais para a detecção automatizada de câncer de mama metastático, em imagens de biopsias de linfonodos sentinelas, já pode ser considerada bastante confiável, chegando a uma taxa de acerto de cerca de 92,5%. Porém, esta taxa é ainda inferior ao que se observa na comparação com diagnósticos feitos por seres humanos, que atingem uma taxa de acerto de cerca de 96,6%. Quando combinados os trabalhos humanos e os trabalhos de máquina, observam-se taxas de acerto de 99,48%, o que, para além de significar um pequeno porém importante aumento na certeza do diagnóstico, visto

sob outro ponto de vista representa uma redução em cerca de 85% na taxa de erro do diagnóstico puramente humano. Essa grande redução da taxa de erro torna-se proporcionalmente ainda mais significativa quando constata-se que o câncer de mama<sup>26</sup>, segundo o Instituto Nacional do Câncer<sup>27</sup>, é o tipo que possui a maior incidência e a maior mortalidade na população feminina em todo o mundo, tanto em países em desenvolvimento quanto em países desenvolvidos<sup>28</sup>.

## 2.5 IMPRESSORAS 3D

Em 5 maio de 2013, pela primeira vez, os arquivos necessários para a impressão tridimensional de uma arma caseira foram disponibilizados na internet. A arma, exibida na Figura 7, é capaz de disparar um projétil por vez e pode ser construída (ou impressa) por uma impressora 3D. O *Web Site* do projeto faz referência a uma reportagem que aponta que o referido arquivo foi baixado 100.000 vezes em apenas dois dias. Dados preliminares, segundo a reportagem<sup>29</sup>, apontam que, desses 100.000 downloads, os cinco países que mais baixaram o arquivo foram, em ordem, Espanha, Estados Unidos, Brasil, Alemanha e Reino Unido.

- 26 Toma-se aqui para efeitos didáticos e estatísticos o câncer de mama, em particular, por ter sido a referida pesquisa baseada nesta doença específica.
- 27 Fonte: Instituto Nacional do Câncer. Estimativa 2016 - Incidência de Câncer no Brasil. Disponível em: <http://www.inca.gov.br/estimativa/2016/estimativa-2016-v11.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2017.
- 28 O referido relatório do Instituto Nacional do Câncer ainda aponta que foram estimadas cerca de 522 mil mortes por câncer de mama de mulheres no mundo todo somente no ano de 2012, e que, para o caso do Brasil, ainda que seja considerado um câncer de relativamente bom prognóstico, continua com taxas de mortalidade elevadas, aproximando-se de 14 óbitos para cada 100 mil mulheres (dado referente ao ano de 2013).
- 29 Disponível em: <https://goo.gl/w7BKxL>. Acesso em 24 set. 2017.

*Figura 7 - A arma imprimível batizada de Liberator*



Fonte: *Defense Distributed Web Site*<sup>30</sup>

Em meio a várias publicações com relação a avanços científicos dos últimos anos que se voltam às possibilidades de uso das impressoras 3D, seleciono uma em particular pela proximidade cronológica que tem com o exemplo da impressão de armas colocado no parágrafo anterior. Exatos 4 dias antes, era publicado o artigo *3D Printed Bionic Ears*<sup>31</sup>, o qual aborda a construção de uma orelha biônica (Figura 8) como prova conceitual dos avanços na busca pela possibilidade de integração biológica e nanoeletrônica via impressões 3D. Neste caso em particular, uma orelha capaz de captar sons na frequência audível e até mesmo ultrassons.

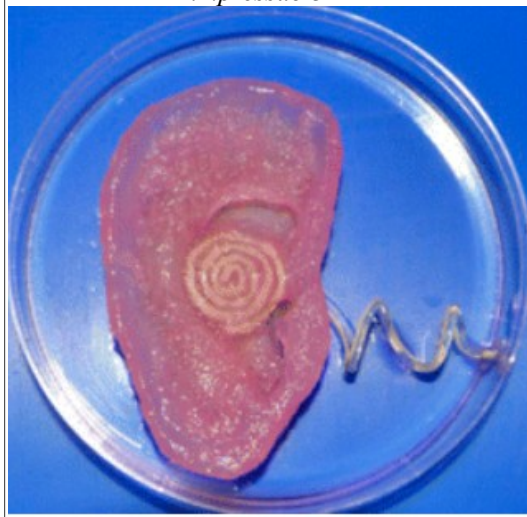
Na medida em que eletrodos e nanocircuitos forem se tornando cada vez mais adaptáveis ao corpo humano<sup>32</sup>, as possibilidades de integração de órgãos artificiais se tornarão realidade, com capacidade para estender funcionalidades e não apenas replicá-las.

30 Disponível em: <<https://defdist.org>>. Acesso em 24 set. 2017.

31 MANNOOR, M. S. et al. 3D printed bionic ears. **Nano letters**, v. 13, n. 6, p. 2634-2639, 2013. Disponível em: <<http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/nl4007744>>. Acesso em: 24 set. 2017.

32 ROGERS, J. A.; SOMEYA, T; HUANG, Y. Materials and mechanics for stretchable electronics. **Science**, v. 327, n. 5973, p. 1603-1607, 2010.

*Figura 8 - Orelha biônica criada por impressão 3D*



Fonte: *American Chemical Society Nano Letters Web Site*<sup>33</sup>

O contraste é evidente. Representa dois caminhos distintos sendo trilhados a partir de uma mesma tecnologia. A complexidade se dá a partir das questões éticas decorrentes, tanto de um lado quanto de outro, isso sem considerar tudo aquilo que não pode ser previsto como consequência dessas novas alternativas e possibilidades. Ficarei limitado, por enquanto, a essa apresentação de novos caminhos abertos a partir das tecnologias de impressão 3D, já que questões filosóficas concernentes serão abordadas em capítulo à parte, e, por ora, a constatação dos diferentes rumos que a tecnologia trilha já serão suficientes para uma melhor compreensão das questões a serem

33 Disponível em: <<http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/nl4007744>>. Acesso em: 24 set. 2017.

propostas.

## 2.6 INTERNET DAS COISAS

De maneira simplificada, com vistas a diferenciar a Internet que conhecemos da Internet das Coisas (*Internet of Things* - IoT), poderíamos afirmar que a primeira permitiu a conexão entre as pessoas, enquanto que a segunda objetiva conectar as coisas. A cunhagem da expressão é atribuída ao pesquisador Kevin Ashton, que complementarmente esta simples e superficial conceituação explicando que os computadores e a internet são, atualmente, completamente dependentes dos seres humanos para obter informação, e que quase a totalidade dos dados disponíveis na internet foram, primeiramente, coletados e criados por pessoas, seja digitando em um teclado, seja pressionando um botão de gravação, ou mesmo tirando uma foto digital ou lendo um código de barras<sup>34</sup>. No entanto, afirma Ashton, as pessoas têm limitações de tempo, atenção e precisão, e que as tarefas de coletas de dados poderiam ser realizadas e processadas pelas máquinas, sem necessidade de interferência humana. Assim, necessidades como reposição, conserto e descarte de produtos - coisas, poderiam partir dos próprios objetos, e não depender de intervenção humana. Segundo ele, os computadores passariam a ver, a ouvir e a cheirar o mundo.

Segundo Santos et al. (2016), à época da cunhagem da expressão Internet das Coisas, o conceito era muito atrelado ao uso da tecnologia RFID (*Radio Frequency Identification*). Paralelamente, estudos voltavam-se a aplicações das Redes de Sensores Sem Fio (RSSF), que, segundo os autores, resultariam em avanços na automação residencial e

34 Entrevista concedida ao jornalista Rogério Rangel e publicada na Revista Inovação em Pauta, v. 18, dez. 2014. A revista Inovação em Pauta é publicada pela FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos, empresa pública que está vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Disponível em:

<<http://www.finep.gov.br/images/revista/revista18/index.html#p=9>>.

Acesso em: 28 fev. 2018.

industrial, de forma que o conceito de Internet das Coisas pode ser, portanto, entendido como aglutinador dessas tecnologias.

As aplicações que envolvem IoT são muitas, e criações em IoT são dependentes de ideias e de imaginação. Constituem-se, ainda, como pilares que sustentam a IoT, o conhecimento quanto ao uso e ao funcionamento de sensores e questões referentes à comunicação e ao consumo de energia dos dispositivos.

A IoT, em seu estágio de desenvolvimento atual, volta-se frequentemente à aplicabilidade de tecnologias para monitoramento remoto. Assim, já são comercializados produtos que permitem o acesso a dados obtidos por sensores quanto ao comportamento e à saúde de bebês, adultos e idosos, a estatísticas oriundas de atividades físicas pessoais, segurança residencial, manutenção pró-ativa de equipamentos industriais, controle de tráfego e controle ambiental, dentre outros. Muitas dessas aplicações dão forma a um conceito derivado ou atrelado ao conceito de IoT que visa transformar as cidades em cidades inteligentes.

Para além das possibilidades, utilidades e inutilidades que serão criadas, há algo inerente à IoT que merece destaque: a enorme geração de dados. É impossível prever e calcular a quantidade de dados que irão emergir dos inúmeros sensores em funcionamento. A partir daí, poderíamos questionar: como transformar esses dados em informações? Os protocolos atuais de comunicação são adequados à movimentação de dados coletados pelos sensores?

Diferentes formas de análise abrem diferentes frentes de oportunidades profissionais na área tecnológica. A primeira delas volta-se à análise dos dados triviais, ou seja, relativa ao processamento de informações para as quais os sensores foram programados. Por exemplo, um artefato para monitoramento da pressão arterial pode emitir um aviso ao smartphone de um indivíduo ou de seu familiar alertando quanto a um eventual risco decorrente de variações anormais obtidas nas leituras,

sugerindo que alguma providência seja tomada. No entanto, o cruzamento de incontáveis dados gerados para propósitos distintos pode fazer emergir informações não triviais e correlações quando processados algoritmicamente. No âmbito da Ciência da Computação, tais análises são abordadas pela Mineração de Dados, ou *Data Mining*.

Uma interessante experiência em andamento com relação à indexação e ao armazenamento de dados pessoais é a do programador americano Chris Dancy<sup>35</sup>, que possui centenas de sensores conectados ao seu corpo coletando e registrando dados sobre ele próprio e sobre os ambientes pelos quais transita. Seu caso é bastante conhecido pela mídia internacional, tendo ele já concedido entrevistas a diversos jornalistas e meios de comunicação. Ele reporta que seu interesse por registrar dados surgiu desde cedo, em sua adolescência. Esse interesse crescente pelos registros pessoais, impulsionado pelas ferramentas computacionais às quais tinha acesso e sobre as quais detinha conhecimento devido à sua profissão, bem como pelas novas possibilidades de armazenamento e de uso de serviços de internet que surgiram a partir dos anos 1990, possibilitou, segundo ele, a realização de cruzamentos de dados que se desdobraram em informações relativas a hábitos pessoais com impacto direto e positivo em favorecimento da sua própria saúde.

Ainda que possa talvez se tratar de um experimento autopromocional, ou mesmo implicitamente atrelado a interesses comerciais dos fabricantes das tecnologias envolvidas, tal experiência evidencia que é possível conviver com tamanha geração de dados, mas que os métodos para coleta e processamento ainda precisam ser aprimorados.

A incipiência da IoT é evidente. O primeiro experimento que é a ela associado remonta ao ano de 1990, quando Simon Hacket e John Romkey foram desafiados a conectar e a controlar uma torradeira doméstica por meio da internet. (ROSEMANN, 2013). A mineração de dados, cujas técnicas se desenvolvem há bem mais tempo e cujo exemplo mais popular ainda é o das vendas conjuntas de fraldas e

35 Disponível em: <<http://www.chrisdancy.com>>. Acesso em: 28 fev. 2018.

cervejas, mostra-se igualmente incipiente frente à miríade de possibilidades originadas a partir da IoT.

Por fim, cabe ressaltar a importância de estudos que referem-se às questões da comunicação em uma rede de sensores. Quando se trata da comunicação entre computadores em redes locais, por exemplo, é razoável e funcional a utilização de protocolos como TCP (*Transmission Control Protocol*) e IP (*Internet Protocol*). Entretanto, em uma rede de nanosensores, as questões de consumo de energia ganham relevância, e protocolos de comunicação criados para equipamentos do porte de nossos computadores pessoais ou de nossos smartphones não se mostram adequados. Wang et al. (2013) explicam que devido a uma transmissão em alta velocidade na frequência dos *Terahertz*, assim como ao esperado grande número de nanosensores nas redes de nanosensores sem fio dispostos a uma comunicação simultânea, novos protocolos de controle tornam-se necessários para regular o acesso aos canais de comunicação e para coordenar e sincronizar as transmissões entre os nanodispositivos.

As novas tecnologias pedagógicas permitem compreender a necessidade e a importância da comunicação entre dispositivos robóticos e sensores. Além disso, deve estar presente nas abordagens a compreensão de que criações robóticas podem exigir protocolos próprios de comunicação, e que estes protocolos podem ser criados em nível de programação. Um exemplo didático sobre isso poderia ser construído a partir de uma necessidade hipotética de comunicação entre duas placas microcontroladoras pertencentes a um mesmo artefato. A quantidade de informações que trafegam de um lado a outro tem relação direta com o consumo de energia e com a performance do equipamento.

A título de exemplo, imaginemos uma necessidade de comunicação onde precisam ser enviados os valores de oito sensores digitais entre uma placa microcontrolada Arduino e outra. A Figura 9 exibe um código de programação em que um vetor de oito posições, correspondendo aos oito valores retornados dos sensores, é enviado pela porta serial da placa



microcontrolada.

*Figura 9 - Exemplo de código de programação para transmissão serial de oito bytes de dados*

```
byte pinos [] = { 5,6,7,8,9,10,11,12 };

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  for (int i=0; i<8; i++)
    pinMode(pinos[i], INPUT);
}

void loop() {
  for (int i=0; i<8; i++)
    Serial.write(digitalRead(pinos[i]));
}
```

Fonte: elaborado pelo autor<sup>36</sup>

Ainda que tenhamos criado nosso próprio protocolo de comunicação, definindo a forma e o tamanho dos dados a trafegarem, pode-se otimizar o processo por meio do software. A Figura 10 exhibe outro código de programação com a mesma funcionalidade, porém, com um novo protocolo de comunicação otimizado, onde as mesmas informações são agora enviadas em um único byte em vez dos oito bytes necessários no protocolo anterior.

36 Este código foi adaptado pelo autor à interface de programação do Arduino e teve como base o documento intitulado **Arduino + Comunicação Serial**, de autoria de Ivan Seidel, e disponibilizado no *Web Site* da Olimpíada Brasileira de Robótica. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=f8j7c53MVzE>>. Acesso em: 05 mar. 2018.

*Figura 10 - Exemplo de código de programação com certo nível de otimização para transmissão serial de oito bits de dados*

```
byte pinos [] = { 5,6,7,8,9,10,11,12 };
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  for (int i=0; i<8; i++)
    pinMode(pinos[i], INPUT);
}

void loop() {
  byte Valores = 0x00;
  for (int i=0; i<8; i++)
    Valores = Valores | (digitalRead(pinos[i]) << i);
  Serial.write(Valores);
}
```

Fonte: elaborado pelo autor<sup>37</sup>

Agora, há a transmissão de bem menos informação (a oitava parte em comparação com o código anterior), já que as operações binárias aplicadas à variável *Valores* permitem que os dados oriundos dos sensores hipotéticos sejam armazenados bit a bit e, então, transmitidos.

Claramente, tratam-se de exemplos criados com finalidade didática para se iniciar uma compreensão sobre protocolos de comunicação. Não se está propondo, aqui, e nem mesmo no documento consultado, uma forma otimizada de implementação, já que sequer considera-se questões com relação à ordem em que os dados são recebidos no destino e

37 Este código foi adaptado pelo autor à interface de programação do Arduino e teve como base o documento intitulado **Arduino + Comunicação Serial**, de autoria de Ivan Seidel, e disponibilizado no *Web Site* da Olimpíada Brasileira de Robótica. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=f8j7c53MVzE>>. Acesso em: 05 mar. 2018.

assumiria-se equivocadamente, se assim o fosse, que não haveria nenhum tipo de interferência no processo de comunicação e, portanto, não seria necessário nenhum tipo de verificação ou validação comparativa entre os dados transmitidos e os dados recebidos. O que, entretanto, está sendo proposto, é que se constate a demanda profissional e investigativa que se origina em decorrência de tais complexidades comunicativas, assim como igualmente se constate a conveniência das novas tecnologias pedagógicas para o aprendizado desses conceitos.

## 2.7 A TECNOLOGIA E O FUTURO DOS EMPREGOS

Nesta seção, a título de fechamento do capítulo, tocarei no ponto que relaciona a tecnologia com o emprego. Muito aquém de uma tentativa de prever o futuro ou equacionar essa complexa relação, trarei alguns números que conduzirão, no máximo, a uma reflexão mais aprimorada sobre o assunto. Se por um lado há a inevitável constatação de que a automatização elimina postos de trabalho, por outro há a apresentação de números surpreendentes relacionados à abertura de novos postos de trabalho justamente em função de demandas tecnológicas. Castells (1999, p. 265) entende que o processo de trabalho situa-se no cerne da estrutura social, e que suas transformações tecnológicas, administrativas e produtivas em empresas emergentes da chamada *sociedade em rede* são os principais instrumentos por meio dos quais o paradigma informacional e o processo de globalização afetam a sociedade em geral.

Brynjolfsson e McAfee (2014, p. 8) estabelecem uma relação entre o desenvolvimento social humano e a população do mundo ao longo do tempo. Questionam, para tanto, qual teria sido o evento histórico mais importante relacionado ao desenvolvimento na história humana. Em suas análises, os sistemas filosóficos, as religiões, as guerras e as conquistas, assim como as grandes navegações e as descobertas matemáticas e científicas, foram eventos insignificantes em termos de desenvolvimento<sup>38</sup> se comparados ao que se observa a partir da

38 Os autores tomam por referência o conceito de desenvolvimento social que

revolução industrial, mais especificamente a partir dos avanços implementados nas máquinas a vapor por James Watt na segunda metade do século XVIII.

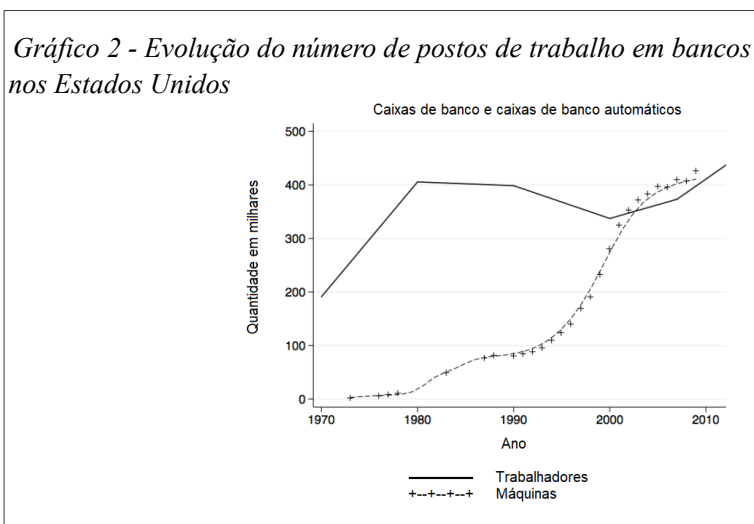
O estudo desta problemática levou Frey e Osborne (2016) a criarem um *ranking* onde constam 702 ocupações profissionais norte-americanas ao lado de um número que corresponde à probabilidade de tais ofícios serem substituídos por processos computadorizados nas próximas duas décadas. De acordo com as estimativas do estudo, cerca de 47% de todos os empregos nos Estados Unidos estão inseridos na categoria de alto risco de automatização, podendo ser substituídos por processos automatizados relativamente cedo, na próxima década ou na década subsequente. Os autores concluem que haverá demanda por trabalhadores com novas habilidades, as quais relacionam-se a dois tipos de inteligência: a inteligência criativa e a inteligência social.

Já o estudo de Bessen (2016), que também volta-se à investigação das relações entre a automação computadorizada e as ocupações profissionais, aponta uma curiosa relação entre o número de caixas automáticos em bancos americanos e o número de empregados dessas instituições. Uma análise rápida poderia facilmente nos levar a estimar que, na medida em que as máquinas fossem sendo inseridas para realização de trabalhos bancários repetitivos, o número de empregados diminuísse proporcionalmente. Porém, conforme podemos constatar no Gráfico 2, do início de 1970 até o ano de 2010, o número de empregados em instituições bancárias americanas dobrou de tamanho. Há, certamente, outras variáveis envolvidas. Para Autor (2015), em sua análise do estudo de Bessen, ainda que os caixas automáticos tenham reduzido o número de funcionários das agências bancárias para cerca de um terço do total, eles também reduziram os custos operacionais, o que permitiu a abertura de novas agências. No entanto, as novas contratações resultantes exigiram um perfil diferenciado de profissionais. Não eram mais necessárias pessoas com habilidades para lidar com tarefas repetitivas, e sim, indivíduos mais aptos a resolver os problemas dos

baseia-se no índice criado pelo professor e historiador britânico Ian Morris.

clientes e mais engajados com a criação e com a venda de novos produtos e serviços.

Bessen explica que é fácil identificar ocupações para as quais a mão de obra humana tenha sido substituída por máquinas. Porém, evidências de seu estudo apontam que a automação computadorizada de um tipo de ocupação profissional está associada não à diminuição da demanda por aqueles serviços, e sim, pelo aumento da demanda, e que o impacto médio geral mostra-se positivo, ou seja, em média há um pequeno aumento no número de postos de trabalho. Ainda segundo o autor, mesmo que específicos grupos profissionais sejam afetados negativamente, a automação dos processos implica em realocação de ofícios, algo que poderá apresentar-se como de difícil implementação caso requiera dos trabalhadores o aprendizado de novas habilidades ou implique em mudanças organizacionais consideráveis. Em resumo, parece haver um deslocamento de demanda, dos trabalhos repetitivos para os trabalhos intelectuais que exigem dinamismo e criatividade.



Fonte: Bessen (2016)

No Brasil, os números estimados a partir de uma pesquisa da Associação Brasileira das Empresas de Tecnologia da Informação e Comunicação - Brasscom<sup>39</sup> - apontam que há uma carência imediata de cerca de 50.000 vagas para o setor, e que dado o crescimento esperado para a área tecnológica até o ano de 2020, as estimativas dão conta de que haverá uma necessidade de contratação de cerca de 750.000 profissionais.

Esses números para o mercado de Tecnologia da Informação parecem refletir, de maneira mais ampla, a reconfiguração implementada e demandada aos bancários americanos conforme o estudo de Bessen. Ou seja, a mudança de perfil funcional necessária para o trabalho em um banco, de maneira geral, manifesta-se igualmente necessária para a escolha profissional atual, que faz com que os futuros profissionais tendam a ser absorvidos em ocupações da área tecnológica. Ora, para isso, esses futuros profissionais precisam ter capacitação adequada. Ou seja, ainda que haja demanda, não permanecerão empregados se não estiverem aptos para suas funções. No que tange à formação acadêmica, há ainda outra análise importante. Em que pese a existência de muitas vagas e de um futuro aparentemente promissor, o número de pessoas interessadas em seguir carreira na área tecnológica não acompanha proporcionalmente a demanda. Por fim, caberiam ainda pesquisas com vistas a esclarecer as razões que levam os jovens a abandonarem os cursos superiores de formação dentro da área tecnológica, mesmo que tenham ciência do grande número de vagas de emprego existentes. A evasão teria algo a ver com deficiências em suas formações pregressas? Se sim, em que medida?

### **Considerações finais deste capítulo**

Ainda que já tenhamos agrupado aspectos que evidenciam a complexidade deste tópico, será necessária uma digressão no intuito de

39 Disponível em: <<http://brasscom.org.br/brasil-precisa-de-750-mil-novos-profissionais-de-ti-ate-2020>>. Acesso em: 19 out. 2017.

visualizar a tecnologia em seu contexto econômico e social. A esse propósito dedicam-se alguns autores há algumas décadas, constituindo o que acaba por ser uma disciplina relativamente nova, a Filosofia da Tecnologia, à qual será dedicado o capítulo seguinte deste estudo.

Por ora, os assuntos até aqui abordados têm em comum, além dos aspectos científicos e tecnológicos, a característica de serem tópicos de interesse em práticas pedagógicas, ainda que estejam timidamente fazendo parte dos currículos nas escolas primárias e secundárias, em âmbito mundial. Com relação ao jogo Foldit, constata-se que é relativamente grande o número de artigos científicos que a ele se referem se considerarmos tratar-se de um jogo bastante recente. Limitam-se, porém, a descrever suas características e potencialidades, deixando em aberto o esclarecimento das razões pelas quais sua adoção em sala de aula não tem ocorrido ainda. É claro que a incipiência das pesquisas que deram origem ao jogo e a criação recente do mesmo têm relação com isso.

O complemento qCraft para o jogo Minecraft também apresenta-se com ainda pequena utilização pedagógica, o que se evidencia pela carência de pesquisas que abordam o assunto. Como exceções podemos citar os trabalhos de Enk (2015) e Couling (2016). Há uma preocupação voltada não para a memorização de novos conceitos da mecânica quântica em substituição a aqueles da mecânica clássica, mas sim, à construção de modelos corretos. Para Enk (2015), as pré-concepções dos alunos frequentemente baseiam-se em modelos realistas ou determinísticos ultrapassados.

Embora os autores reportem que a reconstrução de conceitos acerca da mecânica quântica tenha sido constatada em decorrência dessas abordagens baseadas em jogos, assim como afirmam que alguns dos estudantes acabam por assumir-se mais motivados para aprofundamentos dentro do tópico, não ficam evidenciadas questões com relação ao aprendizado na forma de novos questionamentos decorrentes a que possam ter chegado os estudantes depois das

intervenções pedagógicas. Em outras palavras, permanece em aberto o campo de investigação para analisar a efetividade da construção de novas perguntas a que possam ter chegado os estudantes depois de concluírem tais estudos.

Com relação aos outros tópicos neste capítulo abordados, o protótipo *Personal Food Computer*, a internet das coisas e as impressoras 3D, podemos afirmar que tratam-se de assuntos comparativamente mais difundidos e abordados em escolas em âmbito mundial, sendo um pouco mais incipientes na Educação Básica brasileira. Uma hipótese para essa constatação será melhor referenciada no decorrer do texto, em capítulos subsequentes, já que às plataformas eletrônicas de prototipação são atribuídas qualidades justamente com relação ao acesso às mesmas, ao ser possível a construção de protótipos educativos utilizando-se materiais reciclados e sucatas. Tais tecnologias têm uma ligação direta com estes três tópicos anteriormente abordados, o que poderia justificar suas relativamente maiores acessibilidades pedagógicas.

A análise do *corpus* documental desta pesquisa mostrará que é também recorrente a afirmação de que a realização de experiências com tais tecnologias torna a aprendizagem mais significativa por permitir aos estudantes um contato mais "concreto" e não somente "abstrato" com o conteúdo. Com relação a isso, será posteriormente evidenciada uma possível supervalorização daquilo a que muitos pesquisadores e profissionais referem-se como "concreto", em detrimento de características abstratas inerentes aos trabalhos com tecnologias pedagógicas e profissionais que dizem respeito à robótica.

Por fim, e com relação aos outros tópicos com potencial pedagógico neste capítulo abordados - a inteligência artificial e as implicações da tecnologia no futuro dos empregos - veremos que ambos os pontos não estão devidamente presentes nos discursos e nas práticas pedagógicas com robótica educativa. No primeiro caso, possivelmente por se amparar a inteligência artificial na construção de conceitos e algoritmos



ainda distantes da realidade da Educação Básica. Apresentarei, com relação a isso, dentro da seção 7.3 do capítulo 7 desta tese, reservado aos resultados da pesquisa, algumas alternativas e exemplos de como esta aproximação pode acontecer. No segundo caso, os motivos da ausência do assunto nos discursos e nas práticas pedagógicas, veremos, pode ter relação com as concepções acerca do conhecimento tecnológico dos professores ou mesmo com a carência de processos formativos continuados que possam aproximar professores de diferentes áreas do conhecimento, incluindo a área das Ciências Humanas, das questões relacionadas às tecnologias computacionais que deram nome a este capítulo.



### 3 A FILOSOFIA DA TECNOLOGIA

O capítulo anterior apresentou resumidamente o estágio de desenvolvimento de certas tecnologias atuais, algumas já ao nosso alcance, outras não. Algumas com as quais conviveremos em curto ou médio prazo, outras que farão parte de nossas vidas daqui a um tempo maior. Mas é preciso destacar que o local de onde falo, e que me leva a apontar tais avanços em específico, é a computação. Em outras palavras, reconheço que avanços em áreas não tão próximas à da computação (se hoje em dia isso for possível) conceberam aprimoramentos científicos e tecnológicos recentemente, mas dada minha apresentação é bem mais prudente permanecer em uma zona de conforto que, no mínimo, limita a ocorrência de equívocos que poderiam ser cometidos ao adentrar outros espaços de conhecimento.

Pretendo abordar o assunto da Filosofia da Tecnologia na forma de um ensaio, em que as contribuições de autores brasileiros e estrangeiros serão analisadas. Para fins didáticos, tomarei por base o quadro de Feenberg (2003) que, em suas dimensões, classifica a tecnologia com relação aos valores e aos poderes humanos. Simpatizo com o caráter heurístico que o próprio Feenberg atribui à sua obra, compreendendo-a, no mínimo, como forma de aproximar as reflexões com vistas a “quebrar a ilusão de necessidade que recobre o cotidiano de nosso mundo atual” (FEENBERG, 2002, p. 150), e, ainda que se percebam diferentes pontos de vista, eles são “indispensáveis para buscarmos um mundo melhor”. (CUPANI, 2004, p. 517).

Além de um tema complexo, a Filosofia da Tecnologia é também recente. Cupani (2017) explica que, embora seja um tema antigo como assunto de reflexão, é recente como disciplina acadêmica, tendo surgido apenas na segunda metade do século XX.

Quem nela se introduz descobre uma realidade bem maior do que a sugerida pela costumeira associação da tecnologia com a engenharia, porque a tecnologia nos afeta e desafia qualquer

que seja nossa atividade. Descubra também que se trata de uma realidade que pode (e deve) ser tematizada pelas áreas tradicionais da filosofia, pois encerra questões tanto ontológicas quanto epistemológicas, tanto éticas quanto estéticas, tanto relativas à filosofia política quanto referentes à filosofia da história. Em uma palavra, quem nela se introduz fica surpreso com o fato de que a proverbial admiração filosófica tenha demorado tanto em gerar esta disciplina. (CUPANI, 2017, p. 9).

Em meus primeiros estudos sobre a temática da Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), recentes, reconheço, não consegui estabelecer uma relação de causa e efeito entre a aplicação da tecnologia e consequências sociais negativas. Isso remonta à minha inserção pessoal no ambiente acadêmico da informática enquanto estudante de graduação, em que, por vezes, refletia sobre o texto de um *slogan* comum de ser visto à época: “Bacharel em informática: qualidade para a sociedade”. Havia, com certa segurança em afirmar, um consenso de reconhecimento de uma relação direta entre esforço pessoal e progresso social: quanto maior a dedicação individual ou coletiva para colocar a computação a favor da sociedade, melhor a sociedade será. Essa visão social era, e continua sendo, bastante simples de entender, porque, agora percebo, não se trata de uma visão social. Reflete uma compreensão fragmentada e indutiva sobre algo maior e muito complexo, que é a sociologia.

Encontramos em Dagnino (2008) a argumentação de David Noble, estudioso das relações sociais e da maneira como elas moldam a tecnologia. O autor explica que Noble admite que poucos engenheiros estejam empenhados em destruir diretamente o povo. O objetivo deles é fazer seus trabalhos da melhor forma possível. No entanto, geralmente constroem soluções boas para aqueles que detêm o poder, mas que são desastrosas para o resto da sociedade, em particular para os trabalhadores. Dessa forma, acabam reforçando as relações de classe vigentes. Explica ainda, que, segundo Noble, “isso aconteceria porque

os técnicos têm pouco contato com o mundo dos trabalhadores, pois durante sua educação e suas carreiras profissionais, somente se comunicam com as elites de poder: primeiro, com os professores e pesquisadores, e, depois, com a direção das empresas”. (DAGNINO, 2008, p. 193).

Em meio a esse debate, com relação à permeabilidade entre o saber e o poder, Pierre Lévy também concorda que os criadores de grandes sistemas de informática não estejam interessados na busca pelo poder, pois exercem suas atividades criadoras, quase lúdicas, de concepção de sistemas inéditos, com paixão. Disso, segundo ele, decorre que nos tornamos, de certa maneira, prisioneiros desses sistemas de comunicação concebidos por uma ciência que ninguém poderia prever que redefiniria de modo tão radical a nossa relação com o mundo. (PESSIS-PASTERNAK, 1993, p. 259).

Faz-se necessário trazer mais um recorte desses autores para estabelecer uma ligação prática que será bastante compreensível. Dagnino escreve que

os engenheiros têm objetivos próprios que se complementam de forma clara e se aproximam inocentemente aos dos padrões: eles querem criar um sistema livre de erros, obviamente de erros humanos, uma vez que, para eles, a técnica, se bem aplicada, é infalível. Pensando dessa forma, eles concebem sistemas que excluem ao máximo possível qualquer intervenção humana, sistema que Noble chama de “à prova de idiotas”. Qualquer possibilidade de intervenção humana é assumida negativamente como possibilidade de que erros sejam cometidos, no lugar de ser considerada, de um modo mais positivo, como uma possibilidade de criatividade e melhoria”. (DAGNINO, 2008, p. 194).

A ligação referida é uma reflexão acerca da evolução dos sistemas

operacionais aos quais todos nós temos acesso, e que estão presentes em nossos *laptops* e em nossos smartphones. Acompanho suas evoluções há cerca de 30 anos tanto no ambiente do software livre quanto de software proprietário. Uma das suas principais funções é a de fornecer possibilidades de organização de arquivos, sejam arquivos próprios a seus funcionamentos, sejam arquivos criados pelos seus usuários. A organização de arquivos em um computador iniciou-se como uma analogia eletrônica do mundo real, e ainda assim continua a ser: implementada na forma de pastas ou diretórios (*folders* ou *directories*), dentro dos quais existem arquivos. Isso deveria implicar em uma herança do mundo real para o mundo eletrônico, mantendo o controle nas mãos dos seres humanos, pois são eles quem, supostamente, deveriam organizar o que lhes interessa.

O procedimento técnico para se criar e manter o domínio sobre o que há de mais fundamental em qualquer sistema operacional, que é o controle sobre arquivos e pastas, é trivial. O que se constata, com o decorrer dos anos, é que os sistemas operacionais não pouparam esforços para facilitar o que já era trivial. Agora são eles que oferecem impositivas formas de organização de arquivos para livrar as pessoas dessa “árdua” tarefa. O resultado prático é uma perda de compreensão do que é responsabilidade da máquina e do que não deve ser delegado a ela. A consequência disso é que as pessoas não sabem mais onde encontrar seus arquivos nos computadores e nos smartphones.

Com o conceito de computação em nuvem (*cloud computing*), que reconheço, oferece muitas vantagens, a compreensão da necessidade de nos mantermos no controle sobre aquilo que nos interessa se dilui ainda mais. Se o indivíduo entende que uma máquina pode organizar melhor suas próprias coisas, talvez ele pense que ela também pode pensar por ele próprio e até mesmo superá-lo em criatividade. Não surpreende, portanto, que alguns navegadores de internet já nos ofereçam “respostas antes mesmo que façamos a pergunta”. Nesse ritmo, nossas necessidades e nossa criatividade será determinada pela tecnologia.

Incumbida de lidar com essa complexidade, a própria Filosofia da Tecnologia é tratada didaticamente de maneiras diferentes. A definição de tecnologia de Feenberg a separa buscando enquadramentos com relação aos valores e poderes humanos. Assim sendo, como anteriormente explicado, há separação entre tecnologia autônoma (que pode ser neutra ou carregada de valores) e tecnologia humanamente controlada (que pode, também, ser neutra ou carregada de valores). Dagnino (2008) busca avaliar diferentes compreensões sobre ciência e tecnologia para a elaboração de políticas para a construção de um cenário social e ambiental sustentável para o desenvolvimento latino-americano, e prefere trabalhar na forma de abordagens para entendimento da ciência e da tecnologia, o que acaba conduzindo a uma separação entre abordagem com foco na própria ciência e tecnologia, e abordagem com foco na sociedade. Ambas com subclassificações ou variantes. Por defenderem iniciativas tecnológicas democráticas, entendo que eventuais nuances de compreensão da tecnologia entre os pontos de vista de Feenberg e Dagnino sejam apenas diferentes construções didáticas para abordagem do tema.

Optarei por centrar meu estudo da Filosofia da Tecnologia na obra de Feenberg, já que além de ser um pensador com uma proposta de concepção tecnológica democrática e bem aceita por outros autores consultados, toma também por base suas próprias experiências com a área da computação, tendo sido um dos pioneiros em esforços de educação à distância nos anos 1980 e tendo acompanhado o nascimento e a evolução da internet.

Feenberg (2003) classifica a tecnologia com relação aos valores e poderes humanos, enquadrando-a conforme demonstrado pelo Quadro 1, na forma de teorias modernas da tecnologia ou mesmo de compreensões acerca dela.

*Quadro 1 - Compreensões da tecnologia segundo Andrew Feenberg*

<b>Tecnologia é</b>	<b>Autônoma</b>	<b>Humanamente controlada</b>
<b>Neutra</b>	<i>Determinismo</i>	<i>Instrumentalismo</i>
<b>Carregada de valores</b>	<i>Substantivismo</i>	<i>Teoria crítica</i>

Fonte: Feenberg (2003, p. 6; 2015, p. 125)

Ele explica que ao longo do eixo horizontal, temos as subdivisões de entendimentos quanto a serem as tecnologias autônomas ou humanamente controladas. São autônomas quando não temos mais controle para decidir como a tecnologia será desenvolvida. Do ponto de vista humanamente controlável, emerge o entendimento de que pode-se, sim, determinar o próximo passo de evolução conforme nossas intenções. Já ao longo do eixo vertical, a primeira linha agrupa entendimentos da tecnologia como neutra, enquanto que a segunda linha agrupa compreensões da tecnologia como carregada de valores. A reflexão quanto à forma através da qual concebemos a tecnologia perante essas categorias de Feenberg, apresenta-se como uma tarefa complexa, longe de ser trivial. As classes instrumentalismo, substantivismo e teoria crítica, compartilham elementos de classes acima delas próprias e à esquerda delas próprias. Assim sendo, a teoria crítica reúne características do substantivismo e do instrumentalismo.

Essas classes também são apresentadas pelo autor como teorias modernas de como a tecnologia pode ser concebida (FEENBERG, 2002). Por serem categorias distintas, e apresentadas na forma de teorias, uma primeira análise pode nos confundir pois nosso esforço cognitivo nos induz a aceitar somente uma delas como verdadeira, negando as outras. Podemos, inclusive, inclinar-nos a determinada categoria em nossa concepção de tecnologia aceitando facilmente a inserção de alguma outra tecnologia em categoria distinta. Misturamos, pois, elementos conceituais horizontais e verticais quando da formalização de nossa própria concepção de tecnologia. Posso ser a favor de uma atitude de construção tecnológica democrática, mas reconhecer a neutralidade de uma ferramenta como a calculadora, tecnologia cujo enquadramento instrumentalista parece bastante



adequado. Nessa ótica, poderíamos fazer o mesmo quanto a uma arma, em sua condição de instrumental tecnológico? Uma calculadora e uma arma poderiam estar agrupadas conjuntamente como meros instrumentos neutros?

Com relação a esta problemática de haver um hibridismo conceitual sobre a tecnologia, não parece razoável conceber a **apropriação** que fazemos da tecnologia de maneira ajustada ao quadro de Feenberg, em vez de conceber a tecnologia como um todo ajustada a aquele quadro? Se isso for possível, encontraremos indivíduos que venham a defender postura crítica em relação a avanços tecnológicos, considerando relevantes os aspectos sociais e democráticos da escolha e da aplicação de tecnologias, mas que também compreendam que, por exemplo, armas não matam, pessoas, sim. Uma mistura de instrumentalismo com postura crítica.<sup>40</sup>

Poderíamos ter indivíduos que defendam controle social sobre a tecnologia, mas que reconheçam muitas tecnologias como fins, numa postura variante entre a reflexão crítica da tecnologia e o substantivismo. Podemos ser críticos com relação à tecnologia, mas, se emerge algum nível de reconhecimento da presença da tecnologia como uma tendência, em certa medida não se trata de um comportamento adaptativo a ela? Haveria como privar uma criança de um aprendizado tecnológico, ou criá-la sem prepará-la para o contato com a tecnologia? Parece que não. Então não se trata de um ponto de vista que coloca, em certa medida, a tecnologia como determinante do modo como nos comportamos? Podemos concluir que, se ela também, por vezes, determina o modo como nos comportamos, ainda que nos consideremos críticos devemos reconhecer que implementamos certas mudanças comportamentais em função de sua presença.

40 Cupani (2017, p. 140) aponta para a existência de teorias pluralistas, que insistem na multiplicidade de fatores aos quais responde a tecnologia. Porém, conforme explica, a atenção dada a essa multiplicidade faz com que o esquema básico que dá sentido ao conjunto seja perdido de vista.

Avançando nesta interpretação, uma pessoa poderia reconhecê-la como inevitável, mas teria controle sobre dois aspectos: **se** iria querer utilizá-la, e **como** iria utilizá-la. Uma posição idealista seria inclinar-se ao extremo do canto inferior direito do quadro de Feenberg, em que só faríamos uso da tecnologia se para o bem de todos, de maneira democrática, e representando progresso para a humanidade. De qualquer maneira, em qualquer outro ponto do retângulo da teoria crítica, teríamos em certa medida o reconhecimento de que ela é carregada de valores e humanamente controlada, em maior ou menor grau.

Assim, tomemos como exemplo a televisão. Não há como negá-la como uma tecnologia com enorme impacto social. Ela evoluiu e continuará evoluindo indiferentemente da vontade de um indivíduo em particular. Este indivíduo pode escolher se quer ou não assistir à televisão. Se optar por fazê-lo, poderá escolher aquilo a que assistirá. Portanto ele pode ser crítico em relação à sua escolha. A apropriação que ele faz com relação à televisão enquanto tecnologia depende somente dele.

Porém, vejamos outro exemplo. O caso dos alimentos geneticamente modificados. São, igualmente, produtos tecnológicos, portanto tecnologias. Em nossa sociedade, esse mesmo indivíduo tem controle sobre querer ou não consumir alimentos geneticamente modificados? Não parece ser possível por não haver transparência quanto a isso. Situações de nosso cotidiano parecem enaltecer o caráter autônomo da tecnologia, forçando-nos a uma adaptação. Souza (2016) investigou as contribuições de discussões sociocientíficas sobre a temática de uso de agrotóxicos. A autora afirma que, dentro de uma racionalidade instrumental, as soluções para os problemas são obtidas a partir do conhecimento preestabelecido, podendo gerar ações mecânicas e realizadas sem avaliar a situação vivenciada ou as possíveis consequências destas ações. Ela constatou que professores atuantes em cursos técnicos fundamentados em princípios da agricultura industrial demonstraram se encontrar em uma transição de racionalidades, ora manifestando discursos a racionalidades instrumentais, ora falas

relacionadas a uma racionalidade socioambiental. Segundo a autora, tais falas seriam melhor interpretadas como *insights*, já que não tratavam-se de pensamentos que demonstravam convicções ou justificativas fundamentadas. Ela explica que o conflito do sujeito ao conviver com várias racionalidades faz parte de um processo que, segundo Freire (2011), permite compreender sua realidade efetiva vivenciada caracterizando uma curiosidade epistemológica.

Casos análogos são aqueles que envolvem os sistemas de informação. Já se observa uma postura passiva das pessoas frente a eles, quando recebemos como resposta a uma determinada solicitação que “o sistema não permite”. Seja porque o processo não permite, devido a uma regra implícita algorítmicamente no sistema, seja por se tratar de um caso não previsto com o qual o interlocutor não saiba lidar, a aceitação de **o sistema** como impeditivo reflete, no mínimo, um certo grau de adaptação e talvez até mesmo de submissão a um processo tecnológico. É neste sentido que a apropriação tecnológica a que me refiro parece ter um caráter de dependência social-subjetiva, ora posicionando-se à esquerda ou à direita, ora mais acima ou mais abaixo no quadro de Feenberg.

O sentido de inserir subjetividade ao conceito de tecnologia, aceitando a sua **apropriação** como passível de distinção, pode ser consequência de uma limitação de entendimento devido às próprias barreiras do entorno em que nos encontramos, ou seja, estamos inseridos em um sistema. Tomemos por exemplo o caso das armas. A classe superior direita do quadro de Feenberg, o instrumentalismo, agrupa entendimentos de que as tecnologias são neutras e controláveis. Se as assumirmos assim, isso corresponderá a algum grau de contradição perante outras tecnologias. Por exemplo, é contraditório reconhecer a neutralidade das armas e a não-neutralidade da indústria farmacêutica. Ou ainda, exatamente o oposto: reconhecer a neutralidade da indústria farmacêutica e a não-neutralidade das armas.

Por estarmos, como escrito anteriormente, inseridos em um sistema

e limitados ao entorno do contexto civilizatório contemporâneo, poderemos não constatar a incompatibilidade entre fabricação de armas e justiça social. Em outras palavras, essa lógica só faria sentido de maneira relativa, dentro de um contexto opressor orientado ao acúmulo de capital. O mesmo vale para o indivíduo que, hipoteticamente, seja contrário à fabricação de armas por reconhecê-las como não-neutras, mas que, de maneira insensata, concorda com o fomento a experimentos científicos e com a aplicação de tecnologias que possam prejudicar a sociedade ou o meio ambiente, na perspectiva de uma suposta eficiência, de uma suposta conveniência, e de um suposto progresso humano.

O autor István Mészáros, em sua concepção de não-neutralidade das tecnologias e em meio a análises da presença das mesmas voltadas às forças e às relações de produção, sugere que os trabalhadores, para além de herdá-las, transformem radicalmente os meios e as técnicas produtivas, em busca de exigências qualitativamente mais elevadas a caminho do que denomina “socialismo pós-capital”. (DAGNINO, 2008). Mészáros se utiliza de uma analogia do ambiente computacional. Ele explica que

o postulado da neutralidade material/instrumental é tão sensato quanto a ideia de que o hardware de um computador pode funcionar sem o software. E até mesmo quando se chega a ter a ilusão de que isto poderia ser feito, já que o “sistema operacional” etc. não precisa ser carregado separadamente de um disquete ou disco rígido, o software relevante já estava gravado no hardware. Por isso, nenhum software pode ser considerado “neutro” (ou indiferente) aos propósitos para os quais foi inventado. (MÉSZÁROS, 2002, p. 865, apud DAGNINO, 2008, p. 187).

Alguns equívocos técnicos à parte, o exemplo é bem elucidativo. Todo e qualquer software em execução naquele computador hipotético de Mészáros ficaria limitado, necessariamente, ao sistema operacional

para o qual solicita serviços e ao hardware com o qual todos os softwares da máquina interagem. É muito interessante o exemplo porque os softwares aplicativos de um computador relacionam-se com o sistema operacional de maneira hierárquica. Todas as suas requisições são processadas pelo sistema operacional, nos limites do hardware, se, e somente se, não ferirem regras de segurança, prioridade, limites de precisão numérica, etc., **determinando** como o software aplicativo deverá se comportar. Ele continua:

O mesmo vale para as fábricas construídas para propósitos capitalistas, que trazem as marcas indelévels do “sistema operacional” - a divisão hierárquica do trabalho - com o qual foram constituídas. Para ficar com a analogia do computador, um sistema estruturado em torno de uma CPU é bastante inadequado para um sistema operacional dividido para Processadores Paralelos “descentralizados”, e vice-versa. (MÉSZÁROS, 2002, p. 865, apud DAGNINO, 2008, p. 187).

Nesta outra feliz analogia, o autor explica, de maneira tecnicamente correta porém não tão detalhada, que um sistema operacional que suportasse processamento paralelo, necessitaria de um hardware com múltiplas CPUs<sup>41</sup> ou núcleos de processamento, responsáveis pela execução dos programas. As “fábricas construídas para propósitos capitalistas”, neste caso, seriam o hardware uniprocessado (com uma CPU apenas), e um sistema operacional com suporte ao paralelismo (descentralização processual) corresponderia a um sistema produtivo proposto a ativar a participação plena dos produtores a ele associados. Neste caso, o processamento (sistema produtivo) voltado para uma multiplicidade adequadamente coordenada, funcionaria de maneira idêntica ao sistema operacional de processamento centralizado, que **determinaria** o comportamento dos processos não representando

41 CPU - *Central Processing Unit*, ou Unidade Central de Processamento. Na arquitetura de computadores, é a responsável pela realização de todo e qualquer cálculo lógico-aritmético da máquina.

mudança alguma.

Apresento agora uma outra comparação processual que complementa a explicação da incompatibilidade tratada nos parágrafos anteriores, e que toma por base minha experiência de cerca de 14 anos em implantações de sistemas de gestão empresarial. Coloco este exemplo para abordar a questão da não-neutralidade tecnológica com relação às forças produtivas, que de uma outra forma parecem confirmar a incompatibilidade de tecnologias e processos não democráticos e centralizados com iniciativas que visam a sistemas menos hierarquizados e mais socialmente justos.

Os sistemas de gestão empresarial são quase como organismos vivos, inteligentes, decididos. Não hesitam em impedir processos ou reportar erros, e o fazem com rapidez. As pessoas de uma empresa rapidamente começam a enxergar um sistema informatizado dessa maneira, e se assim o fizerem de comum acordo, as alternativas para problemas ou dificuldades podem ser encontradas de maneira mais rápida. Quem absorve as impossibilidades ou exceções do sistema computadorizado são sempre agentes humanos, ou seja, se “o sistema não permite” ou “o sistema gerou erro”, sempre será uma pessoa prejudicada, nunca o sistema. Essa pessoa pode ser o funcionário, o prestador de serviço ou até mesmo o cliente.

A decisão por implantar um sistema de gestão empresarial tem por base otimizar processos alinhados ao negócio, e essa otimização visa a uma maior rapidez nas respostas, que podem favorecer as tomadas de decisões, que por consequência permitem maior competitividade e, portanto, maior lucro. É possível que se perceba, no decorrer do percurso, a inutilização de postos de trabalho, o que poderia reduzir os custos, e o custo é uma variável que compõe e da qual depende a fórmula do lucro. Confesso que nunca percebi diretamente a inutilização de postos de trabalho consequente a uma mudança ou implantação de sistema. A necessidade de implantar os processos de maneira rigorosamente algorítmica geralmente faz com que o tempo dispendido

para se cadastrar dados no sistema seja maior. Talvez essa seja uma das explicações. O aumento de trabalho seria compensado por informações obtidas do sistema de uma maneira mais rápida, bem como por processamentos que passassem a ser feitos de maneira eletrônica, e que se tornariam igualmente mais rápidos. As perdas de recursos humanos eram bem mais provenientes de frustrações pessoais pós-implantação de sistema do que por demissões em consequência da inutilização de postos de trabalho. Prova disso é que as áreas de recursos humanos das empresas a que me refiro nesses exemplos, continuavam contratando ainda que sem aumento significativo de faturamento.

Criam-se assim, muitos casos de sucesso e também alguns de insucesso. Mas a tendência já está estabelecida. Um sistema de gestão é, sim, algo que concede à empresa maior eficiência. Ainda há alguns analistas de sistema bastante sensatos que são consultados por micro e pequenas empresas que, envolvidas por promessas dessa tendência, desejam melhorar seus processos, e são orientadas, por vezes, a não informatizá-las, já que conseguem, por exemplo, realizar uma contagem de estoque de maneira visual mais rapidamente do que se o fizessem dirigindo-se a um computador. Não se pode, nunca, subestimar a capacidade de os computadores piorarem alguns processos de trabalho.

Superada esta etapa, e concluindo-se pela necessidade da informatização em busca de maior eficiência, inicia-se o processo. A adaptação do sistema ao processo da empresa pode ser realizada, em maior ou menor grau, mas é inevitável que muitos ou até mesmo a maioria dos processos da empresa sejam adaptados ao sistema. Nesses casos, o sistema é que determina como os processos devem funcionar. Não à toa, a teoria da computação que aborda implantações de sistemas em que a maioria dos processos da empresa são adaptados ao sistema define o tipo de implantação como “*implantação big bang*”.

O alinhamento com aquilo a que me referi, sobre a incompatibilidade de tecnologias e processos não democráticos e centralizados com iniciativas que visam a sistemas menos

hierarquizados e mais socialmente justos, pode ser melhor esclarecida a partir do ponto em que um sistema já está implantado e servindo, bem ou mal, à almejada busca por eficiência. Não há como manter um sistema ou parte de um sistema funcionando, tal qual implantado ou tal qual parametrizado, quando acontece uma alteração gerencial em que o gestor esteja voltado ou aberto a uma gestão participativa. Ou seja, uma nova gestão democrática em detrimento de uma gestão hierarquizada sempre exigiu mudança no sistema computacional. As regras processuais que definiram o comportamento algorítmico do sistema não eram mais compatíveis com as novas formas de gerir os processos de maneira participativa não-hierarquizada.

Ora, mas o que é o sistema de gestão empresarial senão um produto tecnológico desenvolvido por pessoas que o conceberam dentro das diretrizes de um cenário competitivo? A diferença com relação a outras tecnologias é que o tempo de readaptação de um sistema informático é bem menor. Basta para isso, reescrever o código, ainda que demande custos, ajustes e novas capacitações para seu uso. O sistema informático original foi, portanto, determinado por pessoas, para que se alinhasse às regras de um sistema econômico maior no qual estava inserido. Não seria possível, portanto, conforme demonstrei no exemplo, seguir utilizando um tal sistema informático concebido de maneira hierárquica e centralizadora alinhado a um processo não hierárquico e não centralizador, ou seja, mais democrático, mais participativo.

O confronto do exemplo com a concepção instrumentalista tende a desmistificá-la, pois caso o sistema fosse neutro e autônomo, não seriam necessárias alterações no mesmo para atender às demandas de uma nova gestão democrática e participativa. Fica evidente o controle humano na concepção, criação e uso do sistema como tecnologia, assim como também fica evidenciada a sua não neutralidade.

A crítica contra a neutralidade da tecnologia também pode ser feita sob outro viés. Num cenário idealístico, onde pudéssemos contar com uma tecnologia neutra e com vistas a uma mudança social mais



igualitária, bastaria fazermos um uso mais democrático ou facilitarmos o acesso e a apropriação tecnológica para dar início ao processo de mudança. Dentro deste mesmo cenário, uma tecnologia neutra e autônoma, à qual tivéssemos que nos adaptar, ainda assim seria mais justa do que aquilo a que nos submetemos atualmente, pois há um esforço enorme por adaptação mas a uma tecnologia carregada de valores e humanamente controlada. Ou seja, tal adaptação perde toda a sua naturalidade uma vez que, na realidade, é determinada e não determinante. É guiada, concebida, construída e utilizada de maneira proposital. Tal entendimento parece ser corroborado por Noble (2001, apud DAGNINO, 2008, p. 191), que entende que o senso comum equivocadamente percebe um futuro conduzido e dirigido pelo avanço tecnológico autônomo, e que o processo de desenvolvimento tecnológico se daria de forma análoga à evolução biológica das espécies por meio de um mecanismo de seleção natural.

Entende-se que o senso comum moderno ainda compreende a tecnologia como neutra e autônoma, em que meios e fins são independentes uns dos outros, e como sendo necessário que nos adaptemos à tecnologia como expressão mais significativa de nossa humanidade, conforme as palavras que o próprio Feenberg usa para referir-se aos deterministas tecnológicos. Eles, ainda segundo o autor, “argumentam que a tecnologia emprega o avanço do conhecimento do mundo natural para satisfazer características universais da natureza humana, tais como as necessidades e faculdades básicas”. (FEENBERG, 2003, p. 7). Para Dagnino (2008) essa percepção de neutralidade é coerente com a noção de progresso como uma sucessão de fases ao longo de um tempo linear e homogêneo, e que dá origem a resultados melhorados sucessiva, contínua e cumulativamente, representando uma percepção de senso comum de que o presente é melhor do que o passado e que conduzirá a um futuro ainda melhor, em busca de uma finalidade imanente a ser alcançada. Entende que a ciência é a última propriedade social, no decorrer da história, a converter-se em propriedade privada a serviço do capital.

O nascente capitalismo comercial [...] recorre às primeiras ciências e as aplica para assegurar sua expansão econômica e política. [...] O fruto do desenvolvimento científico, inclusive o produzido na universidade, vai sendo **utilizado tecnicamente**. [...] Surge a figura do cientista, direta ou indiretamente assalariado, que [...] passa a ligar o mundo científico ao da **necessidade técnica cotidiana**. [...] A 'industrialização' da pesquisa realizada nas universidades e nos institutos públicos de acordo com a organização e a divisão do trabalho próprias do ambiente industrial taylorista e com métodos de avaliação que a orientam no sentido da geração de resultados diretamente **utilizáveis** na produção, capazes de aumentar a produtividade e assegurar às grandes empresas privadas um monopólio de origem tecnológica, converteu-se numa tendência mundial. (DAGNINO, 2008, p. 146, grifos meus).

Borgmann (apud CUPANI, 2017, p. 145) lança mão de analogias para tentar elucidar a questão dos meios e fins. Constata a existência de uma visão tecnológica sob a qual, ao olharmos para uma árvore, enxergamos apenas madeira e celulose, sendo o resto dela apenas resíduos. Um animal é visto somente como uma “máquina” que produz carne. O autor toca, nestes casos, tomando vias ontológicas como exemplos, na questão da sobrevalorização de um padrão de vida em detrimento de uma qualidade de vida. Se a aplicação do conhecimento é tão necessária assim, ou seja, se o conhecimento só faz sentido se puder ser aplicado, de preferência o quanto antes para que dê retorno, como um docente consegue visualizar a aplicabilidade daquilo que ensina? Ora, ele realmente precisa assim proceder? Não seria essa uma das razões pelas quais a adesão às Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação seja tão lenta e apresente-se com tanta resistência? Esse comportamento docente é um comportamento de resistência frente ao substantivismo e à autonomia da tecnologia, ou trata-se de uma postura passiva na espera por compreender como fazer a ligação de seus saberes

com as tecnologias numa demonstração de submissão ao pragmatismo? Pior será se tratar-se de uma postura passiva, pois poderá evidenciar uma “atitude tecnológica acrítica”, que, para Cupani (2004), consiste precisamente em

o universo humano perder cada vez mais coisas e práticas “focais”, para passar a ser constituído apenas por dispositivos que se produzem, que se usam ou se consomem. Um universo em que não apenas os objetos naturais (como uma planta) ou artificiais (como um ventilador), mas também os objetos sociais e culturais, como o governo ou a educação, são levados em consideração tão somente como meios para fins circunstanciais. Esse universo está dividido em dois âmbitos: o do labor e o do lazer, uma divisão que espelha aquela entre a maquinaria do artifício e o produto que ele fornece. (CUPANI, 2004, p. 504).

No intuito de trazer alguns esclarecimentos sobre cada uma das classes ou teorias modernas da tecnologia, e seguindo a compreensão de Feenberg com vistas a propostas democráticas de construção tecnológica, apresentarei nas seções seguintes as teorias determinística, instrumentalista e substantivista, bem como a proposta da teoria crítica da tecnologia de Andrew Feenberg.

### 3.1 A TEORIA DETERMINÍSTICA DA TECNOLOGIA

Feenberg (2015) reconhece que o ocidente fez enormes avanços tecnológicos com base na compreensão de que a natureza é uma fonte de matérias-primas, um material que aguarda transformação para aquilo que desejamos. Explica que, neste caso, o mundo é compreendido mecanisticamente e não teleologicamente, configurando uma exposição a uma inteligência analítica que o decompõe em partes utilizáveis. A lógica por detrás é que trata-se do objeto de questionamento a que se dirige: um avanço tecnológico para que fins? Compreende, na ausência de respostas, que os objetivos da nossa sociedade já não podem ser

especificados num conhecimento de algum tipo, e sim, correspondem a escolhas arbitrárias puramente subjetivas, desprovidas de essência.

Ele aponta que enquanto não foram atribuídos grandes males à tecnologia, a situação não levantou grandes dúvidas, mas na medida em que o século XX avançava, desde as guerras mundiais até os campos de concentração e os desastres ambientais, tornou-se cada vez mais difícil ignorar a estranha falta de objetivos da modernidade.

O determinismo implica, assim como o substantivismo, em uma concepção de tecnologia autônoma, o que não significa, como explica Feenberg, que ela cria a si própria. O seres humanos continuam envolvidos, mas explica que o cerne da compreensão volta-se à resposta da questão: os seres humanos têm liberdade para decidir como ela irá se desenvolver? Se a resposta for não, neste caso podemos dizer que a tecnologia é autônoma no sentido em que a invenção e o desenvolvimento têm suas próprias leis imanentes, as quais os humanos limitam-se a seguir quando atuam no domínio técnico. (FEENBERG, 2015, p. 128). O nome implica em um controle da sociedade feito por uma tecnologia que **determina** configurações sociais segundo exigências de eficiência, conveniência e progresso. Sendo assim, seria fácil inclinar-se ao determinismo, uma vez que, como explica, o automóvel, em sua condição de uma tecnologia, amplia nossos membros tanto quanto o computador, na mesma condição, amplia nosso cérebro. A tecnologia teria, então, origem no conhecimento da natureza e nas características genéricas da espécie humana. (FEENBERG, 2015, p. 129). Qualquer um poderia concordar que, de fato, fazemos menos sem um computador e ficamos com limitada mobilidade sem um automóvel.

O determinismo, enquanto enquadrado numa compreensão autônoma da tecnologia, é melhor explicado por Cupani (2017), ao realizar uma digressão que aproxima-se de uma visão antropológica associada à história e à técnica humana. Trata-se de uma possível explicação para uma tendência do homem a buscar a automatização, que teria como desdobramento a aceitação de tecnologias autônomas.

Cupani recorre ao pensamento do filósofo alemão Arnold Gehlen, que explica que durante milênios, em todas as culturas primitivas assim como nas mais elevadas, como a egípcia e a clássica, o homem acreditou na possibilidade de uma técnica sobrenatural, que se conhece hoje por magia. Segundo Gehlen, desde os tempos pré-históricos a magia teve um lugar central na concepção que o homem tinha do mundo e de si mesmo, inclusive em culturas monoteístas, em que ela mantinha-se às margens da sociedade. (apud CUPANI, 2017, p. 50).

A magia consistia então, conforme Gehlen, numa tentativa de produzir mudanças vantajosas para o homem desviando coisas do seu próprio curso, não diferindo substancialmente da técnica. Isso permitiria ao homem, ao lançar mão de práticas mágicas, certificar-se da regularidade dos processos naturais e estabilizar os ritmos cósmicos suprimindo as ocorrências irregulares ou excepcionais. (CUPANI, 2017, p. 50).

Esse interesse primário na regularidade denuncia, conforme Gehlen, uma “necessidade semi-instintiva” de estabilidade no ambiente. E como as circunstâncias mudam constantemente, a maior estabilidade a que se pode aspirar é a de que os mesmos efeitos se repitam automaticamente. Por isso, a primitiva concepção do mundo, ainda não influenciada pela ciência, foi segundo Gehlen a de um “automatismo animado”: o homem e o cosmo apareciam submetidos a um processo rítmico, circular e autossustentado. [...] Por outra parte, esse automatismo intuído exercia (e ainda exerce, segundo o autor) um fascínio sobre o ser humano. [...] O “apelo” ou fascínio do automatismo envolve o que Gehlen denomina um “fenômeno de ressonância”. Segundo ele, o homem, “assediado pelo enigma de sua existência e sua natureza”, busca definir-se a si mesmo por referência ao que ele não é. Compara-se com algo

não humano (deuses, animais) e depois se diferencia dele. O que mais deve chamar a atenção do homem nessa busca, conjectura Gehlen, é o caráter rítmico, periódico, dos fenômenos naturais, como o curso dos astros, a sucessão das estações, os ciclos da vida animal. (CUPANI, 2017, p. 51).

Não limitado a essas buscas, Gehlen repara que, no homem, seu próprio organismo manifesta regularidades, como no ritmo da respiração, no pulso sanguíneo, e nos movimentos musculares reiterados. (apud CUPANI, 2017, p. 51). Segundo Cupani, o próprio Gehlen esclarece que tudo isso não significa uma defesa do mecanicismo como visão geral da natureza, tratando-se, apenas, de um “isomorfismo”. Tais fenômenos poderiam ser, inclusive, exemplificados pela implementação técnica de mecanismos de autorregulação<sup>42</sup>.

Cupani também explica que para o educador francês Jacques Ellul, a tecnologia (à qual refere-se como “técnica”) começou com a máquina, mas não se reduz a ela, e, de certo modo, a técnica transforma tudo em máquina, porque quando a técnica entra em todas as áreas da vida, cessa de ser externa ao homem e se converte na sua substância. A técnica significaria, portanto, a mecanização em si mesma, buscando constantemente e em toda a parte o melhor meio, ou seja, o mais eficiente, de realizar seja o que for. (CUPANI, 2017, p. 202). Seria, pois, autônoma em sentido etimológico, ao seguir sua própria legalidade, o que não significaria a existência de uma meta pré-determinada. Ao contrário, evoluiria sem uma finalidade, muito menos em direção ao

42 Um exemplo é a criação da máquina a vapor de Watt, que, conforme Wiener (1968), possuía um regulador de velocidade que tinha a função de impedir que a máquina se desgovernasse quando a resistência ao seu trabalho era removida. Wiener explica que quando a máquina começava a se desgovernar, as bolas do regulador se alçavam por ação centrífuga, e, ao alçar-se, moviam uma alavanca que interrompia parcialmente a entrada de vapor. A tendência ao aumento de velocidade produzia uma tendência compensatória à sua diminuição.

bem humano. (CUPANI, 2017, p. 211).

Diante dela, o ser humano é cada vez mais impotente, não lhe sendo dado escolher seu destino. O homem é tomado cada vez mais pela impressão de que sem recursos técnicos não vale a pena viver. Ellul completa a sua alegação sobre a autonomia da técnica afirmando que ela acaba com tudo o que é misterioso na vida e na realidade. É importante notar que ela não faz isso explicando os aparentes mistérios (como faz a ciência), mas mediante o *uso* controlado da realidade. Ellul acredita que o homem não pode viver sem algum senso do misterioso, e argumenta que, por isso, projeta esse sentimento na técnica, a qual passa a constituir o “mistério essencial” e o “deus que traz a salvação”. Esse caráter misterioso diminui um tanto com a familiaridade com as técnicas e artefatos, de que o indivíduo sente um (injustificado) orgulho. (CUPANI, 2017, p. 211, grifo do autor).

O professor Langdon Winner, em seu livro *Autonomous Technology*, de 1977, já constatava uma perda de domínio sobre a tecnologia que se manifestava em um declínio da nossa capacidade de conhecer, julgar ou controlar nossos meios tecnológicos. Nesse declínio fundamentam-se ideias acerca de uma autonomia da tecnologia, vivendo o homem em criações técnicas e através delas. Ele considera que há um certo animismo na vivência dos artificios. (apud CUPANI, 2017, p. 214).

Como tenho defendido, nossa tendência a uma aceitação do determinismo alinhado a uma percepção animista, conforme Winner, não poderia ser melhor exemplificada em nosso mundo atual do que pela simbologia da realização de um casamento real entre um indivíduo, também real, e uma personagem virtual, em cerimônia pública ocorrida no Japão em 2009, amplamente divulgada pela mídia<sup>43</sup>. São

43 Disponível em: <<http://www.telegraph.co.uk/technology/video->

comportamentos que já se transformam em objeto de estudo da historiografia contemporânea. Segundo Gomes (2017), que aborda o assunto, a dinâmica atual da tecnologia, ao mesmo tempo em que encurtou as distâncias, esfacelou o tempo físico e permitiu a comunicação em tempo real, diminuindo encontros físicos e criando uma nova sociabilidade.

Em prol da desmistificação do determinismo tecnológico, Feenberg constrói sua argumentação com base em dois exemplos principais. O primeiro deles diz respeito à comunicação em redes de computadores, reconhecida por ele como uma revelação de novas formas de interação dialética entre a tecnologia e a população subjacente. Trata-se de um exemplo que afasta qualquer tentativa de reificação do ser humano. Ele conta, em outras palavras, que as redes de computadores como a internet, ainda embrionárias, tinham objetivo de descentralizar e facilitar a comunicação de transmissões oficiais governamentais com fornecedores e universidades, assim como servir como um meio de prover contingências comunicativas em caso de uma guerra nuclear devido à descentralização das vias pelas quais a informação passava. Não demorou muito, conforme explica, para que a infraestrutura tecnológica concebida para esses propósitos fosse também utilizada para comunicação humana, de uma maneira bem menos institucionalizada. Correspondeu, segundo ele, a uma interpretação diferenciada do sistema então implementado. (FEENBERG, 2015, p. 177). Um caso típico em que a intenção implícita de conectar máquinas, acabou conectando pessoas.

Um exemplo, no Brasil, de ferramenta de comunicação criada com propósitos implícitos que mudaram de significado devido à participação de usuários foram as BBSs (*Bulletin Board Systems*), que eram voltadas, inclusive, para fortalecimento de laços colaborativos empresariais.

[games/6651021/Japanese-gamer-marries-Nintendo-DS-character.html](http://www1.folha.uol.com.br/tec/2009/12/669495-japones-se-casa-com-personagem-de-videogame.shtml)>.

Acesso em: 11 out. 2017, e também disponível em:

<<http://www1.folha.uol.com.br/tec/2009/12/669495-japones-se-casa-com-personagem-de-videogame.shtml>>. Acesso em: 11 out. 2017.



Funcionavam pela linha telefônica e exigiam que o computador pessoal dispusesse de um MODEM. Não demorou muito para que se tornassem ferramentas eletrônicas de comunicação interpessoal, cujo declínio iniciou-se na primeira metade da década de 1990 com a popularização da internet. O propósito específico da formação de grupos de interesse e de comunicação interpessoal era tão evidente que o IRC (*Internet Relay Chat*), programa de conversação que se popularizou nesta fase de transição, era declaradamente voltado à comunicação interpessoal. Para Feenberg, esses fatos desmentem o padrão de tecnologia tal qual entendido pelo corpo técnico que o concebe.

Num segundo exemplo em prol da desmistificação do determinismo tecnológico, Feenberg embasa-se na questão ambientalista, onde entende que os protestos têm conduzido a alterações significativas da tecnologia contribuindo para destruir o mito do determinismo tecnológico e da ideologia tecnocrática associada, fazendo com que saibamos que somos responsáveis pelas nossas próprias tecnologias e pelas suas consequências. (FEENBERG, 2015, p. 180).

### 3.2 A TEORIA INSTRUMENTALISTA DA TECNOLOGIA

A concepção instrumentalista de tecnologia, segundo Feenberg, assume que deva existir um tipo de fé liberal no progresso. Entendo que seja o tipo mais polarizado de visão tecnológica, e que pode ser explicada tanto por exemplos simples como por exemplos complexos. No grupo dos exemplos simples, podemos começar pelo dinheiro e pelas armas. O dinheiro pode ser visto de maneira instrumental já que pode ser usado para comprar coisas boas e coisas ruins. Não somente objetos, mas, inclusive, estilos de vida. Feenberg entende que, neste caso, o instrumentalismo do dinheiro é negado quando o instrumentalista tenta comprar, por exemplo, amor e felicidade, desapontando-se com os resultados. Outro exemplo simples de compreender, apesar de igualmente controverso, é o que toma por base o uso das armas. O instrumentalista afirmaria que as armas não matam, mas as pessoas sim (com uso das armas). Entendo que a volatilidade deste pensamento se

torna explícita quando questiono: o mundo seria mais ou menos seguro se cada pessoa portasse uma arma?

De qualquer maneira, a própria teoria crítica da tecnologia, que busca uma construção democrática, ainda assim possui algo em comum com o instrumentalismo, já que reconhece que ela é “controlável em algum sentido”. (FEENBERG, 2017, p. 9).

Confrontar o entendimento do instrumentalismo com o substantivismo nos ajuda a avançar em direção à necessidade da construção democrática da tecnologia. A visão substantivista nos ajuda a entender que o instrumentalismo falha ao assumir a tecnologia como neutra, ignorando um caráter teleológico que conecta os meios com os fins. Já a contribuição instrumentalista nos ajuda a entender que o substantivismo falha ao sobrepujar valores humanos em favorecimento de valores tecnológicos, sob qualquer que seja o pretexto. É como se o instrumentalismo alertasse que o substantivismo não está percebendo seu horizonte com clareza, e ao mesmo tempo como se o substantivismo estivesse sinalizando que a visão instrumentalista é demasiadamente ingênua. Se este exercício didático pode ser assumido como correto, a visão do determinismo conteria os dois ingredientes: seria desorientada e ingênua.

A maneira mais complexa de entender a visão instrumentalista da tecnologia lida com questões sociais mais amplas. Dagnino (2008, p. 164), em sua Tese-Forte da não-neutralidade, explica que a ciência e a tecnologia não existem, historicamente, de forma abstrata, já que são determinadas pelas relações de produção dominantes na sociedade. Constituem-se, segundo ele, como ferramentas capitalistas para dominar a natureza e explorar os desprovidos de meios de produção. Essa percepção faz com que a tecnologia seja vista como inadequada às relações sociais inerentes a esses meios, por visarem o controle direto do trabalhador e por promoverem relações técnicas de produção baseadas na hierarquização, na segmentação e na alienação. Isso fez com que, segundo ele, a tecnologia capitalista, posta meramente como um

instrumental dentro das experiências de socialismo real, tenha sido responsável por sua burocratização e por sua descaracterização.

Dagnino, ao abordar a crítica de Charles Bettelheim sobre as experiências históricas da União Soviética e da China, expõe que na análise da questão da transição ao socialismo, a tomada do poder do Estado era aceita como condição necessária e suficiente para o estabelecimento das políticas que consolidariam esse regime.

[...] com a tomada do poder, novos aparelhos ideológicos de Estado poderiam ser facilmente construídos sob o comando dos trabalhadores. Em consequência, a ideia de que bastaria a tomada do poder para colocar a ciência e a tecnologia a serviço dos trabalhadores reforçou uma compreensão neutra/instrumental. Na realidade, o entendimento de que a ciência e a tecnologia, antes da tomada do poder que selaria a derrubada do capitalismo, era passível de ser utilizada sem qualquer problema no novo modo de produção, fazia com que não fosse necessário pensar em qualquer adaptação ao novo modo de produção. Ou, como entendiam alguns, resolvido o problema do poder, isto é, estando ele nas mãos da classe operária, uma nova tecnologia e uma nova ciência, mais adaptadas ao socialismo, passariam a existir. (DAGNINO, 2008, p. 170).

Ele explica, assim, que a questão da transição ao socialismo, tanto no plano teórico como no prático, levava em conta somente a apropriação da tecnologia, pois, de fato, no âmbito do sistema capitalista era considerada um avanço a que poucos tinham acesso. O foco voltava-se, então, às políticas distributivas de renda, de direitos e de poder, caracterizando-se assim uma visão tecnológica estritamente neutra e instrumentalista.

### 3.3 A TEORIA SUBSTANTIVISTA DA TECNOLOGIA

Feenberg caracteriza o substantivismo como mais complexo e interessante quando comparado ao instrumentalismo e ao determinismo, que veem a tecnologia como neutra por si mesma. Ele não nega a existência de um valor inerente às tecnologias quando concebidas como neutras, porém, explica que trata-se de um valor meramente formal, no caso, a eficiência, que pode servir para qualquer tipo de concepção de vida. Deve-se observar, então, que um entendimento substantivista envolve um compromisso com uma concepção específica de vida. (FEENBERG, 2015, p. 130).

Se a tecnologia incorpora um valor substantivo, não é meramente instrumental, e não pode ser usada segundo diferentes propósitos de indivíduos ou sociedades com ideias diferentes do bem. O uso da tecnologia para esse ou aquele propósito seria uma escolha de valor específica em si mesma, e não só uma forma mais eficiente de compreender um valor pré-existente de algum tipo. (FEENBERG, 2015, p. 130).

Então, a opção por usar uma tecnologia não somente na busca por um modo de vida mais eficiente, mas como uma escolha por um estilo de vida em particular, denota uma interpretação substantivista da tecnologia. Um desenvolvimento tecnológico assim embasado determinará, inexoravelmente, a transformação da sociedade em uma sociedade tecnológica, dedicada aos valores da eficiência e do poder sem reserva de espaço a valores tradicionais. (FEENBERG, 2015, p. 130).

De qualquer maneira, a própria teoria crítica da tecnologia, que busca para ela formas de construção democrática, e a exemplo do que acontece com relação ao instrumentalismo, também possui algo em comum com o substantivismo, já que similarmente reconhece que a tecnologia “está carregada de valores”. (FEENBERG, 2017, p. 9).

Nas visões mais pessimistas, o substantivismo acabaria por suprimir a individualidade humana, como menciona Feenberg, fazendo alusão ao imperialismo tecnológico autônomo dominante da vida social conforme descrito no romance Admirável Mundo Novo, de Aldous Huxley. Casti (2011) cita o livro *The Singularity is Near*, de Raymond Kurzweil, que afirma a existência de uma singularidade tecnológica crescente, chegando a, inclusive, fixar o ano de 2045 como um marco do processo de transição através do qual essa singularidade tecnológica viria a se sobrepor à individualidade humana. Casti é cético com relação à data, apesar de afirmar “firmemente que haverá uma singularidade”. (CASTI, 2011, p. 205). Por fim, Feenberg refere-se a Heidegger que sustenta que embora seja possível controlar o mundo através de nossa tecnologia, não controlamos nossa própria obsessão pelo controle. (FEENBERG, 2015, p. 132).

Cercados por aparatos tecnológicos, nossa rendição à tecnologia parece inevitável. Ela inicia pela facilidade que temos em nos identificar com situações que as envolvem. Porém, essa identificação em nada ajuda para encontrar uma saída. Albert Borgmann afirma, no contexto da informática, que

[...] os microcomputadores estão sendo usados cada vez mais porque vão se tornando “amigáveis”, isto é, fáceis de operar e compreender. Mas esse caráter “amigável” é precisamente o sinal do quanto se tem tornado grande o hiato entre a função acessível a todos e a maquinaria conhecida por quase ninguém... (apud CUPANI, 2004, p. 9).

Segundo Borgmann, a manutenção e a reparação de aparatos tecnológicos, nesse caso os computadores, vão se tornando impossíveis devido à sofisticação crescente dos produtos.

Na esfera dos esforços por inclusão digital no Brasil, pode-se

resgatar alguns exemplos alinhados. A primeira constatação é a da estreita relação entre inclusão digital e inclusão social<sup>44</sup>. Freire (2011) explica que com vistas à dominação, os opressores vão se apropriando cada vez mais da ciência e da tecnologia como instrumento para suas finalidades, usando-as como força indiscutível de manutenção da ordem opressora com a qual manipulam e esmagam.

Os valores de eficiência e de poder determinantes em uma concepção substantivista de tecnologia, na esfera da inclusão social, são, ao que parece, meramente transpostos à esfera da inclusão digital, o que acaba por promover, conforme Demo (2005), uma inclusão digital marginalizadora. Mattos e Chagas (2008) apontam cinco aspectos dentro dos quais, em um ou mais deles, as políticas públicas de inclusão digital geralmente se enquadram: a inserção do indivíduo no mercado de trabalho, a melhora no relacionamento entre cidadão e poder público, a facilitação na execução de tarefas cotidianas da vida do cidadão, o incremento de valores culturais e sociais, e a difusão do conhecimento tecnológico.

Porém, minhas experiências com inclusão digital de jovens e adultos alinham-se a uma perspectiva substantivista de concepção tecnológica, já que não apontam uma busca por valorização cultural e social por parte do indivíduo que dirige-se ao espaço inclusivo tecnológico. Um resultado positivo de um esforço por inclusão digital é percebido pelo cidadão quando há relação do aprendizado computacional com uma eventual inserção no mercado de trabalho. Em um grau de importância menor, também considera-se positivo quando o curso de informática permite às pessoas, particularmente aos adultos, sentirem-se confiantes para dialogar com os jovens sobre a informática e suas tendências, algumas vezes reportando necessidades de conhecimentos que os habilitem a participarem da vida escolar de familiares. Não observa-se intenção de valoração cultural ou social explícita no discurso dessas

44 Para aprofundamentos, consultar: SCHAEFFER, A. G. *Inclusão Digital, Inclusão Social e Desalienação Tecnológica*. **Anais do VIII Computer on the Beach**, p. 289-296, 2017.

pessoas, ainda que sejam abertos espaços para esse tipo de discussão dentro das atividades.

O interesse hegemônico que se constata atualmente na internet, nas mídias digitais e na computação em geral, espelha um movimento de busca pelo poder historicamente a par e determinante das inovações tecnológicas. No contexto da sociedade norte-americana, o professor Norbert Wiener, criador do termo “cibernética” a partir de seus estudos sobre a teoria das mensagens e dos sistemas de retroalimentação, já em meados do século passado preocupava-se com o uso da informação como mercadoria. Wiener afirmava que “o destino da informação, no mundo tipicamente norte-americano, é tornar-se algo que possa ser comprado ou vendido” (WIENER, 1968, p. 112).

Contribuições interessantes quanto a práticas de inclusão digital, e que aproximam-se de propostas críticas e democráticas do uso de tecnologias em comunidades, sugerem considerar os saberes e os valores dos sujeitos perante as realidades em que se encontram. Silva Júnior et al. (2010) acreditam que a inclusão deva existir, mas não apenas limitada ao acesso à informação e às tecnologias que as transmitem, devendo reconhecer os valores de cada sujeito nas suas respectivas realidades, chamando a atenção para os seus saberes próprios que, por mais simples que sejam, são tão ou mais importantes quanto qualquer outro, e que devido a isso os sujeitos devem ser estimulados a crer nas suas potencialidades como cidadãos participativos, buscando melhorar sua qualidade de vida não à base da competitividade individualista, mas sim à base da colaboração coletiva.

### 3.4 A TEORIA CRÍTICA DA TECNOLOGIA

Na apresentação do que vem a ser a teoria crítica da tecnologia, em consequência da análise anterior das outras teorias, há que se concordar que trata-se de um assunto complexo. O quadro de Feenberg que as divide, ainda que trate-se de um modelo didático, não permite, por si só, estabelecer facilmente inter-relações entre elas. É preciso, para isso,

lançar mão de estudos, de exemplos e de olhares históricos. Só assim consegue-se compreender que, por exemplo, a própria teoria crítica carrega elementos substantivistas e instrumentalistas, ainda que não com as mesmas intensidades. Ou ainda, que identificar-se como um indivíduo mais inclinado ao substantivismo não o torna alguém que nega por completo o caráter instrumental da tecnologia.

Dagnino, ao analisar a contribuição de Langdon Winner para o debate, aponta que este autor, um crítico da ideia de neutralidade, argumenta através de exemplos como os artefatos podem ser inerentemente políticos. Os casos mais flagrantes estariam vinculados à energia nuclear, por serem necessariamente centralizadores e demandantes de uma organização autoritária, como a bomba atômica, por exemplo. Mas Winner, que “entende que ciência e tecnologia não são neutras, já que podem ter implicações sociais e políticas, e nem são endogenamente determinadas, já que suas concepções podem estar afetadas pelo contexto socioeconômico”, conforme explica Dagnino, aceita uma forma branda de determinismo, uma vez que reconhece que ciência e tecnologia influenciam a sociedade. Ele reconhece, portanto, que “no interior de um mesmo complexo de tecnologia, podem existir alguns aspectos flexíveis em suas possibilidades para a sociedade ao lado de outros completamente ‘intratáveis’”. (DAGNINO, 2008, p. 91).

Segundo Cupani (2017, p. 160), as proposições de Feenberg assumem que o controle da Natureza é indissociável do controle de uns seres humanos por outros, o que desdobra-se em fenômenos também típicos da nossa época como a degradação do trabalho, da educação e do meio ambiente. Dessa maneira, Feenberg não compreenderia a tecnologia como passível de modificações mediante reformas morais ou atitudes espirituais, já que trata-se de uma manifestação com racionalidade política. Por consequência, a necessidade fundamenta-se numa modificação cultural proveniente de avanços democráticos.

Feenberg interpreta que devemos conceber o valor intrínseco da tecnologia de modo tal que o controle humano importe. Sua teoria



crítica entende o valor intrínseco como socialmente específico, e não passível de representação de maneira abstrata, como voltado à eficiência e ao controle. Essa perspectiva permitiria concordar que a tecnologia não molda um único modo de vida, sendo que cada um deles reflete diferentes escolhas de objetivos e diferentes extensões da mediação tecnológica. Ele explica que isso não significa abrir mão da eficiência nos domínios dentro dos quais aplicam a tecnologia, mas afirmar que eles não podem efetivar nenhum outro valor significativo além da eficiência seria negligenciar as diferenças óbvias entre eles. Seria necessário, ainda, deixar de ver a tecnologia como ferramenta e passar a enxergá-la como estrutura para diferentes estilos de vida. (FEENBERG, 2003, p. 10).

Os exemplos que ele usa e que o levaram a reconhecer a força dos utilizadores com relação às tecnologias utilizadas, com a capacidade de mudar até mesmo por completo os rumos de seus desenvolvimentos (Feenberg cita o caso da rede francesa Minitel, ainda no início dos anos 80), fazem parte hoje de um conceito recente de criação e avaliação coletiva chamado de *crowdsourcing*. É um termo que tem se tornado popular e que representa uma forma aberta e participativa de contribuição voltada a algo em comum, como a implementação de uma ideia ou de um processo. Dagnino também utiliza-se de um exemplo assim quando refere-se à história da criação e do desenvolvimento da bicicleta, e de como a participação dos grupos sociais envolvidos evidencia a possibilidade de a tecnologia ser uma construção social, e não fruto de processos autônomos. Mas existem casos bem mais recentes.

Brabham (2013) traz o exemplo da criação das *mountain bikes*, modelos de bicicletas desenvolvidas a partir de necessidades de usuários que implementavam modificações em bicicletas comuns visando à obtenção de melhores desempenhos em terrenos acidentados. Estende, ainda, o conceito a vários setores e criações que vão desde mercadorias, como camisetas, até comunidades científicas amadoras. O que há em comum a todas elas é a forte dependência da infraestrutura de

comunicação. Não é de estranhar, portanto, que todas encontrem melhor sustentação na internet. As Wikis são bons exemplos. Brabham, que compreende o *crowdsourcing* como a implementação de uma teoria democrática deliberativa, visualiza seu crescimento através da participação pública em programas de urbanização, saúde, educação e segurança, dentre outros. Ainda que não represente um modelo de desenvolvimento idêntico ao do *crowdsourcing* (BRABHAM, 2013, p. 6), os softwares livres também podem ser citados como exemplos de construções coletivas a partir de comunidades reunidas em torno de propósitos comuns, e que têm demonstrado expressivo crescimento.

A pesquisadora americana Tricia Wang, em seus trabalhos voltados para a compreensão das comunidades virtuais de compartilhamento e inovação (WANG e KAYE, 2011) e em defesa das questões etnográficas para análises de estratégia de mercado (WANG, 2013), critica as análises puramente quantitativas em detrimento de análises etnográficas qualitativas, que envolvem aspectos culturais. Segundo ela, os modelos matemáticos que se voltam ao *Big Data* e que tomam por base somente normalizações, padronizações e agrupamentos, deslocam-se dos reais contextos. A meu ver, podemos inferir que muitas criações corporativas no passado tomaram por base dados meramente quantitativos para criação de produtos e processos, aos quais só restou às pessoas a escolha por uma adaptação inconsciente.

A teoria crítica da tecnologia possibilita pensar sobre o valor de nossas escolhas tecnológicas, mas dependeria de intervenções democráticas em seus processos de construção e de implementação. Segundo Feenberg, a esfera pública parece estar se abrindo lentamente para abranger assuntos técnicos que eram vistos antigamente como esfera exclusiva dos peritos. E questiona: essa tendência pode continuar a ponto de a cidadania envolver o exercício de controle humano sobre a estrutura técnica de nossas vidas? (FEENBERG, 2003, p. 11).

Dagnino (2008, p. 114) interpreta que a Escola de Frankfurt, ainda que tenha sido radical em sua crítica à tendência da tecnologia moderna

para acumular e centralizar os poderes de controle sobre a natureza, não ofereceu critérios para reprojeter a tecnologia, já que, ao mesmo tempo que nega a conveniência de um retrocesso tecnológico, não sugere nenhuma pista do que seria um futuro tecnológico melhor. Ele compreende que a Teoria Crítica da Tecnologia, de Feenberg, destaca aspectos conceituais que foram ignorados pela Escola de Frankfurt, partindo da ideia de que a tecnologia não implica simplesmente no controle racional da natureza, e afirmando que seu desenvolvimento e seu impacto são intrinsecamente sociais. Para ele, o contexto da tecnologia deve ser considerado um elemento condicionante de sua evolução.

Feenberg reconhece que seus apontamentos têm um caráter moderado com relação à temática. Os casos que toma por base têm em comum a eficácia do envolvimento dos utilizadores na dinâmica da introdução e do desenvolvimento de sistemas novos e complexos. Ele mesmo questiona-se até onde o sistema tecnológico pode evoluir para uma configuração mais democrática na medida em que este enviesamento é desafiado a partir de baixo. Entende, ainda, ser necessário adequar nossa concepção padrão de política, estendendo-a para além das redes técnicas. Também entende que a teoria política não se ajustou a essa nova realidade, já que para além de não conseguir promover sequer as intervenções democráticas, não tem habilidade para considerar as implicações antidemocráticas de certos projetos tecnológicos. (FEENBERG, 2015, p. 58).

Seu otimismo tem base na própria autonomia operacional da dominação. Na interpretação de Cupani (2017) sobre este ponto de vista de Feenberg, é precisamente a constatação de limitações e deformações o que pode estimular movimentos políticos transformadores. Essa esperança fundamenta-se no fato de que a hegemonia do código técnico do capitalismo não pode impedir que haja iniciativas contrárias, já que a sociedade poderia ser comparada não apenas a uma máquina como também a um jogo, em que as estratégias de domínio que preservam a autonomia operacional são contestadas por táticas dos dominados ao

aproveitem suas margens de manobra.

A complexidade aumenta na medida em que essas implicações antidemocráticas, por vezes, são apresentadas de maneira camuflada, escondidas e protegidas por chamadas “razões técnicas”.

[...] o uso de razões técnicas para justificar o que na realidade são relações de força é um acontecimento comum em nossa sociedade. Considerações ligadas à eficiência são invocadas para impedir que temas incômodos cheguem à agenda de discussão pública. Assim, a virtual impossibilidade de que em nossa sociedade os ambientes de trabalho sejam avaliados segundo as normas da democracia e do respeito para com as pessoas faz com que nossa concepção dessas normas se torne vazia. (DAGNINO, 2008, p. 136).

A objeção a uma ênfase demasiadamente política nas intenções tecnológicas é também analisada por Cupani, que observa a possibilidade de uma deformação interpretativa que sempre levaria a ver aquilo que se desejaria ver, já que, segundo ele, enfatizar excessivamente a intenção política das tecnologias levaria ao descuido tanto das razões estritamente técnicas da produção tecnológica quanto da influência de outras motivações de ordem científica, religiosa, estética, econômica, etc.

As referidas críticas aconselham a desconfiar, acredito, das doutrinas que atribuem caráter político a toda e qualquer manifestação da tecnologia. A obsessão com um possível aspecto da realidade é cognitivamente prejudicial, como de resto qualquer obsessão. Contudo, vivemos numa sociedade em que a tecnologia é apresentada, simultaneamente, como algo neutro [...] e como algo positivo (na medida em que acena com a possibilidade de uma vida “melhor”).

Isso faz com que seja não apenas política como também filosoficamente conveniente suspeitar do seu compromisso com o poder, se não apressadamente e com relação a todo o conjunto do que denominamos tecnologia, ao menos no que tange a suas manifestações particulares. (CUPANI, 2017, p. 168).

### **Considerações finais deste capítulo**

O que questiono em complemento aos posicionamentos de Feenberg é se as pessoas sabem que a cidadania, muito presente nos discursos políticos, compreende, também, deveres e não somente direitos. Estariam as pessoas dispostas ao debate e dispostas a aceitar que também têm deveres? Observo, ao mesmo tempo, que a análise crítica da tecnologia demanda um mínimo de aproximação com as temáticas, na forma de aproximações culturais. Qual o nível de disposição que as pessoas teriam para implementar essas aproximações? Como a educação pode contribuir?

Há que se iniciar, de algum modo, o engajamento crítico no debate. Ainda que se possa compreender que mudanças democráticas demandem novas políticas e, antes disso, novas concepções políticas, tendo a não subestimar uma conscientização que se inicie na escola. O envolvimento pedagógico não está presente, diretamente, na obra dos autores. Mesmo que seja um assunto complexo, é necessário enfrentar e se envolver, e entendo que a contribuição de meu estudo pode se dar ao evidenciar o oportunismo deste momento em que podemos, desde cedo, colocar crianças e adolescentes em processos educativos de criação tecnológica, integrando às atividades pedagógicas construtivas algumas variáveis que levem em conta a relação da tecnologia com a natureza humana.

A respeito do conhecimento tecnológico, estão presentes nos discursos os interesses econômicos que o orientam, mas estão ausentes ou são de difícil constatação questões com respeito a um caráter de

imprevisibilidade evidentemente inerente a algumas tecnologias, como no caso da informática e das redes sociais. Nesses casos, o alcance e as possibilidades decorrentes dessas criações tecnológicas nunca foram previstos com precisão, o que permitiria gerar questionamentos quanto a serem ou não os produtos tecnológicos sempre orientados por interesses econômicos e voltados à manutenção das relações de poder. Os desdobramentos do desenvolvimento tecnológico nem sempre são previstos ou concebidos *a priori* pelo poder dominante. Esse controle passaria a ser feito *a posteriori*, quando fosse possível mensurar vantagens.

Alinho-me, portanto, com entendimentos de diferentes educadores contrários às propostas de inserção pontual dessas temáticas, como quando ocorrem, se ocorrem, em disciplinas isoladas, complementares e subvalorizadas, que promovem compreensões fragmentadas devido a seu isolamento de contexto.

O capítulo seguinte desta tese dedica-se a estudar um amparo epistemológico para a educação em ciências com tecnologias. Dentro dele, de maneira complementar à proposta de inserção de reflexões críticas sobre a tecnologia nas atividades educativas, pretendo destacar as relações entre ela e o conhecimento científico, valorizando, acima de tudo, um conhecimento que busque a formação de cidadãos protagonistas e cientes da importância das decisões democráticas.

#### 4 AMPARO EPISTEMOLÓGICO PARA A EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS COM TECNOLOGIAS

*A consciência racional do saber sobrevoa a consciência empírica. Ela determina o itinerário mais curto e mais instrutivo.*

*Gaston Bachelard*

O capítulo anterior procurou trazer para o debate as questões filosóficas com relação às tecnologias e seus processos de criação. Procurei posicionar-me a favor de uma tecnologia democrática e humana, de maneira alinhada ao que propõe os autores consultados. Entendo que para além de toda a complexidade de implantação de processos democráticos, não se poderá alcançar uma efetiva participação dos cidadãos se estes se mantiverem inertes aos esforços de mudança.

Dada a estreita ligação entre ciência e tecnologia, entendo o acesso ao conhecimento científico como a única forma de suprir um indivíduo com as capacidades necessárias para atuar crítica e pró-ativamente frente a essas mudanças. Um acesso e uma construção de conhecimento no sentido de uma apropriação cultural, que, como propõe Angotti (1991), constitua uma formação cultural ampla e aberta, que busque um saber crítico histórica e socialmente determinado, e que conceba o conhecimento básico em ciência e tecnologia como instrumento cultural.

Antes de entrar no tema deste capítulo e das questões que me levam a abordar a Filosofia da Ciência, quero trazer algumas preocupações atuais acerca da educação científica e tecnológica. Para a primeira contribuição, tomo por base os estudos de Nudelman (2017), que preconizam a urgência de transformação na educação em ciências na Argentina, país próximo cultural e economicamente ao Brasil. Para a segunda contribuição, já bem mais voltado ao enfoque computacional que, queira ou não, acabo impondo a esta pesquisa, trago o conteúdo de uma notícia veiculada na versão eletrônica do jornal *The New York Times*, intitulada “Como o Vale do Silício levou à sala de aula a

programação de computadores”<sup>45</sup>. Esta, por sua vez, oriunda de um veículo de comunicação americano que, sabemos, muito influencia cultural e economicamente países latino-americanos como a Argentina e o Brasil.

Bastante atual, o artigo de Norma Nudelman expõe questões frente as quais estamos expostos e que representam verdadeiros desafios: crescimento populacional e seus desdobramentos para a saúde, segurança alimentar, acesso à água potável, mudanças climáticas, energia e agricultura sustentável, bem como os objetivos globais estabelecidos em setembro de 2015 pelas Nações Unidas para o período compreendido entre os anos de 2016 e 2030, com vistas a diminuir a pobreza, a proporcionar saúde e educação de qualidade para todos, à igualdade de gênero e ao acesso à capacitação para garantia de emprego, constituindo-se como verdadeiros desafios para a educação em ciências. Ela preconiza que tal mudança radical passa por alterações metodológicas e desenvolvimento sustentável. Reporta que é comum professores reclamarem da falta de interesse por ciência que seus alunos demonstram, por não ser uma ciência relevante já que são fascinados pelos avanços tecnológicos como computadores, celulares, tablets e games, ou seja, não percebendo que o ensino de ciências que recebem na escola esteja conectado com os temas de sua vida diária.

Nudelman evidencia alguns avanços com relação a agências de financiamento de pesquisas americanas e europeias, como a *National Science Foundation*, dos Estados Unidos, o *Higher Education Funding Council* do Reino Unido e o programa *Horizon 2020*, vinculado à União Europeia, que, segundo expõe, buscam "formas inovadoras de conectar a ciência com a sociedade", até mesmo barrando, a partir de então, projetos de investigação científica que não demonstrem contribuição efetiva para a sociedade e suas conexões com a cultura e com os educadores em ciências.

45 Disponível em:

<<https://www.nytimes.com/2017/06/27/technology/education-partovi-computer-science-coding-apple-microsoft.html>>. Acesso em: 04 jul. 2017.



Já na segunda contribuição, na reportagem americana, há um claro esforço por parte de educadores e da indústria da informática em defesa do ensino de computação nos Estados Unidos, mais precisamente em defesa do ensino da programação de computadores desde a fase que, para eles, equivale aos anos iniciais do ensino fundamental brasileiro. Por um lado, representantes da indústria se preocupam em garantir a oferta de profissionais qualificados que possam dar continuidade ao desenvolvimento tecnológico que consiste no cerne de seus próprios negócios, argumentando que a demanda, atualmente, só consegue ser suprida pelo grande número de estrangeiros dentro da área tecnológica que trabalham naquele país. Defendem, assim, que a programação de computadores deveria ser encarada como um direito dos estudantes para que, no mínimo, possam ter condições de decidir por seguirem uma carreira na área tecnológica ou não. A crítica advém de educadores do próprio país, preocupados com o nível de influência que a indústria tecnológica possa ter sobre a estruturação dos currículos escolares.

Ainda que o artigo de Nudelman não chegue a mencionar explicitamente as novas tecnologias pedagógicas, e que a reportagem americana não chegue a tocar nos aspectos sociais relevantes a qualquer tipo de evolução tecnológica, ambos os conteúdos estão fortemente conectados. Reservo nesta tese um capítulo específico para fazer a defesa dessas novas possibilidades pedagógicas para a educação em ciências, e explicarei como a programação de computadores está tão relacionada com isso.

Por ora, na construção do que defendo, chamo a atenção para a convergência que visualizo entre as duas preocupações: de um lado, o levantamento das consequências sociais e éticas dos avanços tecnológicos, e de outro a real carência por profissionais qualificados para a atividade tecnológica. Se há, por um lado, uma demanda “urgente” por mudança na forma como a educação em ciências é realizada, e há, por outro, uma considerável carência de mão de obra qualificada, parece-me que a escola representa o local correto para

iniciar qualquer processo de mudança, e, dentro dela, a educação científica e tecnológica apresenta-se como o ponto de convergência de ambos os lados. Compreendo-a como sendo a atividade com melhores condições para tratar de ambos os aspectos que são os alicerces para o enfrentamento dos desafios futuros da humanidade, e que possuem igual importância: o avanço científico e a construção democrática da tecnologia.

No viés da análise curricular para o ensino de ciências, Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002) trazem dois exemplos com base no pensamento de Maddox (1999) acerca das relações entre ciência e tecnologia. Os autores explicam primeiramente que, no que concerne à escala microscópica, especificamente à área da genética molecular, cuja produção de conhecimento se associa ao necessário uso do computador, pesquisas sobre o mapeamento genético nem estariam sendo realizadas na ausência deste instrumento, o computador, em sua condição de produto tecnológico concebido com base em conhecimentos oriundos da ciência básica, que, dentre outras contribuições, permitiu a produção de constituintes compactados que compõe os microprocessadores. Em seu segundo exemplo os autores afirmam que, na escala macrocômica, o uso na órbita terrestre de radiotelescópios e telescópios, em suas condições equivalentes de instrumentos de pesquisa que igualmente incorporam conhecimentos científicos contemporâneos para suas concepções e construções, têm permitido significativos avanços na produção de conhecimentos sobre o comportamento do universo. Assim posto, concluem que "essa relação entre a ciência e a tecnologia, aliada à forte presença da tecnologia no cotidiano das pessoas, já não pode ser ignorada no ensino de ciências, e sua ausência aí é inadmissível". (DELIZOICOV, ANGOTTI e PERNAMBUCO, 2002, p, 68).

Se recai ao professor a incumbência de suprir o aprendizado de tais demandas futuras através da educação, nada melhor que essas demandas por conhecimento sejam tratadas com igual intensidade e desde o começo, aproveitando a incipiência desses novos processos de aprendizagem baseados em novas tecnologias educativas, muitos deles

fazendo uso da programação de computadores. Reconheço as novas tecnologias de prototipagem eletrônica, que geralmente se apresentam na forma de projetos de robótica educativa, como sendo não as únicas, mas fortes aliadas dos docentes para avançar com vistas a uma “ciência relevante”, do ponto de vista do aluno, dando espaço a metodologias de construção dos conhecimentos científicos e tecnológicos de forma coletiva, democrática e unificadora.

Quero trazer, ao final deste estudo, propostas que possibilitem entender que tanto a construção quanto a programação de protótipos tecnológicos, além de terem estreita ligação com o conhecimento científico escolar, são acessíveis cognitivamente tanto ao professor quanto ao aluno, não representando, necessariamente, um conhecimento em si mesmos, podendo ser utilizados para a construção de outros conhecimentos.

#### 4.1 A CONTRIBUIÇÃO BACHELARDIANA

Preocupa-me a forma como o professor compreenderá as relações entre o conhecimento científico por ele abordado e a utilização das referidas tecnologias. Entendo que pode haver dificuldade no estabelecimento de tais relações ou certa indução pragmatista, uma vez que a implementação de um artefato eletrônico na forma de um protótipo pode ser entendida pelo aluno como uma exemplificação prática do porquê do conhecimento científico, conhecimento este que é bem mais amplo e abstrato do que somente restrito e prático (ou concreto).

Tal complexidade conceitual encontra suporte no pensamento e na concepção de ciência de Gaston Bachelard. Estabeleço daqui até o final deste capítulo algumas razões para tomá-los como base para o que defendo, bem como para dar suporte aos docentes em suas práticas pedagógicas. Entendo que suas concepções e categorias teóricas permitem que o professor enfrente esses desafios de uma maneira segura. Alguns autores estudiosos de Bachelard também reconhecem

uma estreita ligação entre a pedagogia e a sua filosofia. Lopes (1993) explica que

ainda que não tenha se dedicado a escrever nenhum livro tratando especificamente da educação, Bachelard, em toda a sua obra, apontou, de forma assistemática, para a questão do ensino. Sua preocupação pedagógica diante dos problemas científicos em vários momentos se faz presente, fruto inclusive da sua própria vivência docente, revelando-se explícita quando afirma se considerar mais professor que filósofo. (LOPES, 1993, p. 324).

Também constata-se na obra de Bachelard um significativo alinhamento com o que se busca atualmente em termos de aprendizagem científica. No trecho a seguir, extraído de sua obra de 1938 intitulada “A formação do espírito científico”, pode-se identificar uma visão essencialmente preocupada com a educação científica, levantando questões epistemológicas perante a atitude dos docentes e dos educandos frente ao conhecimento, bem como preocupando-se com o caráter social, colaborativo e crítico da formação.

Seria preciso incitar os jovens, como grupo, à consciência de uma **razão de grupo**, ou seja, ao instinto de **objetividade social**. [...] Em outros termos, para que a ciência objetiva seja plenamente educadora, é preciso que seu ensino seja **socialmente ativo**. [...] O princípio pedagógico fundamental da atitude objetiva é: quem é ensinado, deve ensinar. Quem recebe instrução e não a transmite terá um espírito formado sem dinamismo nem **autocrítica**. Nas disciplinas científicas principalmente, esse tipo de instrução cristaliza no dogmatismo o conhecimento que deveria ser um impulso para a **descoberta**. Além disso, não propicia a experiência psicológica do **erro** humano. (BACHELARD, 1996, p. 300, grifos meus).

Bachelard, que dedicou-se em profundidade aos estudos da Física, da Química e da Matemática, evidenciou ainda em sua obra o caráter interdisciplinar do conhecimento científico, constituindo-a como um discurso epistemológico para além de seu tempo, tornando-o adequado para dar suporte a uma educação científica atual e aberta à integração de novos recursos.

Reconhecendo a interdisciplinaridade como contribuição imprescindível para a reflexão e o encaminhamento de soluções às dificuldades atinentes ao ensino e à pesquisa, Silva (2007) também identifica que apesar da existência de inúmeros esforços teóricos nesse sentido, a problemática ainda está aberta a novas contribuições. Busca, para tanto, uma nova via de reflexão inter-relacional para a compreensão de como opera a ciência, atento para a pedagogia por trás da inter-relação dos saberes científicos, e entende que para ser coerente com o pensamento de Bachelard

não se pode pensar adequadamente a ciência pedagógica sem pensar a pedagogia das ciências. Ou seja, não se pode pensar o ensino de ciências senão de forma colada ao movimento de constituição da própria ciência: a construção da própria ciência é já uma construção pedagógica. Portanto, não se trata de uma postura pedagógica que antecede a ciência, tampouco que venha em decorrência dela. Trata-se, sim, de conceber a ciência como uma forma de racionalidade, uma postura relacional - do homem com o mundo e com os outros homens - essencialmente pedagógica, construtiva, realizante. (SILVA, 2007, p. 21).

Por considerar os processos e resultados científicos como necessariamente recorrentes e sob constante revisão, Silva explica que é preciso ter claro que tais processos de revisão e de revisitação de saberes, em nível epistemológico, efetivados pelos cientistas, e em nível

pedagógico, efetivados na escola, sofrem desdobramentos e dinâmicas bastante distintos, cabendo a esse respeito destacar que o fundamental para a escola não é repetir os processos científicos, mas compreendê-los, questioná-los e, muitas vezes, retificar e integrar seus valores nas práticas pedagógicas, os quais não são e nem poderiam ser transpostos mecanicamente de um processo para outro. (SILVA, 2007, p. 135). Ele complementa, afirmando com relação à ciência, que

há uma postura e um fazer pedagógico *inerente*, intrínseco, à processualidade das construções científicas, e que, ao invés de sugerir - ou dela podermos apenas derivar - ela *instaura e exige* uma postura pedagógica adequada e condizente com os processos de socialização, tematização e crítica dos saberes por ela construídos. (SILVA, 2007, p. 163, grifos do autor).

Portanto, as características interdisciplinares e pedagógicas presentes na epistemologia histórica de Bachelard, já se constituem, parcialmente, em razoáveis justificativas para a sua escolha como base teórica para apoiar a natureza pedagógica e científica desta tese. Porém, se devemos reconhecer a importância da práxis pedagógica e esse reconhecimento faz eco ao discurso de Bachelard, é pertinente defender que se deva, durante a atividade docente, estar também em sintonia com a sua concepção de ciência. A seção seguinte dedica-se a apresentar o pensamento epistemológico de Bachelard e a sua concepção de ciência, e a refletir sobre a relevância de sua racionalidade científica para uma práxis pedagógica alternativa.

## 4.2 A EPISTEMOLOGIA E A CONCEPÇÃO DE CIÊNCIA DE GASTON BACHELARD

Não pretendo, porém, apresentar aqui o pensamento de Bachelard em sua amplitude. Encontramos isso no trabalho de outros autores que, através de livros e artigos, já apresentam sua obra e seu pensamento. Em vez disso, no viés de meu trabalho em defesa de uma aproximação entre

os docentes e as novas tecnologias pedagógicas, darei preferência ao estudo de algumas categorias bachelardianas em específico, que entendo serem suficientemente alinhadas ao meu esforço em defesa de tal aproximação. Se defende-se que o pensamento docente deve se afastar de uma visão que compreende a tecnologia como neutra, é necessário entender que os argumentos para esse afastamento devem recorrer às compreensões sobre o que é a ciência e às reflexões quanto aos processos de construção do conhecimento, que são fortemente dependentes dos sentidos humanos. Estes, na condição de servirem como uma interface entre o ser humano e o mundo concreto, favorecem-nos em muitos aspectos e prejudicam-nos em outros.

Podemos começar com a análise da crítica de Bachelard ao empirismo. O empirismo é naturalmente um formador de opinião, e, na construção de sua visão de ciência, Bachelard (1996) critica fortemente a opinião, ao entendê-la como uma tradução de necessidades em conhecimentos. Ao designar os objetos por suas utilidades, a opinião configura-se como um primeiro obstáculo a ser superado com vistas ao conhecimento objetivo. Ainda, se em determinadas situações a ciência legitimar uma opinião, ele afirma que será por motivos diversos daqueles que deram origem à opinião. Entende que, em primeiro lugar, é preciso saber formular os problemas, proibindo o espírito científico de emitir uma opinião sobre questões que não compreende.

E, digam o que disserem, na vida científica os problemas não se formulam de modo espontâneo. É justamente esse *sentido do problema* que caracteriza o verdadeiro espírito científico. Para o espírito científico, todo conhecimento é resposta a uma pergunta. Se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico. Nada é evidente. Nada é gratuito. Tudo é construído. (BACHELARD, 1996, p. 18, grifo do autor).

A construção científica a que Bachelard se refere já aponta uma visão de ciência que, conforme escreve Lopes (1996), não descreve os

fenômenos, e sim, produz seus próprios fenômenos, com instrumentos mediadores construídos por um duplo processo instrumental e teórico. Daí a caracterizar-se a ciência como um empreendimento humano. Perceber a natureza como à disposição da ciência para se chegar a um conhecimento absoluto denota uma interpretação dogmática.

A mediação instrumental para a produção de fenômenos da ciência faz emergir uma categoria bachelardiana que recebeu do autor o nome de fenomenotécnica. Em Bachelard (1977; 1996; 2000) várias passagens explicam a emersão de uma fenomenotécnica como uma técnica do agir cientificamente no mundo, para além das limitações conceituais construídas visualmente, e com vistas a promover a existência de fenômenos não oriundos da própria natureza. Ele entende que a ciência constrói seus objetos. Que nunca ela os encontra prontos. “A fenomenotécnica prolonga a fenomenologia. Um conceito torna-se científico na proporção em que se torna técnico, em que está acompanhado de uma técnica de realização.” (BACHELARD, 1996, p. 77).

Além disso, para Bachelard um fenômeno científico é verdadeiramente **configurado**, e reúne um complexo de experiências que não se encontram efetivamente *configuradas na natureza*, o que o faz sugerir o estudo sistemático da **representação** como o intermediário mais natural para determinar as relações entre o número e o fenômeno. (BACHELARD, 1977, p. 44, grifos meus). Em eletricidade, uma corrente alternada mantida não é um fenômeno, mas sim, uma técnica de organização do fenômeno, fazendo emergir uma distinção entre fenomenologia e fenomenotécnica e adquirindo sua realidade em decorrência de sua própria organização. (BACHELARD, 1977, p. 195).

Silva (2007, p. 94) explica que, para Bachelard, todo fenômeno, para o espírito científico contemporâneo, é um momento do pensamento teórico, um estágio do pensamento discursivo, ou, em síntese, um resultado preparado, não dado, mas construído, processo este em que há mais produção do que indução. O real da ciência, então, é aquele



produzido através de métodos e técnicas racionais. Silva conclui que, antes de tudo, a ciência contemporânea é uma forma de racionalidade que constrói seus saberes a partir de sucessivas aproximações e não pela posse do dado imediato, já que, segundo Bachelard, precisamos impor uma regra metodológica segundo a qual

nenhum resultado experimental deve ser enunciado de um modo absoluto, separando-o das diversas experiências que permitiram obtê-lo. É mesmo necessário que um resultado preciso seja indicado na perspectiva das diversas operações que, inicialmente imprecisas, depois melhoradas, conduziram a esse resultado. Nenhuma precisão é claramente definida sem a história da imprecisão primeira. Em particular, no que se refere ao problema que presentemente nos ocupa, nenhuma afirmação de pureza pode ser desligada do seu critério de pureza e da história da técnica de purificação. Queiramos ou não, não é possível instalarmo-nos imediatamente numa investigação de segunda aproximação. (BACHELARD, 1978, p. 43).

Para além da conceituação de um instrumento como algo visível e palpável, Bachelard explica que, na produção de fenômenos científicos, e tomando-se por base os cristais encontrados na natureza<sup>46</sup>, ainda que os mesmos apresentem formas exteriores bem regulares, raramente têm a regularidade íntima desejável. Processos que visem à obtenção de um cristal ideal produzem uma matéria dotada de características geométricas, dispondo-se, a partir de então, de uma geometria materializada. Segundo ele, um cristal criado em laboratório não é mais um **objeto**, é um instrumento. Um aparelho no qual se realiza uma

46 No caso em questão, Bachelard utilizava-se de exemplos da Piezoelectricidade com vistas a evidenciar a importância de um racionalismo organizador da técnica. Estudos recentes já investigam a ocorrência da Piezoelectricidade até mesmo em materiais biológicos. (GUERIN, 2017).

**operação.**

Mais exatamente, no próprio estilo em que os matemáticos falam de *operador*, o cristal, tecnicamente constituído, é um *operador* de fenômenos. Ele opera *com segurança*, com garantias de exatidão que se pode obter de um instrumento mecânico bem estudado e bem construído. (BACHELARD, 1977, p. 232, grifos do autor).

Num viés tecnológico, com relação a instrumentos e procedimentos, Cupani (2017, p. 180) analisa que, ao serem entendidos como inovações, podem chegar até mesmo a ocasionar revoluções científicas. O autor cita Davis Baird, o qual menciona o caso da transformação pela qual passou a química analítica do século XX, saindo da análise qualitativa que identifica as substâncias pela separação dos seus componentes para a análise quantitativa que as identifica por suas propriedades físicas mediante diversos instrumentos e procedimentos (espectrofotometria, difração de raios X, polarografia, etc). Baird explica que o desenvolvimento desses recursos e não uma mudança de teoria foi o responsável por uma revolução na química analítica, pois a própria índole da atividade foi transformada.

É constante na obra de Bachelard a defesa de uma busca pelo abstrato, caracterizando nossos sentidos e nossas primeiras impressões deles oriundas como verdadeiros obstáculos a serem superados a caminho do conhecimento científico. O papel do instrumental tecnológico em direção ao conhecimento objetivo é exemplificado por ele quando, didaticamente, explica que deslocar um objeto por um milímetro sobre uma mesa não corresponde a uma operação científica. A operação científica começaria na decimal seguinte, pois

Para deslocar um objeto de um décimo de milímetro, é preciso um aparelho; logo, um corpo de técnicos. Se prosseguirmos até as decimais

seguintes, se procurarmos, por exemplo, saber a largura de uma franja de interferência e determinar, pelas mensurações conexas, o comprimento de onda de uma radiação, então precisamos não apenas de aparelhos e de conjuntos de técnicos, mas, ainda, de uma teoria e, por conseguinte, de uma Academia de Ciências. O instrumento de medida acaba sempre sendo uma teoria, e é preciso compreender que o microscópio é um prolongamento mais do espírito que do olho. Assim, a precisão discursiva e social destrói as insuficiências intuitivas e pessoais. Quanto mais apurada é a medida, mais indireta ela é. (BACHELARD, 1996, p. 296).

Se é a ciência que produz seus próprios fenômenos mediados pela técnica, não se deveria pensar de forma similar na educação em ciências? Se não é possível, conforme Silva (2007), pensar o ensino de ciências de forma separada do movimento de constituição da própria ciência, não seria relevante lançar mão de instrumental científico-pedagógico na atividade educativa? Entendo que a resposta seja sim para as duas perguntas formuladas, e que, ainda que deixe claro minha defesa pela adesão às novas tecnologias pedagógicas disponíveis, resgatarei nas seções seguintes alguns conceitos do próprio Bachelard que servirão de guia para qualquer atividade de aprendizagem dessa natureza, evidenciando a necessidade de nos mantermos, como docentes, em constante vigilância epistemológica em nossos processos educativos, a fim de evitar excessos. Essa atitude metacognitiva é defendida pelo autor quando explica que só se está verdadeiramente instalado na filosofia do racional quando se compreende que se compreende, e quando se pode denunciar com segurança os erros. (BACHELARD, 1977, p. 92).

#### 4.3 OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS

Os obstáculos ao conhecimento objetivo têm papel relevante quando se trata de compreender o pensamento epistemológico de Bachelard. São

referenciados, por vezes, como obstáculos epistemológicos. Segundo ele próprio, constituem-se como “indispensáveis para compreender os valores polêmicos do racionalismo” (BACHELARD, 1977, p. 22), e são abordados em sua obra de forma predominantemente histórica. Aliás, o caráter histórico é marcante em sua filosofia, e configura toda a argumentação de que o conhecimento científico avança através de rupturas, e não de forma contínua. Em função disso, o pensamento de Bachelard pode encontrar resistências perante as concepções de conhecimento do senso comum. É até mesmo esse próprio caráter histórico que pode ser usado, pelo senso comum, como justificativa de continuidade do conhecimento. Como bem explica Lopes (1996), Bachelard analisa que, em função dos progressos científicos serem lentos, o senso comum interpreta que um conhecimento científico parte de um conhecimento comum e se transforma lentamente, e quanto maior a lentidão, mais ficam mascaradas as rupturas do conhecimento, e, por consequência, mais é defendida a ideia de progresso contínuo. Entre o conhecimento comum e o conhecimento científico há ruptura, a ponto de, conforme Bachelard (1990), os dois tipos de conhecimento não poderem ter a mesma filosofia. Segundo ele, o empirismo seria a filosofia que convém ao conhecimento comum, onde encontra sua raiz, suas provas, seu desenvolvimento. Por outro lado, o conhecimento científico seria solidário com o racionalismo, e, querendo ou não, o racionalismo está ligado à ciência, reclamando fins científicos e voltando-se à organização das técnicas.

O esforço filosófico que tentamos, insistamos sempre, a propósito de todos os nossos exemplos, consiste precisamente em dar à organização racional a sua independência com respeito à história. Todo pensamento humano pode felizmente ser refeito; o racionalismo recomeça, a cada descobrimento novo, todo o seu pensamento. Ele não ignora sua própria história, mas ele a reescreve, ele a reorganiza para descobrir sua verdadeira eficácia. (BACHELARD, 1977, p. 228).

A diferenciação entre conhecimento de senso comum e conhecimento científico que Bachelard evidencia é necessária para iniciar uma compreensão acerca de outros obstáculos epistemológicos por ele levantados. Como explica, “é preciso, pois, aceitar uma verdadeira ruptura entre o conhecimento sensível e o conhecimento científico”, e perceber que “as tendências normais do conhecimento sensível, cheias como estão de pragmatismo e de realismo imediatos, só determinam um falso ponto de partida, uma direção errônea.” (BACHELARD, 1996, p. 294).

Os obstáculos epistemológicos apoiam-se, com efeito, sobre o empirismo do senso comum e sobre os sentidos humanos. Derivam daí as generalizações igualmente aprisionantes e igualmente por Bachelard criticadas. Ele nos alerta sobre os perigos de se seguir generalizações de primeira vista, as quais sucedem o fascínio de uma observação particular e colorida, determinando um espírito científico entravado já na origem. (BACHELARD, 1996, p. 25). E como bem coloca Popper (1980), em vez de esperarmos passivamente que as repetições nos imponham suas regularidades, procuramos de modo ativo impor regularidades ao mundo, tentando identificar similaridades e interpretá-las em termos de leis que inventamos, e sem nos determos em premissas, damos um salto para chegar a conclusões.

Bachelard, porém, não se detém a criticar as generalizações. Estende os perigos das generalizações às analogias, às imagens e às metáforas, afirmando que contra elas o espírito científico deve lutar. Constituem-se em barreiras no caminho para o abstrato. Porém, abrir mão de analogias, imagens e metáforas não é tarefa fácil. O trabalho de Gweon e Schulz (2011) aponta que crianças, com apenas 16 meses de idade, já criam inferências a partir de estatísticas oriundas da observação, tomando por base mínimas quantidades de dados. Fazem isso com vistas a dar suporte a uma ação racional, de maneira consistente com modelos formais de indução causal. Hoffman, Singh e Prakash (2015), ao estudar nossa percepção da realidade, defendem que reconstruímos tudo aquilo que

vemos a cada momento. Em seus modelos computacionais, organismos com melhor percepção de realidade acabam extintos ao competirem com outros organismos com menos poder de percepção, porém mais aptos. Suas conclusões são que, em nossa condição evolutiva, desenvolvemos a visão não de forma a melhor percebermos a realidade, mas sim, com vistas a melhor nos adaptarmos a ela. Nosso cérebro, a exemplo da interface de um computador, esconderia a complexidade por detrás da realidade assim como a tela de um computador esconde a complexidade por detrás da interface, ou seja, não necessitamos ver ou programar os componentes de hardware ao digitarmos um texto ou ao acessarmos a internet.

Ao reconhecermos como relevantes na construção de nosso conhecimento as questões evolutivas, pelas mesmas razões apresentadas por Hoffman, Singh e Prakash (2015) quanto a nossa percepção de realidade, e também ao compreendermos nossa tendência a desde cedo produzir generalizações com vistas a melhor conhecer o mundo que nos cerca, conforme o trabalho de Gweon e Schulz (2011), fica evidente a complexidade de qualquer processo educativo que vá contra essas nossas tendências naturais evolutivas.

As críticas às analogias também merecem reflexão. Em diversas passagens em que Bachelard persegue as analogias, elas têm um caráter conclusivo e generalizante. Para exemplificar, tomemos por base um primeiro exemplo, em que dirige sua crítica à conclusão de M. Retz, em obra de 1785 intitulada *Fragments sur l'électricité humaine*.

Retz, ao constatar que não se dispõe de um instrumento para avaliar a quantidade de fluido elétrico contido no corpo humano, foge à dificuldade dirigindo-se ao termômetro. A relação entre as entidades eletricidade e calor logo é encontrada: *‘Como a matéria elétrica é considerada semelhante ao fogo, sua influência nos órgãos dos corpos vivos deve provocar calor; a maior ou menor elevação do termômetro*

*encostado à pele vai, portanto, indicar a quantidade de fluido elétrico do corpo humano.* E eis toda uma argumentação deturpada; esforços às vezes engenhosos levam enfim o autor a conclusões ingênuas como esta: *‘Na famosa retirada de Praga, o inverno rigoroso privou muitos soldados de eletricidade e de vida; os outros se salvaram porque os oficiais tiveram o cuidado de estimulá-los, com pancadas, a andar e, por conseguinte, a se eletrizar.’* (BACHELARD, 1996, p. 269, grifos meus).

Em um segundo exemplo, em que se volta aos historiadores da química, afirma que os mesmos estudaram detidamente teorias que, na Idade Média e no Renascimento, foram baseadas em amplas analogias. Ele afirma que

Em particular Hélène Metzger reuniu, em livros muito documentados, tudo o que se refere às analogias paracelsistas. Mostrou que elas estabeleciam analogia entre os astros e os metais, entre os metais e as partes do corpo. Daí, uma espécie de triângulo universal que une o Céu, a Terra e o Homem. Nesse triângulo dão-se ‘correspondências’ ultrabaudelairianas em que as fantasias pré-científicas se transpõem sem fim. Tal trilogia é tão convincente que há quem nela confie para o tratamento das doenças: ‘A cada doença no homem, a cada desarmonia acidental de um órgão, o remédio apropriado é o metal correspondente ao planeta análogo ao órgão doente’. Será preciso dizer que tais *analogias* não ajudam nenhuma pesquisa? Ao inverso, provocam *fugas* de ideias; impedem a *curiosidade homogênea* que faz com que a paciência siga uma sequência de fatos bem definida. (BACHELARD, 1996, p. 109, grifos do autor).

Sua atitude de ponderação perante o uso de analogias se dá ao reconhecê-las, inclusive, como esclarecedoras de ideias abstratas. Então, reconhece que, de maneira justa,

a ciência moderna serve-se da analogia da bomba para *ilustrar* algumas características dos geradores elétricos; mas é para tentar esclarecer as ideias *abstratas* de diferença de potencial, de intensidade da corrente. Percebe-se aqui um nítido contraste de mentalidades: na mentalidade científica, a analogia hidráulica entra *depois da* teoria. Na mentalidade pré-científica, ela entra *antes*. (BACHELARD, 1996, p. 109, grifos do autor).

Além do mais, o próprio Bachelard, ao comparar diferentes perfis epistemológicos quanto às noções pessoais de massa e energia, não foge a uma analogia, pois afirma que “a parte obscura, o infravermelho do espectro filosófico da noção de energia, é muito diferente da parte correspondente do espectro da noção de massa” (BACHELARD, 1978, p. 27), propondo, mais adiante, uma “análise filosófica espectral”.

Assim sendo, a crítica bachelardiana às analogias coloca-se contra o pitoresco, contra as correlações de longo alcance, contra as generalizações que levam a rápidas conclusões. Silva (2007) explica que, para Bachelard, a Filosofia da Ciência, por ser uma filosofia aplicada, não pode conservar sua pureza e nem a unidade da filosofia especulativa, necessitando ser uma filosofia aberta, de muitas vias. Segundo ele, Bachelard nos esclarece que

na mais simples atividade científica, pode-se captar uma dualidade, uma espécie de polarização epistemológica que tende a classificar a fenomenologia sob a dupla rubrica do pitoresco e do compreensível; em outras palavras, sob a dupla etiqueta do realismo e do racionalismo. (SILVA, 2007, p. 58).



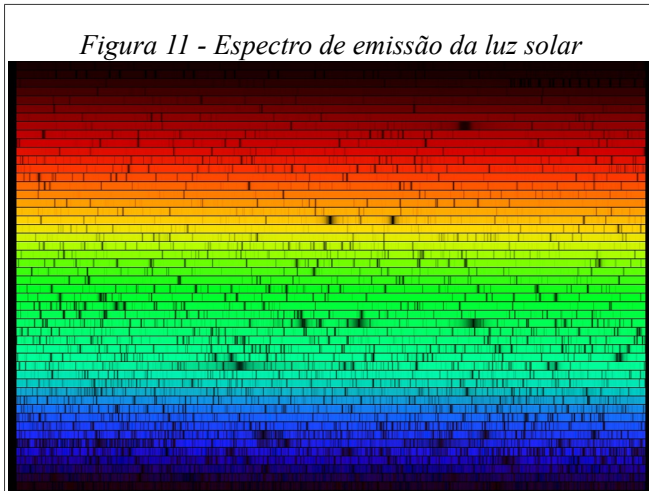
Nossas construções mentais também têm por base aquilo que é concreto, e não conseguimos fugir das analogias na busca por melhor conhecer. E em nossa atividade docente, então, podemos pensar, como recomenda Bachelard (1996), em passar continuamente da mesa de experiências para a lousa, a fim de extrair o mais depressa possível o abstrato do concreto, na busca por um equacionamento racional da experiência. A inexistência de limites bem definidos para o uso de analogias e metáforas deve colocar a atividade docente em vigilância constante.

Mas quero propor aqui o estudo de analogias extrínsecas aos processos de ensino. Vejamos, por exemplo, o caso das relações análogas como as estabelecidas por instrumentos científicos. Um exemplo de instrumento que estabelece uma relação análoga é o espectroscópio. Através dele, é possível estudar a radiação eletromagnética emitida ou absorvida por um corpo. Na Física e na Química, a espectroscopia nos fornece informações sobre as propriedades nucleares, atômicas e moleculares da matéria. A espectroscopia possibilitou a descoberta de inúmeros elementos químicos, e dela se desdobraram aplicações na indústria, na medicina e na astronomia<sup>47</sup>. Segundo Barros, Assis e Langhi (2016), não é exagero dizer que quase tudo o que sabemos sobre o universo se deve ao uso dessa técnica. As falhas no espectro de emissão da luz solar, evidenciadas pela presença de linhas negras (Figura 11), correspondem a uma representação análoga de sua constituição química. Tais falhas associam-se, por consequência, aos espectros de absorção de energia de elementos químicos presentes no sol.

Um espectro como o da Figura 11 corresponde, portanto, a uma outra forma de representação, estabelecida por uma relação análoga, da constituição química do sol. Dou preferência, aqui, ao uso da expressão “relação análoga”, apesar de também reconhecer o espectro apresentado

47 Fonte: Tópicos de Ciência e Tecnologia contemporâneas. Web Site. Disponível em: <<http://men5185.ced.ufsc.br/index.php?opcao=T55>>. Acesso em: 15 ago. 2017.

como uma outra forma de representação. Barros, Assis e Langhi (2016) também interpretam como “relações” as correspondências espectrais.



Fonte: *National Optical Astronomy Observatory*<sup>48</sup>

A **relação** entre a produção de espectros e a estrutura atômica da matéria, sobretudo para o caso do átomo de Hidrogênio, recebeu contribuições de diversos cientistas da época, dentre eles o físico dinamarquês Niels H. Bohr (1885-1962), cujo modelo pôde explicar a estrutura atômica da matéria, apesar de limitações. (BARROS, ASSIS e LANGHI, 2016, p. 8, grifo meu).

Prata (2011), no intuito de promover o ensino do espectro solar em espaços não formais, lança mão do que chama de analogia lúdica da espectroscopia, e compara, dessa maneira, o espectro solar com a impressão digital de uma cédula de identidade, na intenção de gerar

48 Disponível em: <<https://apod.nasa.gov/apod/ap150628.html>>. Acesso em: 16 ago. 2017.

questionamentos sobre o meio através do qual os astrônomos identificam os elementos químicos presentes nas estrelas.

Esclarecido o que compreendo por uma relação análoga, destaco a seguir a importância de compreendê-las desde cedo em função do advento de novas tecnologias educacionais. Como o hardware e o software de qualquer dispositivo computadorizado considera o sistema binário de numeração, entram em cena questões relativas às leituras analógicas e digitais. Conceitos em implementação como o da computação ubíqua e da internet das coisas são fortemente dependentes do uso de sensores eletrônicos, que representam a forma através da qual o dispositivo percebe o meio em que está inserido. Sensores para detecção de gases como o monóxido de carbono possuem uma camada de dióxido de estanho devido à sua alta condutividade elétrica e às suas altas estabilidades térmica, mecânica e química. É um óxido semiconductor cuja sensibilidade está intimamente ligada à mudança de sua condutividade elétrica, resultante da interação química ou física entre os gases e a sua superfície. (MACIEL et al., 2003). Alterações na condutividade elétrica, que implicam em alterações na resistividade do material, geram sinais de saída captados nas entradas analógicas das placas microcontroladas, e que precisam ser transformados em sinais discretos digitais. Assim, o intervalo de detecção do sensor é mapeado para um número que varia de acordo com a arquitetura da placa microcontroladora. Ou seja, para uma placa operando com 10 bits, temos um intervalo de leitura oriundo da conversão analógica/digital que varia entre 0 e 1023.<sup>49</sup>

Vejamus como exemplo um experimento montado com a placa Arduino que recebe através de uma porta de entrada analógica sinais oriundos de um sensor de monóxido de carbono. A Figura 12 mostra o circuito para a leitura de valores do sensor.

Procederemos programando o microcontrolador para fazer uma

49 São 1024 valores, incluindo o zero, pois  $2^{10}$  é igual a 1024, sendo o expoente 10 correspondente aos 10 bits em que a placa opera.



do sol e de sua atmosfera, e variações na resistividade elétrica de um componente químico em função da presença de um gás.

*Figura 13 - Experimento de detecção de monóxido de carbono em funcionamento*

The screenshot shows the Arduino IDE interface. On the left, the code for an MQ7 sensor is displayed. On the right, the serial monitor shows the output of the code, which consists of a series of sensor readings.

```

1 void setup() {
2   Serial.begin(9600);
3 }
4
5 void loop()
6 {
7   Serial.print("Valor lido do sensor: ");
8   Serial.println(analogRead(0));
9   delay(5000);
10 }
  
```

Serial Monitor Output (COM3):

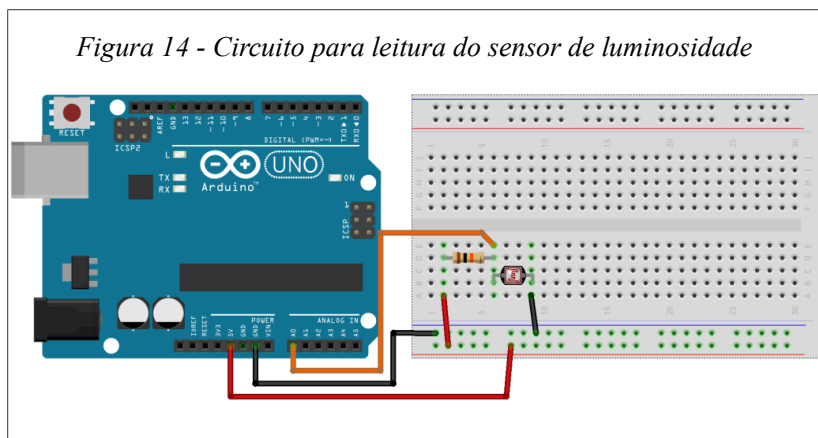
```

Valor lido do sensor: 36
Valor lido do sensor: 37
Valor lido do sensor: 36
Valor lido do sensor: 37
Valor lido do sensor: 37
Valor lido do sensor: 36
Valor lido do sensor: 36
Valor lido do sensor: 39
Valor lido do sensor: 493
Valor lido do sensor: 272
Valor lido do sensor: 285
Valor lido do sensor: 279
Valor lido do sensor: 230
Valor lido do sensor: 384
  
```

Fonte: elaborado pelo autor

Escolheu-se, a título de exemplificação, um experimento com sensor de monóxido de carbono por tratar-se de algo com maior relação ao ensino de ciências. Mas, ao tomarmos por exemplo robôs criados em atividades de robótica educativa, veremos que os mesmos fazem uso de sensores variados para que consigam cumprir seus propósitos: sensores de toque, sensores giroscópios, sensores de ultrassom, sensores de luminosidade, sensores de cor, sensores de rotação, e câmeras para processamento de imagens. O sensor de luminosidade (LDR - *light dependent resistor*) é outro exemplo de componente eletrônico que relaciona mudanças de resistividade elétrica com sua funcionalidade. Quanto mais luz incidir sobre ele, menor a resistividade da fotocélula. Tomemos um experimento com um sensor de luminosidade para uma segunda análise. A Figura 14 mostra o circuito para a leitura de valores do sensor. O resistor utilizado é de 10.000 ohms.

O programa também faz uma leitura do ambiente a cada 5 segundos, exibindo na tela do computador o valor obtido a partir da mesma porta de entrada analógica. No caso, o sensor de luminosidade iniciou com uma leitura igual a 1015, valor muito próximo do limite que a placa de 10 bits registraria (1023) na escuridão total, e, 30 segundos depois (7ª leitura), foi aproximado da luz solar ficando inclinado em direção ao sol, o que alterou significativamente os valores de retorno repassados pelo sensor (Figura 15). Atentar para o fato de que não precisa haver nenhuma alteração no programa escrito com relação ao experimento do sensor de monóxido de carbono caso o sensor de luminosidade seja conectado na mesma porta analógica (A0).



Fonte: elaborado pelo autor

Outros sensores que estabelecem relações análogas entre características elétricas e suas funcionalidades poderiam ser tomados como exemplo, mas nestes dois casos consegue-se demonstrar a importância de se valorizar tais relações e a facilidade de se criar experimentos para que essas relações sejam demonstradas. Segue-se agora com outras considerações relevantes voltando-se ao caso do experimento para detecção de monóxido de carbono, onde são muitas as possibilidades de aprendizagem.

Este simples experimento, de baixo custo e de fácil implementação, utiliza-se de conceitos de diferentes áreas de conhecimento.

*Figura 15 - Experimento com sensor de luminosidade em funcionamento*

Line of Code	Serial Monitor Output
1 void setup() {	Valor lido do sensor: 1015
2 Serial.begin(9600);	Valor lido do sensor: 1015
3 }	Valor lido do sensor: 1015
4 }	Valor lido do sensor: 1015
5 void loop()	Valor lido do sensor: 1015
6 {	Valor lido do sensor: 1015
7 Serial.print("Valor lido do sensor: ");	Valor lido do sensor: 100
8 Serial.println(analogRead(0));	Valor lido do sensor: 88
9 delay(5000);	Valor lido do sensor: 94
10 }	Valor lido do sensor: 94
	Valor lido do sensor: 59
	Valor lido do sensor: 7
	Valor lido do sensor: 7

Fonte: elaborado pelo autor

A gramática da língua portuguesa e as classes gramaticais são muito importantes para se trabalhar com elementos léxicos, sintáticos e semânticos, fundamentais para o aprendizado e para a detecção de erros na escrita do código de programação do microcontrolador. Isso por uma razão facilmente compreensível: o código-fonte de programação é escrito justamente em uma **linguagem** de programação<sup>50</sup>. Possui um conjunto léxico a exemplo da língua portuguesa, possui regras sintáticas a serem respeitadas, e falhas semânticas no programa corresponderão a erros de lógica, assim como sentenças com erros semânticos em língua portuguesa não farão sentido<sup>51</sup>. As palavras ou comandos de

50 No caso do Arduino, trata-se de uma linguagem de programação criada a partir de um subconjunto da linguagem de programação C.

51 Para aprofundamentos, consultar SCHAEFFER, A. G. Transposição e contrato didático no ensino de algoritmos. **RENOTE - Revista Novas**

programação são escritos em língua inglesa. Ainda que alguns símbolos possam causar confusão, há demanda por aprendizado dessa disciplina para facilitar a compreensão dos comandos e nomes de funções da linguagem de programação.

No que tange à Física, e somente com relação ao experimento em questão, cabe a aplicação de conhecimentos de tensão, corrente e resistência elétrica. Não necessita-se saber quase nada além de conectar os *jumpers* nos pinos corretos, mas é justamente a montagem dos circuitos e a Física envolvida que precisa ser entendida como oportunidade de implementação de conhecimentos adquiridos<sup>52</sup>. Há que se reconhecer tais conhecimentos físicos escolares como relevantes na perspectiva de formar futuros cientistas, e a conexão de práticas pedagógicas mediadas por tecnologia com os avanços atuais da ciência pode incentivar estudantes da Educação Básica a seguirem uma carreira de pesquisa iniciando-se nas licenciaturas<sup>53</sup>.

**Tecnologias em Educação**, v. 14, n. 1, 2016.

- 52 Práticas pedagógicas devem ser, na medida do possível, sempre norteadas pelas descobertas recentes em seus respectivos campos. Em outras palavras, os conhecimentos físicos aqui sendo citados não poderiam ficar deslocados por completo de estudos recentes que trazem novas perspectivas e novas oportunidades de pesquisa. Tome-se por exemplo o prêmio Nobel de Física de 2016, em honra aos pesquisadores David J. Thouless, F. Duncan M. Haldane e J. Michael Kosterlitz, pelas descobertas teóricas das transições de fase topológica e fases topológicas da matéria, através de métodos matemáticos avançados. Tais descobertas promoveram avanços na compreensão teórica sobre os mistérios da matéria e criaram novas perspectivas quanto ao desenvolvimento de novos materiais. São estudos que colocam a ciência mais próxima da criação de materiais supercondutores com implicações diretas em computação e eletrônica. Para aprofundamentos, consultar **Strange phenomena in matter's flatlands e Scientific Background on the Nobel Prize in Physics 2016: Topological phase transitions and topological phases of matter**. Disponíveis em: [https://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/2016/press.html](https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2016/press.html). Acesso em: 23 ago. 2017.
- 53 Pode-se considerar, ainda, o estudo de Hazari et al. (2017), que aponta que o interesse de estudantes em seguir carreira nas áreas de ciência, tecnologia,



A conversão de sinais analógicos para digitais, como vimos, demanda conhecimentos matemáticos de sistemas de numeração, afinal é necessário entender que a acuracidade das leituras depende da arquitetura do sistema digital sobre o qual o protótipo é montado. Consegue-se bem mais precisão numérica quando tal sistema é construído com base em 32 bits de dados do que com base em 10 bits de dados. Os dados coletados estão associados a variáveis passíveis de análises estatísticas básicas, como média, variância, desvio-padrão, menor valor, maior valor, e, uma vez que são integráveis com planilhas eletrônicas, permitem a geração de histogramas e gráficos variados.

Na análise da construção do sensor utilizado, há demanda por conhecimentos em química, uma vez que diversos componentes são fabricados à base de elementos químicos como ouro, prata, estanho, níquel, cromo, e compostos semicondutores como o dióxido de estanho, anteriormente citado. A fabricação das peças, a extração dos metais, e a sintetização dos compostos químicos lidam com questões ambientais e sociais. Aliás, o próprio experimento do exemplo, visto como um todo, volta-se a estudos ambientais pois trata-se, justamente, de um detector do gás monóxido de carbono, diretamente associado à poluição do ar.

Com relação à química, em particular, e em se considerando a relevância dos processos e das técnicas para a extração, identificação de propriedades e sintetização de componentes químicos, cabe, a título de um último exemplo, uma breve menção ao titanato de bário, presente nos chamados termistores e acelerômetros de alta sensibilidade (KOKA e SODANO, 2013), que tem seu uso atualmente também sendo

engenharia e matemática é "contagioso". Os autores explicam que estudantes do nível equivalente ao ensino médio brasileiro (a pesquisa foi desenvolvida nos Estados Unidos) também levam em conta, na escolha de suas futuras carreiras profissionais, o interesse que seus pares (outros estudantes, seus colegas) demonstram por determinada disciplina. Eles explicam, por exemplo, que o estudante que percebe um alto nível de interesse entre seus pares nas aulas de ciências, tem maior tendência a seguir uma carreira profissional que seja às ciências relacionada.

associado à construção de nanorobôs controlados remotamente através de campos magnéticos com aplicações em técnicas microbiológicas (BETAL et al., 2018)<sup>54</sup>.

O impacto do crescimento das taxas de monóxido de carbono no corpo humano tem relação com a desativação da hemoglobina, abrindo espaços para estudos da disciplina de biologia. Segundo Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), para uma adequada avaliação de problemas da poluição do ar, é necessário considerar, minimamente, aspectos quantitativos, através de medições e instrumentos de medidas. Ainda, segundo eles, a elaboração e a interpretação de tabelas e gráficos são alguns dos procedimentos científicos que precisam estar constante e sistematicamente presentes nas atividades educativas, sendo que, apenas deter-se nos aspectos qualitativos da questão - isto é, afirmar que há monóxido de carbono, dióxido de enxofre ou chumbo presentes no ar, sem conhecer em que quantidade, e que, por isso, sua quantidade “faz mal à saúde”, “polui”, entre outras coisas semelhantes - em nada ajudará que se evitem os problemas de controle da poluição, quando a quantidade de poluentes no ar for realmente crítica e não estiver sendo medida.

Se formos analisar, não demandamos um projeto interdisciplinar para construirmos um artefato tecnológico como esse. Qualquer professor de alguma das áreas de conhecimento citadas, mediante alguma capacitação básica, conseguiria isso. Mas temos que reconhecer que trata-se de uma atividade intrinsecamente interdisciplinar e que permite a unificação de conhecimentos.

Pretende-se, ao longo desta tese, trazer outras possibilidades de uso pedagógico dessas tecnologias, inclusive aproximando-se ainda mais da

54 Importante citar a significativa contribuição de outros trabalhos de pesquisa bastante recentes com relação a substâncias semicondutoras, evidenciando a incipiência desses estudos: Rangel et al. (2011), Irion et al. (2014), Hernández, Cerón e Páez (2008), Yuan et al. (2017), Oshima, Nakamura e Matsunaga (2018).

crítica reportada por Nudelman (2017) de que os estudantes não percebem que o ensino de ciências que recebem na escola esteja conectado com os temas de sua vida diária. Por ora, quero chamar a atenção para o posicionamento que defendo. Entendo que um experimento como esse, reiterando seu baixo custo e relativamente baixa complexidade de implementação, deve focar-se bem mais nos conteúdos científicos que o embasam do que na aplicação do artefato propriamente dita. É de grande relevância a criação de um instrumento científico produzido pedagogicamente e que consegue detectar variações na concentração de gases do ar. Mas o espaço de oportunidades para aprofundamento de conhecimentos científicos em cada uma dessas criações é amplo, e deve ser explorado. Acredito que focar-se somente no instrumento como produto final da atividade pedagógica pode tornar o aprendizado um tanto quanto pragmático, superficial e fragmentado em demasia.

É importante, ainda, ancorar-se novamente na epistemologia bachelardiana que, pelo seu aspecto histórico, traz exemplos de excessos cometidos em períodos chamados pelo autor de pré-científicos, com relação a experiências muitas delas feitas com eletricidade, e que tinham um caráter claro, agradável e divertido. Ele persegue o que chama de “experiência primeira” como um obstáculo epistemológico para a formação de um espírito científico. A seção seguinte se dedicará a essas análises.

#### 4.4 SIMBOLISMO, PODER E CIÊNCIA FÁCIL

O exame de alguns documentos oficiais e comerciais que abordam o aprendizado com novas tecnologias permite-nos observar alguns equívocos epistemológicos merecedores de atenção. Não tenho a intenção de compará-los com vistas a eleger o material mais pedagogicamente correto, e nem mesmo eleger aquele com melhores características técnicas, mas sim, fazer emergir excessos que, acredito, podem influenciar o pensamento de alguns professores supervalorizando a tecnologia educacional em si mesma, ignorando a conexão entre os

avanços tecnológicos da atualidade e os conhecimentos científicos escolares.

O Guia de Tecnologias Educacionais do Ministério da Educação (MEC) está inscrito em um conjunto de esforços para alçar a Educação Básica do Brasil a patamares mais elevados, e busca oferecer aos sistemas de ensino uma ferramenta a mais que os auxilie na decisão sobre a aquisição de materiais e tecnologias para uso nas escolas brasileiras de Educação Básica. Trata-se de um trabalho que iniciou com o lançamento, pelo MEC, de um Edital de Pré-Qualificação de Tecnologias Educacionais inovadoras, que representem um referencial de qualidade e, dentre outros objetivos, que estimulem especialistas, pesquisadores, instituições de ensino e pesquisa e organizações sociais para a criação de tecnologias. (BEAUCHAMP e SILVA, 2008, p. 14).

O documento muito bem destaca que, embora se considere importante o uso de uma tecnologia, vale lembrar que esse uso se torna desprovido de sentido se não estiver aliado a uma perspectiva educacional comprometida com o desenvolvimento humano, com a formação de cidadãos, com a gestão democrática, com o respeito à profissão do professor e com a qualidade social da educação. Sabe-se que o emprego deste ou daquele recurso tecnológico de forma isolada não é garantia de melhoria da qualidade da educação. A conjunção de diversos fatores e a inserção da tecnologia no processo pedagógico da escola e do sistema é que favorecem um processo de ensino-aprendizagem de qualidade. (BEAUCHAMP e SILVA, 2008, p. 17).

De sua versão para os anos de 2011/2012, embora não tenha ficado clara no documento a responsabilidade pela autoria dos textos de cada tecnologia educacional em questão, seleciono duas passagens para análise, bem como uma outra oriunda de um guia com orientações de uso de um kit de robótica elaborado para venda no mercado educacional. Das duas referentes ao Guia de Tecnologias Educacionais, a primeira é

Para avaliar a prática pedagógica, a escola implantará a Robótica na grade curricular, correlacionando os conteúdos curriculares com elaboração de projetos que utilizem a robótica como ferramenta pedagógica. No desenvolvimento desses projetos os alunos **deverão ser avaliados** quanto à: compreensão e assimilação dos conteúdos; participação e trabalho em equipes; envolvimento com os projetos especificados; e, comprometimento. (COGETEC, 2011, p. 89, grifo meu).

Já a segunda coloca a tecnologia educacional apresentada como focada na resolução de problemas, e como sendo uma tecnologia que

coloca diante dos alunos, em todas as etapas da Educação Básica, desafios relacionados aos temas curriculares que estão estudando, que, para serem enfrentados, **exigem** que eles coloquem em prática os conhecimentos que adquiriram. (COGETEC, 2011, p. 41, grifo meu).

Salvo um eventual equívoco de interpretação, discordo que a robótica, em si, consiga “avaliar a prática pedagógica”. Ainda que tal prática possa querer se referir, na melhor das hipóteses, ao processo de aprendizado do aluno, elaborar projetos que utilizem robótica como ferramenta pedagógica não são, necessariamente, uma forma de **avaliar** o aprendizado. Minha crítica à segunda afirmação volta-se à exigência da colocação em prática de temas curriculares que os alunos estejam estudando. O teor desta segunda passagem parece induzir a uma atividade docente que se volte à utilidade do saber científico, menosprezando o que não pode ser implementado concretamente. O fechamento se dá com a prática pedagógica sendo avaliada pelo projeto robótico, ou, como mencionado, na melhor das hipóteses, com o aprendizado do aluno sendo avaliado pelo projeto robótico construído, cabendo ao professor seguir uma receita, inclusive, para o processo avaliativo, que também já possui aspectos que “**deverão ser avaliados**”.

No segundo documento, um guia com orientações de uso de um kit de robótica elaborado para venda no mercado educacional, a passagem esclarece que

O *kit* acompanha todos os tutoriais e aulas do curso de robótica de fácil uso pelo professor. O nosso produto foi desenvolvido para uso de crianças e adolescentes **sem nenhum tipo de conhecimento prévio**, e sabemos que este tipo de aula é uma novidade para os professores. Por isto que o que estamos fornecendo é um *kit* de robótica educacional que está conceituado em aulas minuciosas para esta faixa etária, inclusive, o *software*, foi desenvolvido para pessoas que não têm conhecimento de programação de robôs. Em um primeiro momento há certo receio do professor de encarar este desafio. Após conhecer o produto, ler os manuais e fazer a capacitação, o professor descobre que, além do produto ser de fácil uso, o que era um enigma assustador se transforma em **puro prazer** de atuar nesta área. (GUIA, 2015a, p. 8, grifos meus)

Se, de fato, só legitimamos o conhecimento adquirido quando de sua implementação prática, não há mesmo nenhuma necessidade de conhecimento prévio. Mais além, se por um lado tivermos uma prática pedagógica que consiga desenvolver um aprendizado prazeroso, por outro temos que conter qualquer excesso pois a atividade educativa deve almejar, acima de tudo, o conhecimento e não o prazer, seja do professor, seja do aluno. O oposto pode representar um interesse que não seja especificamente o intelectual, caracterizando uma ciência fácil, o que exige do professor um processo de vigilância constante.

Há que ser considerado, ainda, com relação a práticas pedagógicas que envolvam novas tecnologias educativas, um possível caráter de mistério frente ao novo, frente ao desconhecido. A ficção científica

sempre tomou por alimento o mistério, o poder, riscos e vantagens de se ter a tecnologia sob o controle humano ou mesmo totalmente fora dele. Em minha prática profissional como docente, não mais me surpreendo por serem as aulas de informática que abordam tópicos como crimes cibernéticos ou criação de vírus de computador as que mais chamam a atenção dos alunos. Basta querer demonstrar como é possível montar um *script* para forçar um roteador de pacotes a uma negação de serviço (*denial of service*) para que se tenha a atenção dos alunos. O mesmo é válido para ferramentas do sistema operacional e comandos de linguagens de programação que, no imaginário do aluno, possam ser úteis para algum tipo de controle que possa ser implementado, e que acabe trazendo alguma sensação de poder. A robótica e, portanto, a criação de robôs, em si, carrega um simbolismo ainda mais especial.

A contribuição bachelardiana chamando atenção para esses fatos vem na forma de uma forte crítica.

Basta que uma experiência seja feita com um aparelho esquisito [...] para que os alunos prestem atenção: apenas deixam de olhar os fenômenos essenciais. Os alunos ouvem os ruídos da chama, mas não veem as estrias. Se houver algum incidente - vitória do inédito - o interesse chega ao auge. Por exemplo, para ilustrar a teoria dos radicais[ions] em química mineral, o professor obteve iodeto de amônio, passando várias vezes amoníaco sobre um filtro coberto com palhetas de iodo. O papel filtro, secado com cuidado, explode a partir daí ao mínimo contato, enquanto os alunos arregalam os olhos. Um professor de química perspicaz poderá então perceber qual o tipo de interesse dos alunos pela explosão, sobretudo quando a matéria explosiva é obtida com tanta facilidade. Parece que toda explosão desperta no adolescente a vaga intenção de prejudicar, de assustar, de destruir. Interroguei muitas pessoas sobre suas recordações escolares. Pelo menos a

metade lembrava-se da explosão em aula de química. Quase sempre as causas objetivas estavam esquecidas, mas todos se lembravam da ‘cara’ do professor, do susto de um colega tímido; o narrador nunca falava do próprio medo. O tom jovial com que eram evocadas essas lembranças mostrava a vontade de poder reprimida, as tendências anárquicas e satânicas, a necessidade de dominar as coisas para oprimir as pessoas. (BACHELARD, 1996, p. 48).

Para além de uma crítica não-constructiva, o autor demonstra-se preocupado com a sobreposição de um realismo em detrimento a um racionalismo que permita compreender pedagogicamente a produção dos fenômenos e não meramente reproduzi-los ou descrevê-los, compreensões estas necessárias e decorrentes dos avanços oriundos das teorias físicas do início do século XX.

Estando o real encerrado num espaço a três dimensões, instruiremos sem dúvida *reproduzindo-o* num espaço a três dimensões. Essa reprodução é o triunfo da descrição. É utilizada para fazer ver o infinitamente grande e o infinitamente pequeno. [...] Pouco importam as *dimensões reais*. O realismo dá-se o direito de modificar-lhes a escala; ele abandona, sem nisso se dar conta, a *realidade* da grandeza. Do mesmo modo, reproduziram-se, com aumento, visíveis a todos, as organizações cristalinas. *Mostrou-se* o lugar dos átomos, dando-se a representação deles por esferas reunidas numa rede de fio e ferro. Pode-se verdadeiramente dizer que essas *reproduções* fazem *compreender* os fenômenos? Será que elas nos colocam verdadeiramente diante dos fenômenos? Elas são, antes, uma resposta a uma questão que simplifica os problemas, que prende os problemas. Como se uma descrição *coisista* pudesse satisfazer a uma ciência de



*forças!* Como conceber o cristal como uma fonte de fenômenos dinâmicos se nos limitamos a reproduzi-lo estaticamente? Percebe-se bem que é preciso discutir tudo de novo, se quisermos compreender a *produção* dos fenômenos, e não apenas reproduzir um estado de coisas. (BACHELARD, 1977, p. 75, grifos do autor).

Na contemporaneidade, em pesquisas e práticas docentes que envolvem as novas tecnologias, são comuns as defesas de que os novos recursos são envolventes, atrativos, estimulantes, lúdicos, e de que despertam a curiosidade e a fantasia dos estudantes. Tais pontos de vista estão presentes nos trabalhos de muitos pesquisadores docentes com trabalhos voltados ao uso de plataformas de prototipagem eletrônica (DA ROSA et al., 2016; MARTINAZZO et al., 2014; ROCHA, MARANGHELLO e LUCCHESI, 2013; SCARADOZZI et al., 2015; SEGOVIA e SOUZA, 2017) que, diretamente ou citando outros autores, assim os reconhecem, explicitando uma ou mais dessas características ao fazerem referência a novos recursos tecnológicos para a educação.

Emerge aqui um papel fundamental da mediação docente, que se coloca entre as necessidades de mudança nas práticas pedagógicas - sendo estabelecidas quase que na forma de um direito do estudante em poder construir seus conhecimentos auxiliado por instrumentos tecnológicos - e os obstáculos epistemológicos levantados por Bachelard com relação ao sensualismo declarado, não crítico e meramente empírico das experiências primeiras. Esse papel mediador terá, portanto, uma postura de resistência frente a simbolismos, procurando destacar sempre o observador de seu objeto, defendendo o aluno da massa de afetividade que se concentra em certos fenômenos rapidamente simbolizados e, de certa forma, muito interessantes. (BACHELARD, 1996).

A valorização de aberturas para o pensamento abstrato, tão presentes no discurso bachelardiano, ganha fôlego com necessidades inerentes às atividades pedagógicas com novas tecnologias. A seção seguinte dedica-

se ao estudo da importância de construções abstratas para desenvolver nos alunos uma melhor compreensão de estruturas lógicas fundamentais para a programação de computadores.

#### 4.5 AS ABSTRAÇÕES E O CONHECIMENTO COMPUTACIONAL

Um exemplo de fácil compreensão de uma sobrevalorização teórico-abstrata em detrimento de uma ação empírico-concreta pode ser dado a partir da necessidade de se desenhar um triângulo. (ALQAHTANI e POWELL, 2017; POWELL e GRISI-DICKER, 2012). Numa folha de papel, um triângulo equilátero, entendido minimamente como um objeto com três retas de mesmo tamanho ligadas entre si, poderia ser esboçado com certa precisão por uma criança que o estivesse concebendo pela primeira vez. Se esse mesmo desafio fosse dado a ela com vistas a representá-lo na tela de um computador, tomando por base a utilização de uma função gráfica de uma linguagem de programação ou aplicativo de projeto auxiliado por computador, a importância da carga teórica desse objeto aumentaria, pois sua implementação dependeria de como a função de desenho a ser utilizada foi implementada. Por exemplo, a parametrização necessária para tal ação poderia corresponder à necessidade de informar a posição, no plano cartesiano, das posições dos três vértices que o compõe. Ou ainda, a localização de seu ponto central e de seu perímetro. Tudo dependeria de como a função de desenho foi implementada algoritmicamente. Só é certo que, para desenhá-lo, é necessário ir além do uso do lápis e do papel. A necessidade de conhecer a matemática por detrás do objeto, neste caso, é relevante, e pode facilitar o estabelecimento de conexões com outros conhecimentos que tenham em comum um plano teórico matemático.

Bachelard reconhece a existência de correspondências funcionais entre diferentes domínios, que abrem espaço para analogias funcionais. Porém, devem ser completamente independentes de imagens que possam tentar relacioná-las, cabendo a um racionalismo matemático esta função. Um exemplo em sua obra é trazido a partir da análise de funcionamento de um condensador elétrico. Ele explica que muitas

vezes já se fez observar que a equação dos fenômenos elétricos da descarga de um condensador era em tudo semelhante à equação dos fenômenos mecânicos de uma mola distendida por um peso, estabelecendo-se uma correspondência entre fenômenos elétricos e fenômenos mecânicos. Porém, insiste, não é absolutamente devido a uma informação mecânica da eletricidade, e sim pelo estabelecimento de uma correspondência funcional completamente independente de imagens mecanicistas que possam ser feitas sobre a eletricidade. Assim, explica que não é por essas imagens mecanicistas que analogias funcionais serão feitas, e sim, em função de correspondências estabelecidas pela matemática, pela racionalidade, tomando-se em consideração o papel dos coeficientes no aspecto algébrico das leis. Trata-se de um realismo algébrico organizado racionalmente em detrimento de analogias enraizadas em uma realidade de primeira percepção. (BACHELARD, 1977, p. 186-188).

Ao reconhecer que a Química foi por muito tempo uma ciência substancialista por excelência, Bachelard também explica que ao se julgar um objeto de acordo com as provas de sua objetividade, deve-se dizer que o objeto se matematiza. Assim concebe-se um verdadeiro deslocamento do real, uma depuração do realismo. Ele continua sugerindo que a realidade se transforma primeiro em realismo matemático, depois dissolvendo-se numa espécie de realismo das probabilidades quânticas, permitindo a um filósofo aceitar o pensamento de todo o real na organização matemática, numa direção estritamente inversa do pensamento realista. Termina com uma interessante sugestão, quando propõe uma supremacia do número sobre a coisa e do provável sobre o número, através de uma “fórmula polêmica”: a substância química não é senão a sombra de um número. (BACHELARD, 2000, p. 75).

Em tempo, é preciso deixar claro que a busca pelo abstrato e pela matematização, explícitos na epistemologia de Bachelard, não desmerecem o lado empírico da atividade científica, através do qual o racionalismo científico dá provas de fecundidade.

[...] nada de racionalidade no vazio; nada de empirismo desconexo. [...] É por suas aplicações que o racionalismo conquista seus valores objetivos. Para julgar o pensamento científico já não se trata de nos apoiarmos num racionalismo formal, abstrato, universal. É preciso atingir um racionalismo concreto, solidário com as experiências sempre particulares e precisas. É preciso, também, que esse racionalismo seja suficientemente *aberto* para receber determinações novas das experiências. Experimentando um pouco mais de perto essa dialética, convencemo-nos da realidade eminente dos *campos de pensamento*. Nesses campos epistemológicos se intercambiam os valores do racionalismo e do experimentalismo. (BACHELARD, 1977, p. 10, grifos do autor).

O empirismo, segundo ele, começa pelo registro de fatos evidentes, e a ciência declara essa evidência para descobrir as leis ocultas.

*Só existe ciência do que está oculto.* Nessas condições, poderemos dar como axioma da epistemologia a proposição seguinte: *descobrir* é a única maneira ativa de *conhecer*. Correlatamente, fazer com que se descubra é o único método de ensinar. Mas essa descoberta não pode continuar contingente; é preciso sempre que ela seja repensada para se afirmar em ligações racionais. Toda dialética, mesmo aquela que contribui com descobrimento novo, impõe uma assimilação racional. Sempre por algum meio indireto se estabelecem conexões que preparam uma racionalidade do pensamento científico. (BACHELARD, 1977, p. 49, grifos do autor).

Da amplitude filosófica do pensamento de Bachelard, ficarei

limitado, para iniciar esta seção, à sua afirmação de que “a realidade se transforma primeiro em realismo matemático”. Do que se trata a matemática senão de uma modelização da realidade? De sua condição de linguagem, podemos compreendê-la como uma forma de representar a realidade. Ora, não são as linguagens faladas, as palavras e os símbolos, formas de representar a realidade com vistas à comunicação? Em quê deveriam diferir as linguagens de programação das linguagens faladas? Elas, as linguagens de programação, nada mais são do que formas de se comunicar com softwares e hardwares. Se buscamos alguma diferenciação entre uma língua falada, como por exemplo a língua portuguesa, e uma linguagem de programação, devemos ficar, em essência, com a diferença de que a primeira se utiliza de palavras para, inclusive, fazer alusão a aquilo que é concreto, que percebemos pelos nossos sentidos, enquanto que a segunda sempre faz alusão a estruturas abstratas, de criação humana.

Ao conceber um computador como uma criação humana, não há em nenhum aspecto como compará-lo com o corpo humano para além da esfera das meras analogias. O funcionamento de uma memória de armazenamento volátil de computador em nada se assemelha à memória humana. O mesmo é válido para as memórias permanentes. Não há endereçamento hexadecimal no cérebro humano. No entanto, tanto uma quanto a outra podem ser chamadas de memórias. A unidade lógico aritmética que constitui a unidade central de processamento de um computador, não tem um funcionamento biológico e neuronal. Passam a ser necessárias as analogias para que possa ter um mínimo de compreensão acerca do funcionamento de uma máquina. Por exemplo, a memória de trabalho de um cérebro humano pode ser compreendida como a memória volátil do computador (memória de acesso randômico ou memória *cash* em menor escala, interna ao microprocessador). O processo de acesso a tabelas de um banco de dados que, para ser satisfatório em termos de tempo, depende fortemente da indexação das variáveis geralmente usadas nos filtros de consulta, é melhor explicado quando se lança mão da analogia de um índice remissivo de um livro.

Então, podemos nos perguntar como agem os estudantes com relação aos processos de aprendizagem de computação, já que precisam utilizar-se de abstrações (linguagem de programação) para construir abstrações (estruturas algorítmicas). Os poucos trabalhos acadêmicos referentes ao ensino de ciências que envolvem a construção de protótipos eletrônicos programáveis geralmente não tocam no aspecto da programação. Ou assumem que os outros professores já conheçam, ou que não terão dificuldade em aprender. Em cursos superiores de computação e de áreas afins, o ensino da programação de computadores tem uma densidade maior. Nesses cursos, cabe ao aluno a necessidade de conhecer em profundidade as diferentes técnicas de programação e estruturas de dados a elas inerentes.

O grande trunfo das plataformas eletrônicas de prototipagem, como as de hardware livre, é a sua escalabilidade. A lógica de programação por trás é a mesma de um curso superior de computação, mas se o professor de Educação Básica optar pelo desenvolvimento de uma atividade que busque o aprendizado de um conceito específico, não precisa fazer uso de todas as estruturas lógicas e conceitos de programação abordados em um curso superior.

Tome-se por base o exemplo da Figura 13 na seção 4.3 deste mesmo capítulo. O código escrito para leitura do sensor de monóxido de carbono possui duas funções (*setup* e *loop*) e quatro linhas de código, uma de configuração (*Serial.begin*) e outras três de comandos. É claro que caberá ao professor e ao aluno entender para que servem cada uma delas, mas a complexidade da programação sai de foco quando limita-se a poucas compreensões, deixando espaço para, quando for o caso, que a aprendizagem científica por trás da criação possa emergir como o verdadeiro conhecimento almejado.

Pensar a robótica educativa como possibilidade de construção de instrumentos científicos para aprofundamentos teóricos permite ao docente fazer esse balanceamento. Não há, necessariamente, em todos os projetos robóticos de âmbito educativo, sempre presentes as quatro

complexidades, quais sejam: a programação, a comunicação, a mecânica e a eletrônica. O que se observa ao acompanhar competições como as promovidas no âmbito da Olimpíada Brasileira de Robótica (OBR) e em outros eventos internacionais é que os robôs construídos agregam, naqueles casos, razoável complexidade que envolve essas quatro áreas mencionadas. Não fiquem os professores, portanto, limitados às suas impressões de que a robótica educativa somente consiste em prototipagens direcionadas ao mercado de construção de robôs. Que se constate a necessidade de uso de tais plataformas para se fomentar, com igual importância e de forma criativa, a busca pelo conhecimento científico.

Uma vez compreendida a escalabilidade dessas novas tecnologias, volto-me ao cerne do que abordo nesta seção: as necessidades de abstração. Tomarei o cuidado de não aprofundar em demasia conceituações da computação que fujam do que aqui pretendo, que é justificar a importância da busca por abstrações no aprendizado já que elas são importantes para os estudantes frente ao futuro tecnológico que a eles se apresenta. A justificativa da importância de uma busca pelo abstrato, tão preconizada por Bachelard com vistas ao conhecimento científico, encontra eco no que tange à aprendizagem computacional.

Um programa de computador, na forma de um conjunto de regras aplicadas sobre estruturas de dados, implementa abstratamente um processo. Não representa algo concreto. Narayanan e Hegarty (2002) comparam aspectos do ensino de algoritmos com o ensino do mundo mecânico (concreto, não abstrato, com forma física). Afirmam, então, que algoritmos são entidades abstratas, sem forma física, e que no domínio mecânico os sistemas são feitos de componentes com formas e características físicas familiares a quem os estuda. Complementam explicando que os componentes de uma máquina operam de acordo com as leis da Física e da causalidade, e, portanto, até mesmo iniciantes possuem algum conhecimento intuitivo em assuntos relacionados a este domínio. De forma contrária, os algoritmos operam de acordo com leis matemáticas e lógicas sobre as quais iniciantes geralmente não possuem

conhecimento intuitivo, o que inutiliza seus conhecimentos construídos de percepção acerca do mundo real. Nesse raciocínio, os autores finalizam comparando que o processo cognitivo correspondente à análise da ilustração de uma máquina e sua decomposição em partes é equivalente à análise do pseudocódigo algorítmico e sua decomposição em uma sequência de operações aplicada ao processamento de dados<sup>55</sup>.

Assim, a forma mais simples de uma estrutura de dados, uma variável, corresponde a um espaço onde um dado - um valor - pode ser armazenado. Frequentemente são referidas como caixinhas em que um número, uma letra ou uma cadeia de letras (*string*) pode ser armazenada. Para se compreender o conceito e a forma de utilização de variáveis não há maiores problemas, mas dificuldades de abstração prejudicam a compreensão e a implementação de conceitos abstratos mais complexos, como matrizes, vetores, listas encadeadas, funções recursivas e classes de objetos. Nesses casos, o aluno tem dificuldade de transpor um processo do mundo real para um código algorítmico no computador, ou ainda, de transpor um objeto do mundo real para uma estrutura de dados da linguagem de programação utilizada.

Quando questionados sobre as habilidades necessárias para se tornar um bom programador de computadores, é comum profissionais da área mencionarem que a matemática deve ser valorizada, mas não sabem explicar como. Tomo pra mim essa responsabilidade, e afirmo que é por motivo de a matemática estar para o mundo real assim como uma linguagem de programação está para os processos do mesmo mundo real. Compartilham, pois, a linguagem matemática e a linguagem de programação, da abstração como força motriz. A mesma capacidade de abstração necessária para promover o conhecimento científico, é necessária para promover o conhecimento em lógica da programação. Prova disso é a existência de jogos digitais que visam, justamente, oferecer novas formas de apropriação de conhecimentos científicos

55 Para aprofundamentos, consultar SCHAEFFER, A. G. Animações interativas no ensino de algoritmos. **Anais do VIII Computer on the Beach**, p. 030-039, 2017.



abstratos como nos casos da Física Quântica<sup>56</sup> e da criação de cadeias moleculares para formação de proteínas<sup>57</sup>. O mesmo ocorre com a computação, que busca através da criação de jogos digitais oferecer novas formas de apropriação de conhecimentos para estudantes interessados em aprender lógica da programação.

Retorno às colocações de Nudelman (2017) do início deste capítulo, em que professores reportam desinteresse por parte dos alunos em conteúdos científicos por não se tratar de uma “ciência relevante”, e por ser desconectada dos temas de suas vidas diárias. Ora, se os temas a que os alunos se referem dizem respeito aos aparatos tecnológicos de que fazem uso, saibam eles que a relevância do aprendizado científico passa, sim, pela matematização da experiência. Caberá ao professor esse esclarecimento, só que ao utilizar novos recursos tecnológicos em sua atividade docente, terá melhores condições de embasar seus argumentos.

Quero encerrar esta seção trazendo três exemplos. O primeiro deles demonstra como um pensamento matematizado da realidade, associado à lógica da programação, favoreceu avanços nos campos da animação computadorizada e da realidade virtual e aumentada, áreas da computação que têm crescido muito nos últimos anos com promessas de produção e avanços tecnológicos para o bem da sociedade.

Nos anos 80, Loren Carpenter, então funcionário da empresa de aviação Boeing, buscava formas de tornar mais realísticas as imagens e as simulações computadorizadas, só que o tempo dispendido e a capacidade de processamento computacional exigida pelas técnicas naquela época sendo usadas eram enormes. Inspirado na matemática

56 O qCraft é um complemento (ou "*mod*", no jargão da área, abreviatura de *modification*) para o jogo Minecraft, e teve sua primeira versão pública disponível em 15/10/2013. Acessível em <http://qcraft.org>. O projeto é coordenado por empresas como o Google e o Instituto de Tecnologia da Califórnia, dentre outras.

57 O Foldit foi desenvolvido pelo Centro de Ciência dos Jogos e pelo Departamento de Bioquímica da Universidade de Washington. Disponível em <https://fold.it/portal>. A primeira versão do jogo veio a público em 2008.

fractal de Benoit Mandelbrot, Carpenter implementou algoritmos que permitiram gerar detalhes realísticos matematicamente e não mais com base em informações de bancos de dados como vinham sendo feitos<sup>58</sup>. Isso possibilitou uma riqueza de detalhes sem precedentes, já que os algoritmos utilizados com base na matemática fractal, que faziam uso de subdivisões recursivas, eram bastante adequados à capacidade de processamento computacional da época. (FOURNIER, FUSSELL e CARPENTER, 1982).

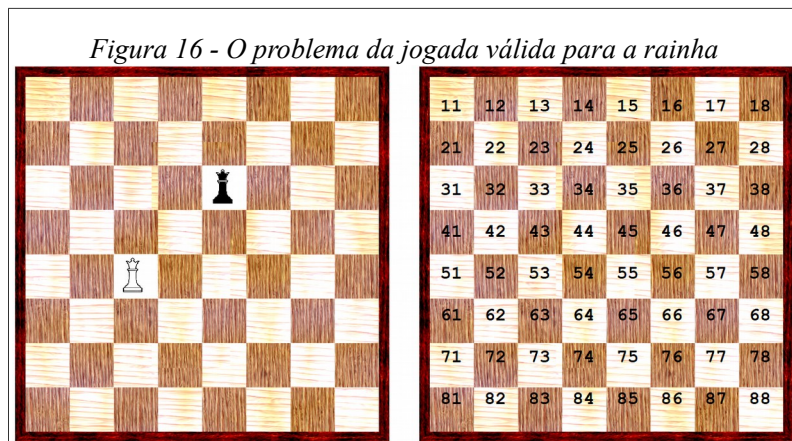
O segundo exemplo trata-se de uma forma rara de se conseguir aliar o mundo concreto, de conhecimento do aluno e por ele perceptível, com a necessidade de matematização para implementar a solução de um problema com uso de uma estrutura abstrata computacional. Chamo este exemplo de Jogo de Xadrez de duas Rainhas. Se quisermos implementar um jogo de xadrez em um computador, ainda que tenhamos recursos gráficos para desenhar um tabuleiro bidimensional ou tridimensional, não teremos como programá-lo para enxergar aquilo que desenhamos na tela. Para o computador ou para a linguagem de programação, os desenhos não passam de *pixels* coloridos ou códigos binários. Se conhecemos as regras do jogo de xadrez, precisamos conversar com o computador transpondo tais regras em uma linguagem que ele conheça e que também nos deverá ser familiar: a linguagem matemática.

Tomemos por exemplo a existência de um tabuleiro de xadrez com duas rainhas, conforme mostrado à esquerda da Figura 16.

Neste caso, pode-se propor um desafio simples, assumindo-se que o próximo movimento seja da rainha branca e que seja decidido pelo computador, devendo realizar uma jogada válida e, preferencialmente, que capture a rainha preta. A programação envolvida deverá, assim, considerar a regra do jogo, que implica em transformar o movimento da rainha branca em uma jogada válida matematicamente, usando uma

58 THE CODE. Direção: Michael Lachmann. Produção: Michael Lachmann. Inglaterra: The Open University, 2011. Disponível em: <https://www.netflix.com>. Episódio 2. Acesso em 22 ago. 2017. (58 min).

estrutura de programação adequada.



Fonte: elaborado pelo autor

Como cabe ao programador construir a inteligência da máquina, o mesmo precisará abstrair de um tabuleiro de xadrez para, por exemplo, uma matriz bidimensional implementada em uma linguagem de programação. Dessa forma, cada intersecção linha/coluna da matriz pode receber um número correspondente. Ou seja, a casa 23 trata-se do espaço da matriz indicado pela linha 2, coluna 3, conforme demonstrado à direita da Figura 16. Na figura, temos, portanto, a rainha branca na casa 53 e a rainha preta na casa 35. O computador não poderia ser programado simplesmente para escolher qualquer uma das casas do tabuleiro e efetuar a jogada. Primeiro porque poderia executar uma jogada inválida, e segundo porque, no caso em questão, a melhor jogada a fazer é capturar a rainha preta.

A dificuldade consiste exatamente em, primeiro, estabelecer uma relação entre um tabuleiro e uma matriz bidimensional alocada na memória do computador. Segundo, construir um padrão matemático condizente às jogadas válidas da rainha. Deve-se entender que, como as rainhas deslocam-se em linhas retas e diagonais, para quaisquer dos

lados, a análise dos **números** correspondentes à casa de origem e à casa de destino pode ser uma solução. Por exemplo, um movimento para cima ou para baixo, em linha reta, seria um movimento em que o resto da divisão entre o número da casa de origem por 10 daria o mesmo valor que o resto da divisão por 10 da casa de destino. Então, se a rainha branca se deslocasse para a casa 13, estando na casa 53, essa seria uma jogada válida, já que o resto da divisão de 53 por 10 é 3, assim como o resto da divisão de 13 por 10 também é 3.

Para um movimento lateral, para a esquerda ou para a direita, há em comum o fato de que a parte inteira da divisão por 10 do número da casa de origem e da casa de destino é o mesmo. Ou seja, se a rainha branca se deslocasse para a casa de número 57, estando na casa 53, essa seria uma jogada válida já que a parte inteira da divisão de 53 por 10 é igual a 5, assim como a parte inteira da divisão de 57 por 10 também é 5.

O movimento diagonal da rainha paralelo à diagonal principal da matriz sempre será válido quando a diferença, em módulo, entre a casa de origem e a casa de destino for um múltiplo de 11. O mesmo será válido para o movimento diagonal da rainha paralelo à diagonal secundária da matriz, que será válido quando a diferença, em módulo, entre a casa de origem e a casa de destino for um múltiplo de 9.

A constatação destes padrões numéricos deve ser seguida da implementação lógica na linguagem de programação utilizada. Por exemplo, um teste condicional em linguagem Pascal para validar a jogada da rainha poderia ser feito conforme exibido pela Figura 17.

Neste exemplo, a variável **CasaOrigem** guarda o número correspondente à casa em que a rainha está, enquanto que a variável **CasaDestino** guarda o número correspondente à casa para a qual a rainha tem intenção de ir, e ambas são usadas para os cálculos matemáticos. Também há a variável lógica **JogadaValida** que guarda o valor *True* caso trata-se de uma jogada permitida ou *False* caso contrário. Os operadores *mod* e *div* têm a função de dividir o operando

da esquerda pelo da direita retornando o resto e a parte inteira da divisão, respectivamente.

*Figura 17 - Código de validação da jogada da rainha em linguagem Pascal*

```
if ((CasaOrigem mod 10) = (CasaDestino mod 10)) or
    ((CasaOrigem div 10) = (CasaDestino div 10)) or
    (abs(CasaOrigem - CasaDestino) mod 11 = 0) or
    (abs(CasaOrigem - CasaDestino) mod 9 = 0)
then
    JogadaValida:=True
else
    JogadaValida:=False;
```

Fonte: elaborado pelo autor

Os exemplos de implementação de jogos em computador são particularmente interessantes de serem usados, pois geralmente têm regras de fácil compreensão. As equações utilizadas neste exemplo tomam por base cálculos simples, e funções igualmente fáceis de entender. A dificuldade consiste, portanto, não em compreender o cálculo realizado, mas sim, em constatar a possibilidade de se transitar do concreto para sua representação matemática e computacional.

Finalizo com um terceiro exemplo, e tomo por base uma situação que envolve um robô móvel em forma de um pequeno veículo, equipado em sua parte dianteira com um sensor ultrassônico para cálculos de distância. Esse robô pode ser programado para parar quando estiver a, por exemplo, menos de 30 centímetros de distância de uma parede, para evitar a colisão. Uma vez que isso aconteça, pode ainda movimentar ambas as rodas ou somente uma delas em sentido contrário com vistas a desviar do obstáculo. Imaginemos, agora, que no meio do caminho, esse carrinho-robô seja surpreendido por algum obstáculo, como uma pedra ou um pedaço de madeira, sem que ele "perceba", e que o impeça de

seguir adiante na velocidade que vinha desenvolvendo, movendo-se, a partir daí, lentamente e com muito esforço, ao empurrar o obstáculo. A ausência de um disco de *encoder* ou outro sistema de sensores que pudesse ler sua velocidade, faz com que tenhamos que resolver o problema de outra forma.

Na ocasião do bloqueio, o sensor ultrassônico continuaria lendo que a distância que ele está da parede é maior que 30 centímetros, indicando que seu percurso para frente deve continuar. Esta situação proposta também serve de exemplo de como uma situação do mundo concreto pode ser resolvida de maneira matemática lançando mão da programação e de estruturas de dados computacionais.

Ainda que o carrinho-robô continue junto ao obstáculo, persistem as leituras do sensor ultrassônico, porém, nesta situação hipotética, o carrinho ficaria por tempo indeterminado tentando superá-lo em vez de tentar desviá-lo. Uma alternativa possível para livrá-lo desta situação, seria agrupar frequentemente as leituras do sensor e coletar o desvio-padrão do conjunto. Na medida em que o carrinho permanecesse naquela situação, as leituras de distância teriam um valor muito parecido, em consequência de seu travamento ou quase-travamento. O cálculo do desvio-padrão de valores de distância muito próximos tenderia a resultar em um número próximo de zero. Ou seja, um desvio-padrão próximo de zero. O mesmo não ocorreria quando o carrinho estivesse em movimento. Neste caso, haveria variação significativa de distância em função da sua velocidade, fazendo com que o desvio-padrão dos dados lidos se afastasse de zero. Um exemplo seria a análise dos dados coletados pelo sensor ultrassônico quando o carrinho estivesse andando para frente sem nenhum obstáculo. Se o sensor retornasse um conjunto de 10 leituras de distâncias conforme mostrado no Quadro 2, teríamos, neste caso, um valor de desvio-padrão para o conjunto igual a 30,868. Em outras palavras, poderíamos dizer que o carrinho-robô não está parado.

*Quadro 2 - Leituras do sensor ultrassônico com o carrinho-robô em movimento*

<b>Distância(cm)</b>	<b>Leitura</b>
485	1
474	2
466	3
452	4
444	5
434	6
421	7
410	8
399	9
389	10

Fonte: elaborado pelo autor

No entanto, para o caso de o carrinho estar bloqueado ou enfrentando resistência, uma possível combinação de leituras poderia ser aquela exibida pelo Quadro 3, destacando que as pequenas diferenças nas leituras realizadas poderiam ter origem em pequenas vibrações do robô ou em pequenas variações de leitura do sensor ultrassônico. Ainda assim, o valor do desvio-padrão para o conjunto ficaria em 0,781, muito próximo, portanto, de zero.

Assim, bastaria implementar, utilizando a linguagem de programação do protótipo, uma estrutura de dados do tipo vetor que guardaria as  $n$  leituras para análise contínua do desvio-padrão, e, quando seu valor fosse próximo de zero, o carrinho-robô pudesse se livrar da situação de bloqueio por meio de marcha à ré seguida de um giro à esquerda ou à direita, avançando novamente com vistas ao desvio completo do objeto bloqueador. Tanto o número de leituras para análise (tamanho do vetor) quanto o valor-base do desvio-padrão que determinaria um bloqueio, poderiam ser ajustados conforme a necessidade. No exemplo da Figura 18 temos um código em linguagem

de programação C que analisa os valores de leituras do sensor de ultrassom guardados em um vetor chamado *Historico*, e movimenta o carrinho-robô com vistas e escapar de um bloqueio caso o valor calculado de desvio-padrão seja menor que 1.0. Na Figura 18, o trecho de código destacado pela chave vermelha corresponde ao cálculo do desvio-padrão realizado sobre o conjunto de valores do vetor.<sup>59</sup>

*Quadro 3 - Leituras do sensor ultrassônico com o carrinho-robô bloqueado*

<b>Distância(cm)</b>	<b>Leitura</b>
285	1
286	2
284	3
283	4
285	5
285	6
284	7
285	8
285	9
285	10

Fonte: elaborado pelo autor

59 Um protótipo deste carrinho-robô foi desenvolvido e um vídeo mostrando seu funcionamento encontra-se disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=olEJO-lnVBQ>



*Figura 18 - Código para tratamento da exceção de bloqueio do carrinho-robô*

```

if(i == TamanhoVetorH)
{
    float DP, SomaDesvios, Soma, Media;
    int j;

    Soma=0; Media=0; DP=0; SomaDesvios=0;

    for (j=0; j<i; j++) Soma=Soma+Historico[j];
    Media = Soma / i;
    for (j=0; j<i; j++) SomaDesvios=SomaDesvios + pow((Historico[j]-Media),2);
    DP=sqrt(SomaDesvios/i);

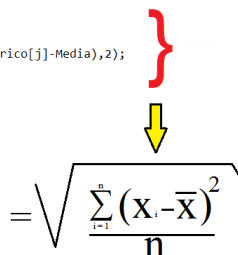
    if(DP < 1.0)
    {
        MotorD.run(RELEASE); MotorE.run(RELEASE);
        MotorD.setSpeed(150); MotorE.setSpeed(150);
        MotorD.run(BACKWARD); MotorE.run(BACKWARD);
        delay(1000);

        MotorD.run(RELEASE); MotorE.run(RELEASE);

        MotorE.run(BACKWARD);
        delay(1000);
        MotorE.run(RELEASE);

        MotorD.setSpeed(200); MotorE.setSpeed(200);
    }
    i=0;
}

```



$$= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

Fonte: elaborado pelo autor

## Considerações finais deste capítulo

A problemática iniciada neste capítulo deve ser analisada com cuidado, já que aparenta ser de fácil compreensão. Afinal de contas, se há grande carência profissional na área tecnológica e não há, conforme apontam professores no estudo de Nudelman (2017), constatação por parte dos estudantes das relações entre conteúdos científicos e temas de suas vidas diárias, seria fácil suprir a demanda do mercado ajustando tais conteúdos científicos às necessidades de aprendizagem. Bastaria saber quais são essas necessidades.

Por essa razão é prudente preocupar-se, como escrito anteriormente, com a forma através da qual o professor compreenderá as relações entre o conhecimento científico por ele abordado e a utilização das referidas tecnologias. Os professores concordariam com aquela afirmação dos alunos? Além do mais, se forem incumbidos de fazer a aproximação

entre as referidas tecnologias da vida diária dos estudantes e os conteúdos científicos, tomarão por base o quê? Não haveria o risco de, na tentativa de estabelecer tais relações, desenvolverem-se posturas indutivas pragmatistas, uma vez que criações de protótipos eletrônicos poderiam ser entendidas pelos alunos como uma exemplificação prática do porquê do conhecimento científico?

O embasamento teórico no pensamento de Bachelard nos permite compreender um caminho a ser seguido em termos de um aprendizado voltado ao protagonismo, já que, ao explicar como a ciência produz e organiza seus próprios fenômenos, lançando mão de instrumental apropriado, inspira a práxis pedagógica com tecnologias. O professor deve ter em mente que, conforme explica Bachelard, nenhum resultado experimental deve ser enunciado de um modo absoluto, separando-o das diversas experiências que permitiram obtê-lo.

Se é a ciência que produz seus próprios fenômenos mediados pela técnica, não se deveria pensar de forma similar na educação em ciências? Se concordarmos com isso, poderemos defender que a práxis pedagógica com robótica educativa, que é foco desses estudos, seja reconhecida e voltada a criações de artefatos tecnológicos na forma de instrumentos orientados a aprofundamentos conceituais, confirmações e refutações de hipóteses.

Ora, almeja-se na esfera profissional meramente utilizar as tecnologias ou fazer parte de suas construções? Isso seria de relevante entendimento já que, ao que pode-se constatar, teorias, pensamento racional, abstrações e complexidades fazem parte, sim, do cerne das construções tecnológicas atuais e futuras. Não será um mero encantamento pelo simbolismo das atividades pedagógicas com robôs que conseguirá mudar nossa condição de consumidores de tecnologias para protagonistas de avanços científicos e tecnológicos.

O que acontecia a até pouco tempo atrás era a inexistência de formas acessíveis, pedagógica, cognitiva e financeiramente, de

representar e de exemplificar a importância desses conhecimentos. As novas tecnologias digitais voltadas para a educação, que contemplam as ferramentas de ensino de programação para crianças, assim como de construção de protótipos robóticos, mudaram essa realidade. Algumas de suas especificidades, assim como algumas outras sugestões de aproximações pedagógicas com a robótica e com a programação de computadores, serão abordadas no capítulo seguinte.



## 5 NOVAS TECNOLOGIAS PEDAGÓGICAS

*Do ensino científico da escola, retemos os fatos, esquecemos as razões, e é assim que a “cultura geral” fica entregue ao empirismo da memória. Será preciso, pois, que encontremos exemplos mais modernos em que possamos acompanhar o esforço efetivo de instrução.*

*Gaston Bachelard*

Neste capítulo, assuntos referentes às novas tecnologias pedagógicas serão abordados. Não pretendo entrar em detalhamentos históricos e nem técnicos em demasia. Voltarei meu foco ao eixo **programação - robótica educativa**, pois ele constitui o cerne de meus estudos. O recorte, assim implementado, não ignora a importância de pesquisas, ainda no âmbito da informática educativa, voltadas aos impactos nas relações humanas em função do advento das redes sociais, e nem daquelas direcionadas às novas possibilidades pedagógicas e comunicativas que elas proporcionam. Igualmente necessário fazer menção à importância das pesquisas voltadas à presença dos novos recursos educativos que envolvem multimídias interativas, bem como aos estudos quanto à importância da visualização para o ensino de ciências. O foco no referido eixo **programação - robótica educativa** tem ao menos duas razões principais: minha formação pregressa e meu entendimento de que a computação *offline* não é devidamente explorada. Cabem alguns esclarecimentos com relação a isso, e que serão colocados ao longo do capítulo.

Oliveira (2007) explica que durante a década de 1960 iniciaram-se as tentativas de aproximação da escola com a realidade tecnológica social então vigente, em que se experimentava grande crescimento econômico em parte consequência do forte processo de industrialização em andamento. Os anos seguintes, segundo ele, seriam marcados pela aproximação dos computadores com a escola, o que iniciou nos Estados

Unidos com a inserção de modelos *Apple* ainda muito caros, e continuou ao redor do mundo em consequência do consenso criado sobre a utilidade e a capacidade daquelas poderosas máquinas de calcular. O autor coloca que, no Brasil, os primeiros esforços para uso de tecnologias em educação foram feitos no início da década de 80. Tecnologias como a TV, o videocassete e o retroprojetor começam a dar espaço ao computador, ainda que paulatinamente. É criada, então, a Política de Informática Educativa para, dentre outras coisas, balizar o uso de computadores nas escolas. Segundo ele, em 1981 acontece o primeiro Seminário de Informática na Educação, em Brasília, culminando com uma importante recomendação: que as atividades de informática na educação sejam balizadas por valores culturais, sociopolíticos e pedagógicos da realidade brasileira. Explica que em 1983 acontece a criação dos centros-piloto de disseminação do uso de tecnologias nas escolas, localizados em cinco universidades brasileiras (UFPE, UFRGS, UFMG, UFRJ e UNICAMP). A partir daí, gradualmente foi-se difundindo o uso das tecnologias, em especial dos computadores, com o entendimento de que não se poderia possuir uma visão fragmentada da educação e que a mesma não fosse entendida de forma superficial.

O estudo de Almeida (2008, p. 107) aponta que, no Brasil, a década passada foi marcada pelas políticas de inserção de computadores nas escolas, bastante baseadas no modelo OLPC (*One Laptop per Child*) de pesquisadores do Laboratório de Mídias do Instituto de Tecnologia de Massachussets (EUA), liderados por Nicolas Negroponte, que desenvolveu um computador portátil de baixo custo de aquisição e uso devido ao seu pequeno consumo de energia, chamado no Brasil de XO. Seu equivalente no Brasil, o programa Um Computador por Aluno (UCA) envolveu vários ministérios, um grupo de trabalho da Presidência da República, três centros de pesquisa em tecnologia, um grupo de assessoria pedagógica da Secretaria de Educação à Distância do MEC, e cinco experimentos em escolas públicas de diferentes regiões do país, que se desenvolvem desde 2007 com o uso de equipamentos móveis de pequeno porte, os quais têm sido denominados *laptops*

educacionais, e são fornecidos por diferentes fabricantes. (ALMEIDA, 2008, p. 120).

De forma associada a outros programas de incentivo ao uso de tecnologias nas escolas, destaque-se aqui o PROINFO - Programa Nacional de Informática na Educação, criado pela portaria 522 do MEC, datada de 9 de abril de 1997, o programa UCA permitiu que educadores inovassem suas atividades pedagógicas com a presença das tecnologias. Foi aberto um leque enorme de possibilidades e de complexidades relativas à presença de computadores nos processos de ensino e de aprendizagem, complexidades, essas, de ordem cognitiva, pedagógica e administrativa. Ainda que a internet permitisse o compartilhamento de experiências educativas e softwares a serem utilizados nas atividades<sup>60</sup>, a incorporação de tecnologias aos planos de aula dos professores foi (e continua sendo) bastante lenta. Muitas das razões para isso, principalmente as voltadas à prática docente no ensino de ciências, foram estudadas por Schuhmacher (2014). A autora explica que há barreiras que comprometem o uso das TDICs na prática docente, e que estas barreiras estão presentes na forma de "obstáculos estruturais, epistemológicos e didáticos". (SCHUHMACHER, 2014, p. 239).

Dentro desses obstáculos para a adoção ou efetiva integração das TDICs ao currículo, volto-me preferencialmente ao estudo daquilo que tenho entendido como sendo de grande interesse dos professores, e que tem relação com a possibilidade de tornarem-se, eles mesmos, autores de seus próprios materiais didáticos digitais. É importante entender este meu recorte uma vez que não estendo esta minha pesquisa a outras formas de uso das TDICs, e sim, somente àquelas que, na condição de também serem tecnologias digitais, permitem a criação de outros materiais igualmente entendidos como tecnologias digitais. As ferramentas de software atuais permitem isso. Com alguma capacitação, já é possível ao professor criar produtos multimidiáticos, imagéticos,

60 Cite-se, por exemplo, o Banco Internacional de Objetos Educacionais do MEC, disponível em <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br> e o Portal do Software Público Brasileiro, disponível em <https://softwarepublico.gov.br>.

*blogs, Web Sites* e apresentações interativas. É relevante, ainda, o fato de que a criação desses materiais didáticos digitais expõe requisitos de compatibilidade técnica desde suas concepções. Ou seja, o professor busca a segurança de que aquilo que está criando irá, efetivamente, funcionar no laboratório da escola e no computador pessoal do aluno quando da execução da atividade prevista<sup>61</sup>.

Porém, com relação a esses referidos softwares de criação, quanto mais simples de serem usados, menos recursos estruturados de programação oferecem. Isso limita a interatividade do material digital criado. Tomemos por exemplo o caso do Libre Office Impress. Trata-se de um software livre que permite a criação de apresentações digitais que, dependendo de como foram programadas, tomam a forma de um software multimídia interativo. Essas apresentações são de relativamente fácil criação e de grande compatibilidade com os sistemas operacionais predominantes nas escolas brasileiras<sup>62</sup>. Existem outros softwares que poderiam ser utilizados para esta finalidade, mas considerando essas características, em particular a facilidade de uso e gratuidade, ele torna-se um bom exemplo de análise.

- 61 Uma reflexão propositiva com relação aos formatos de arquivos através dos quais programas educativos são disponibilizados no ambiente Linux, pode ser encontrada em SCHAEFFER, A.G.; PEREIRA, A.M.O. Letramento digital e tendências da informática educativa na formação continuada dos educadores das escolas do campo. In: MOHR, N.; SANCEVERINO, A. (Org.). **Campo, educação e trabalho**: reflexões pedagógicas em construção. 1ed. Tubarão: Copiart, 2016, p. 87-102.
- 62 Para aprofundamentos com relação ao uso de apresentações do Libre Office Impress e da linguagem de programação Java em computadores do programa UCA, consultar SCHAEFFER, A.G; KORF, G.M.; ZORTÉA, A. Desenvolvimento da consciência fonológica através de objetos de aprendizagem em computadores do programa UCA. **Anais do V Congresso Brasileiro de Comunicação Alternativa**, 2013. Gramado, Brasil. Disponível em: [http://www.ufrgs.br/teias/isaac/VCBCAA/pdf\\_resumo/114468\\_1.pdf](http://www.ufrgs.br/teias/isaac/VCBCAA/pdf_resumo/114468_1.pdf). Acesso em: 04 set. 2017.



Dessa forma, o que é possível fazer com o Libre Office Impress? No rol de possibilidades a serem implementadas através dele, quando da criação de um material educativo digital, estão a inserção de imagens, vídeos, sons, textos e *hyperlinks*. Qualquer coisa que fuja disso já exigiria a migração para um trabalho interdisciplinar de criação de objetos de aprendizagem. Isso envolveria, no mínimo, pessoal com conhecimento técnico, para dar conta da construção digital em alguma linguagem de programação, e pessoal com conhecimento pedagógico para orientar os trabalhos, implicando, por vezes, em custos que os inviabilizam.

Uma alternativa existente é de o professor aprender programação, mas tanto o tempo de aprendizado de uma linguagem de programação, quanto o tempo de construção de um material didático digital, são grandes.

Desenvolvo este raciocínio para defender que o que há nas plataformas eletrônicas de prototipagem voltadas à robótica educativa, no que difere das outras formas de criação de materiais pedagógicos digitais, é a escalabilidade. Ainda que identifique-se a necessidade de conhecimentos sobre eletrônica, mecânica, programação e comunicação para uso dessas plataformas, sempre é de uma maneira escalável: a necessidade de apropriação de conhecimentos de todas essas referidas áreas aumenta na mesma proporção em que aumenta a complexidade do que está sendo criado. Isso permite ao professor tomar por base apenas conhecimentos mínimos de programação e eletrônica para montar um experimento com um sensor de monóxido de carbono, como aquele que foi tomado como exemplo no capítulo 4. A demanda, nestes casos, por conhecimentos técnicos referentes à instalação de programas e a correções, para se dar início ao uso dessas tecnologias, é pequena<sup>63</sup>. Isso

63 Para aprofundamentos quanto a dificuldades docentes na instalação de programas e objetos de aprendizagem em computadores com sistema operacional Linux, consultar SCHAEFFER, A.G. Administração e automatização de atividades nos uquinhas. **Anais do II Seminário Nacional de Inclusão Digital**, 2013. Passo Fundo, Brasil. Disponível em:

permite ao professor focar-se em seu conteúdo curricular, e não em aspectos técnicos complexos que poderiam demandar muito tempo para serem resolvidos.

Não se pode, no entanto, atrelar a escalabilidade das plataformas a limites aparentemente evidentes. Ou seja, ainda que se possa criar experimentos simples focados em conteúdos curriculares, pode-se criar experimentos complexos. Apenas para exemplificar, o trabalho de Park et al. (2016, p. 7) apresenta um sistema integrado para detecção de patógenos por medidas de anisotropia de fluorescência, e que possibilita aos médicos determinarem mais rapidamente qual deve ser o tratamento mais efetivo para uma infecção. Os autores explicam que um microcontrolador Arduino Mega 2560 foi programado para controlar as fontes luminosas, realizar a gravação de dados em tempo real, e para comunicar-se por *bluetooth* com um dispositivo externo, como um smartphone, onde uma aplicação exibe os resultados.

Ainda que trate-se de um artefato certamente difícil de ser construído, quero chamar a atenção para o fato de serem facilmente implementáveis didaticamente os processos de comunicação e de gravação de dados. A Figura 19 exibe um código que permite à placa comunicar-se com um smartphone ou qualquer outro dispositivo por *bluetooth*. O algoritmo consulta periodicamente (em *loop*) se alguma informação foi recebida e analisa, quando positivo, se tal informação é igual ao sinal (ou carácter) ‘1’ e, se sim, acende um LED conectado à porta digital número 7 da placa controladora. Caso a informação recebida seja igual ao sinal ‘0’, apaga este mesmo LED. A escrita digital, no caso, nada mais é do que estabelecer uma tensão diferente de zero (5 volts por exemplo) na referida porta. Sensibilizaria qualquer outro tipo de atuador que ali fosse conectado. Refiro-me a um LED a título de exemplo.

Observemos agora, neste outro exemplo da Figura 20, um código

<http://gepid.upf.br/senid/download/senid2013/Painel/110042.pdf>>. Acesso em: 04 set. 2017.

para gravação de dados, também mencionado no trabalho de Park et al. (2016) como sendo parte do trabalho realizado pelo microcontrolador. Reitero que os códigos aqui sendo apresentados não são os utilizados pelos autores. Apenas tomo de exemplo para evidenciar que esses processos algorítmicos de comunicação e de armazenamento, que podem soar complexos em demasia, não o são. Neste caso, os dados obtidos de um sensor de gás natural por leituras da porta analógica número 1, na frequência de uma leitura por segundo, são armazenados em um arquivo-texto com nome “dados.txt” dentro de um cartão de memória conectado à placa.

*Figura 19 - Leitura de sinais enviados por bluetooth ao microcontrolador Arduino*

```
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(7,OUTPUT);
}

void loop()
{
  if(Serial.available())
  {
    char key=Serial.read();
    if( key=='1') digitalWrite(7,HIGH);
    if( key=='0') digitalWrite(7,LOW);
  }
}
```

Fonte: elaborado pelo autor

Uma abordagem pedagógica que se utiliza desses recursos não restringe-se a uma construção tecnológica realizada somente pelo professor e meramente utilizada pelo aluno em laboratório ou sala de aula. Trata-se de algo que pode e deve ser construído por ambos, professor e aluno, alinhando-se aos objetivos pedagógicos

preestabelecidos.

*Figura 20 - Gravação de formato texto em cartão de memória*

```
void loop() {  
  
    int mq4 = analogRead(1);  
  
    File dataFile = SD.open("dados.txt", FILE_WRITE);  
    if(dataFile) {  
        dataFile.println(mq4);  
        dataFile.close();  
        delay(1000);  
    }  
}
```

Fonte: elaborado pelo autor

Entendo que foi importante desenvolver esta visão de escalabilidade até aqui porque, para a subsequente apresentação a ser detalhada do que chamei de eixo **programação - robótica educativa** e de suas respectivas ferramentas constituintes, tal visão deve favorecer uma orientação a um horizonte de possibilidades, muito além de meramente compreendê-las como mais uma complexidade a ser superada na já difícil atividade docente, ou ainda outro modismo passageiro.

## 5.1 ROBÓTICA EDUCATIVA

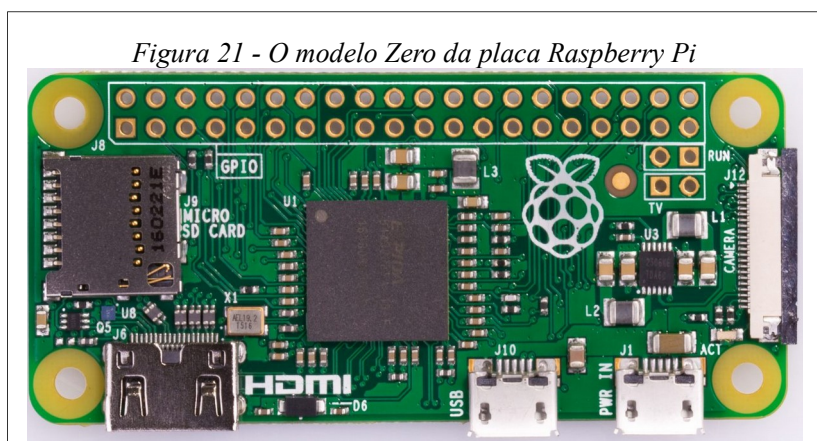
As plataformas de prototipagem eletrônica são conjuntos de software e hardware voltadas à construção de protótipos ou mesmo de produtos tecnológicos para os mais diversos fins. Os dois exemplos mais populares são o Arduino<sup>64</sup> e o Raspberry Pi<sup>65</sup>. Apesar de os propósitos gerais de ambos os hardwares serem os mesmos, existem muitas diferenças entre eles. Talvez seja possível dizer que a maior delas tem

64 Web Site: <https://www.arduino.cc>

65 Web Site: <https://www.raspberrypi.org>

relação com a presença, na placa Raspberry Pi, de um sistema operacional Linux, inexistente na placa Arduino. Cressey (2017) aponta que o número de artigos nas bases de dados de publicações científicas Scopus e PubMed, tendo por filtro os termos Raspberry Pi ou Arduino, que era próximo de zero em ambas no ano de 2010, passou para cerca de 400 na primeira delas e para cerca de 80 na segunda em 2016.

No viés pedagógico, os dois atendem perfeitamente as perspectivas sendo abordadas nesta tese. O poder de processamento e as possibilidades da placa Raspberry Pi acabam sendo maiores, mas a complexidade de uso aumenta na mesma proporção. A Figura 21 mostra um dos modelos mais simples da placa Raspberry Pi, o Zero.



Fonte: Raspberry Pi Web Site<sup>66</sup>

Ainda que ambas as placas ou plataformas de prototipagem possam ser usadas para os propósitos educativos aqui sendo abordados, elejo a placa Arduino para análise por sua maior simplicidade de uso e por seu menor custo. Além disso, trata-se de uma placa *open-source* o que permite que a mesma seja usada em qualquer projeto sem que seja

66 Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-zero>>. Acesso em: 07 set. 2017.

necessário preocupar-se com direitos autorais ou retenção de propriedade intelectual. Pode-se, inclusive, criar uma placa equivalente de maneira que, para isso, o próprio *Web Site* do projeto disponibiliza tutoriais que auxiliam neste processo<sup>67</sup>. A Figura 22 mostra o modelo básico da placa Arduino, o Uno.



*Figura 22 - O modelo Uno da placa Arduino*

Fonte: Arduino *Web Site*<sup>68</sup>

Ao baixo custo para aquisição da placa soma-se o fato de sua instalação em computadores ser extremamente simples, também sendo compatível com as principais versões de sistemas operacionais encontradas atualmente nos laboratórios das escolas, como o Ubuntu Linux e o Linux Educacional, amplamente distribuído em computadores do PROINFO.

67 Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Main/Stand-aloneAssembly>>. Acesso em: 07 set. 2017.

68 Disponível em: <<https://store.arduino.cc>>. Acesso em: 07 set. 2017.

Por receber alimentação da própria porta USB do computador, um projeto educativo com base no Arduino dispensa a aquisição de outras fontes de alimentação. O aprendizado das funcionalidades da placa também pode ocorrer de maneira escalável. Uma vez conectada a uma fonte de energia, a simples conexão de *jumpers* na placa e na *protoboard* já permite acionar atuadores que dão início à compreensão de como os componentes podem ser integrados à placa. Isso é relevante uma vez que, na condição de se permitir uma aproximação de professores sem conhecimentos em eletrônica, faz-se necessário iniciar as abordagens com base em seus conhecimentos prévios, e a equivalência entre a ativação luminosa de um LED, na placa Arduino, e o acendimento de uma lâmpada ao ser conectada em uma tomada residencial, representa um bom passo inicial.

A visão geral eletrônica da placa, superficialmente sugerida no parágrafo anterior, e que permite compreender que toda ela toma por base características elétricas para o seu funcionamento, é complementada pela visão do aspecto programável cujo suporte é dado pela presença do microcontrolador a ela acoplado. Isso permite que uma visão geral do que consiste uma plataforma de prototipagem eletrônica já seja conseguida com pouco esforço cognitivo. Por exemplo, se o LED, que da forma configurada anteriormente permanecia aceso, precisasse piscar para atender a algum objetivo, seria necessária a escrita de um código de programação que fosse carregado para o microcontrolador. Basta, para isso, programá-lo conforme a Figura 23, onde os comandos permitem que ele se mantenha aceso por 1 segundo e apagado pelo mesmo período, estando conectado à saída digital número 13 da placa.

Com essas duas compreensões ou visões estabelecidas, o avanço tende a se tornar natural e adaptativo. Ou seja, na medida em que o indivíduo desejar fazer uso de outros componentes que possam ser integrados a suas intenções pedagógicas, aumentam de maneira proporcional as necessidades de conhecimentos em eletrônica, mecânica, programação e comunicação.

*Figura 23 - Programa para acender e apagar um LED na saída digital número 13 a cada segundo*

```
void setup() {  
  pinMode(13, OUTPUT);  
}  
  
void loop() {  
  digitalWrite(13, HIGH);  
  delay(1000);  
  digitalWrite(13, LOW);  
  delay(1000);  
}
```

Fonte: elaborado pelo autor

Quando se deseja construir artefatos que envolvam movimentações de qualquer natureza, conhecimentos mecânicos começam a se tornar igualmente relevantes. No entanto, a compreensão geral da tecnologia pode ser estabelecida facilmente, permitindo ao professor que em sua prática educativa mantenha-se focado em seus objetivos pedagógicos. Não há, para efeitos de iniciação, sobrecarga cognitiva de natureza eletrônica, mecânica, computacional, e nem com relação à comunicação de dados. A própria combinação de componentes eletrônicos, como sensores e motores, pode ser feita sem a necessidade de reconstruir por completo o artefato, bastando acoplar o novo dispositivo à placa e adequar o programa criado para contemplar sua presença, na busca pelo novo objetivo pedagógico estabelecido.



## 5.2 ESCALAS DE COMPLEXIDADE COM RELAÇÃO À PROGRAMAÇÃO

Dessas quatro áreas de conhecimento citadas, a eletrônica, a mecânica, a programação e a comunicação, a programação merece algum detalhamento já que para a construção de experimentos ou artefatos mais complexos, precisa-se lançar mão de novas estruturas algorítmicas. As linguagens de programação que criam programas de computador a serem executados em *laptops* e *desktops*, ou mesmo aqueles executados em nossos smartphones, os chamados *apps*, interagem com as pessoas essencialmente através das telas. Mouses e teclados predominavam como dispositivos de entrada de informações para os sistemas computacionais até os anos 1990. A partir daí, telas *touchscreen* e mais recentemente os acelerômetros acoplados aos smartphones, bem como os comandos de voz, proporcionaram novas formas de interação. Novos paradigmas de programação foram desenvolvidos, até mesmo em função da onda de aplicações que acompanhou o crescimento da internet e de sistemas com funcionamento distribuído.

Porém, a despeito do crescimento e do surgimento de novas linguagens de programação, estruturas e conceitos como variáveis, constantes, funções, procedimentos, laços de repetição, atribuição de valores a variáveis, vetores, matrizes, tipos de dados, registros e recursividade, são comuns a quase todas elas. As dificuldades de aprendizado com relação à programação, já abordados brevemente aqui nesta tese, são objeto de estudo de muitos pesquisadores. Os grandes esforços para a popularização das linguagens de programação e para a retenção de jovens em cursos de computação iniciou, principalmente, com a linguagem Logo de Seymour Papert, na década de 60, ainda que ela não tenha sido criada para esses propósitos em específico. A partir de então, diversas experiências e aplicativos, com base em jogos ou mesmo sem a presença de computadores, dedicaram-se ao ensino da

programação. Figuram entre os mais populares, atualmente, o Scratch<sup>69</sup> e o Alice<sup>70</sup>, além do *Web Site* para ensino *online* de programação Code.org<sup>71</sup>. Além de serem softwares gratuitos com relação ao acesso e à instalação, comungam do fato de a programação isentar-se da digitação para inserção de comandos e estruturas, funcionando com base em operações de arrastar e soltar do mouse. O objetivo disso é livrar o estudante de eventuais erros léxicos e sintáticos, com vistas a manter seu foco no desenvolvimento lógico. O tempo gasto para a correção de erros de origem léxica e sintática durante o desenvolvimento de um programa de computador, é motivo de grande frustração para o estudante, contribuindo para desistências e baixos desempenhos em disciplinas de ensino de algoritmos.

A Figura 24 mostra um exemplo de código escrito, à esquerda, no ambiente de desenvolvimento do Arduino, e, à direita, o mesmo código no ambiente de desenvolvimento do Alice.

*Figura 24 - Template de programa, à esquerda, no Arduino, e à direita no Alice*



Fonte: elaborado pelo autor

69 Disponível em: <<https://scratch.mit.edu>>. Acesso em: 07 set. 2017.

70 Disponível em: <<http://www.alice.org>>. Acesso em: 07 set. 2017.

71 Disponível em: <<https://code.org>>. Acesso em: 07 set. 2017.

A figura permite observar alguns comandos do Alice disponíveis para utilização, estando localizados abaixo do espaço reservado para o código. Eles podem ser arrastados na medida em que forem necessários. No Arduino, os comandos precisariam ser digitados.

Como pude demonstrar ao longo do texto, a montagem de artefatos robóticos educativos não demanda a criação de longos programas. Também não são necessárias as ferramentas de programação aqui apresentadas (Scratch, Alice e Code.org) para utilização do Arduino. O objetivo principal desta minha apresentação de ferramentas voltadas exclusivamente ao ensino de programação, é esclarecer que, tanto o contato do professor quanto o contato do aluno com tais ferramentas, contribui para o desenvolvimento de habilidades necessárias para a escrita de códigos algorítmicos já que, como vimos, as diferentes linguagens utilizam estruturas de programação similares.

A composição sugerida para a abordagem tecnológica com base no eixo **programação - robótica educativa** mistura, portanto, elementos das plataformas eletrônicas de prototipagem com elementos das ferramentas de ensino de programação voltadas aos públicos infantil e adolescente.

Ainda que não sejam necessários conhecimentos de programação para contatos iniciais com o Arduino, avanços que demandem entendimento de novos conceitos e estruturas algorítmicas podem ser mais facilmente compreendidos se sua iniciação for dada com o apoio dessas ferramentas, tanto que experiências com disciplinas de lógica da programação em cursos superiores já vêm sendo abordadas de maneira híbrida, ou seja, os avanços conceituais das linguagens de programação estudadas são colocados de forma paralela às possibilidades de ensino dessas ferramentas voltadas aos públicos infantil e adolescente (RIBAS, BIANCO e LAHM, 2016). Um desdobramento positivo desse tipo de abordagem poderia ser, para além de um melhor aprendizado, uma

redução nas taxas de evasão de alunos desses cursos<sup>72</sup>.

### 5.3 UM EXEMPLO DE ABORDAGEM HÍBRIDA PARA ENSINO DE ESTRUTURAS DE PROGRAMAÇÃO

Será tomado por base nesta tese o aplicativo Alice por ter características comuns aos dois outros citados (Scratch e Code.org) e por ter outras duas características que o distinguem dos demais: seu ambiente de desenvolvimento permite a criação de mundos tridimensionais e sua concepção é voltada à preparação de estudantes para a programação orientada a objetos, declarada e especificamente ao aprendizado da linguagem Java.

O Alice teve seu desenvolvimento aprimorado ao longo dos anos, com várias pesquisas realizadas no tocante a avaliações e criação de metodologias para ensino de programação a crianças e adolescentes<sup>73</sup>.

- 72 Para citar apenas um exemplo, o Relatório de Evasão nos Cursos de Graduação da Universidade Federal da Fronteira Sul, edição de 2014, elaborado pelo Grupo de Pesquisa em Educação Popular - GRUPEPU, aponta que no primeiro ano de existência do curso superior de Ciência da Computação daquela universidade, ingressaram 110 alunos em duas turmas, tendo permanecido, ao final do primeiro ano, somente 46 alunos. Seguramente a taxa de evasão de 58,18% tem origem em aspectos multivariados, e não é determinada apenas por frustrações decorrentes do ensino da programação de computadores. Mas, com igual segurança, pode-se afirmar que parte deste percentual tem origem, direta ou indiretamente, na dificuldade de aprendizado da programação de computadores.
- 73 Maiores aprofundamentos sobre a evolução e sobre estudos pedagógicos realizados com o Alice podem ser consultados nos trabalhos SCHAEFFER, A. G. Computer programming in public spaces for digital inclusion using Alice: challenges and opportunities. **Proceedings of the 2013 Alice Symposium**, 2013. Duke University, EUA. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2532343>>. Acesso em: 08 set. 2017, e em SCHAEFFER, A.G.; A educação integral, as tecnologias e os nativos digitais. In: SILVA, R.R.D. (Org.). **Currículo e docência nas políticas de ampliação da jornada escolar**: possibilidades na formação continuada de professores. 1ed. Porto Alegre: Evangraf, 2014, p. 167-180.

Ainda que tenha se popularizado somente em meados da década passada, teve origem em 1995, a partir dos trabalhos do Prof. Randy Pausch, na Universidade da Virgínia (EUA)<sup>74</sup>. Moskal, Lurie e Cooper (2004) avaliaram por 5 anos os percentuais de retenção de jovens em cursos superiores de ciência da computação nos Estados Unidos, e reportam que o jovem com contato prévio com a linguagem de programação Alice, ainda que por um curto período antes de sua entrada na universidade, apresenta maior probabilidade de permanecer estudando computação.

O Alice permite que o estudante crie mundos virtuais tridimensionais e interativos, com objetos estáticos logo que instanciados, porém, programáveis conforme necessário, ou seja, ao arrastar um objeto pré-definido para o mundo virtual sendo criado, pode-se programá-lo para reagir a eventos, deslocar-se no espaço, comunicar-se com outros objetos e com o estudante. Dessa forma, do rol de objetos disponíveis para uso, com vistas a compreender determinado conceito de programação, pode-se tomar por base aqueles objetos que possuem funcionalidades alinhadas ao propósito educativo almejado. No exemplo aqui sendo proposto, analisemos a estrutura de um laço de repetição, existente em qualquer linguagem de programação.

Um laço de repetição é uma estrutura necessária a qualquer programa. Ele implementa a repetição de um processo do mundo físico no mundo abstrato computacional. Tomando por base exemplos matemáticos simples, usa-se laços de repetição para fazer com que um computador calcule o fatorial de determinado número, ou mesmo o número de divisores inteiros desse número com vistas a saber se é um número primo ou não.

O que ocorre muitas vezes é que o estudante não consegue compreender que o laço de repetição não precisa ser, necessariamente,

74 PAUSCH, R. Virtual reality on five dollars a day. In: **Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems**. ACM, 1991. p. 265-270.

um mero constituinte de um programa. Frequentemente, o programa é que é construído dentro de um laço de repetição abrangente, dada a necessidade de implementação de alguma realidade processual do mundo físico. Tomemos, por exemplo, o caso de uma atividade avaliativa desenvolvida na linguagem de programação Pascal solicitada a uma turma da disciplina de Lógica da Programação de um curso de engenharia, que objetivava implementar através de um programa de computador o funcionamento de um computador de bordo de um carro hipotético. O enunciado solicitava que se entrasse somente com as seguintes informações: distância a ser percorrida e tempo desejado para percorrê-la. Através da fórmula, o estudante poderia saber que bastaria dividir a primeira informação pela segunda para saber a qual velocidade o carro deveria se deslocar. Mas nem é preciso complicar demais para que bloqueios cognitivos apareçam. No caso, o carro partia da velocidade zero e aumentava sua velocidade conforme se pressionavam determinadas teclas. Portanto, ele poderia permanecer por um tempo indeterminado em qualquer velocidade, inclusive parado, exigindo que os cálculos de distância percorrida e da velocidade sugerida para completar o percurso no tempo desejado, fossem feitos constantemente, de maneira repetida. Eis a razão pela qual todo o programa deveria estar inserido em um laço de repetição. Se o tempo do ciclo desse laço de repetição fosse de um segundo, contabilizar-se-ia o tempo a cada iteração levando a variável de tempo decorrido para todos os cálculos em que ela fosse necessária, cumprindo ela, assim, uma função de variável acumuladora de tempo. Superado este obstáculo de abstração que dificulta o início da implementação, bastaria coletar a cada iteração a distância percorrida e a velocidade atual para, ao final, mostrar as mais variadas estatísticas.

Compreenda-se neste exemplo que a dificuldade não reside em entender do que se trata um computador de bordo, nem mesmo a matemática e a física por trás do cálculo de velocidades. Reside, sim, na abstração necessária para adaptar de maneira análoga o processo do mundo físico para o mundo lógico computacional, lançando mão de estruturas algorítmicas básicas.

Num caso como esse, o Alice poderia contribuir ao permitir a visualização das ações. Vejamos o seguinte exemplo, em que o objetivo é controlar o voo de um helicóptero. Também neste caso toma-se algo cujo funcionamento é de conhecimento dos estudantes: todos sabem como um helicóptero funciona. Sabem que para voar, sua hélice precisa girar. Porém, adaptar-se às estruturas algorítmicas implicará na compreensão da necessidade de proporcionalizar o giro da hélice com a movimentação do helicóptero, com o consumo de combustível e com a mensuração de altitude. Então, supondo-se que o helicóptero precisa mover-se e quando se move sua hélice gira, todo e qualquer controle adicional deve tomar por base o giro da hélice para que a animação criada possa controlar outras variáveis. Neste caso, o giro da hélice não é somente um processo implementável através de uma estrutura de repetição, ele é a própria estrutura dentro da qual a programação toda se desenvolve. A Figura 25 mostra a configuração de um mundo tridimensional no Alice em que precisa-se programar o voo de um helicóptero.



Fonte: elaborado pelo autor

Na Figura 25, os números 1, 2 e 3, em vermelho perto do centro, representam três comandos inseridos dentro do laço de repetição - *loop*. Neste caso, os números apontam para três ações: o giro da hélice, realizada pelo comando ao lado do número 1, o decréscimo de uma

variável chamada “Combustível” que registraria a quantidade restante no tanque do helicóptero, realizada pelo comando ao lado do número 2, e o acréscimo de uma variável chamada “Altitude” que registraria o afastamento dele com relação ao solo, realizada pelo comando ao lado do número 3.

Em que pese a existência de inúmeras outras formas de se programar o voo de um helicóptero no Alice, compreenda-se que o principal deste exercício didático é a constatação visual e lógica de que diferentes controles podem estar associados a diferentes ações, numa espécie de adequação estrutural discreta, que, neste caso, implementa-se através da matematização interna ao laço de repetição. Em outras palavras, tanto o giro da hélice quanto a quantidade de combustível no tanque e a altitude do helicóptero, transformaram-se em formulações matemáticas proporcionais. Claramente não há nenhuma relação, no mundo físico, entre o giro da hélice de um helicóptero e o avanço proporcional, linear, de sua altitude ou de seu consumo de combustível, mas o que importa, didaticamente, é o exercício de abstração que busca desenvolver, no estudante, a compreensão da necessidade de representação matemática do mundo físico e da adequação às estruturas algorítmicas que a informática pode oferecer com vistas à criação de modelos computacionais.<sup>75</sup>

Ainda que os exemplos do exercício para a criação do computador de bordo e do exercício para fazer o helicóptero voar sejam diferentes, representam processos do mundo físico implementados em linguagens computacionais e adequados a uma estrutura de programação com funcionamento idêntico: o laço de repetição. Nas plataformas eletrônicas de prototipagem, como o Arduino, toda a programação também é feita dentro de uma estrutura de repetição, o que deve levar um estudante a compreender que um artefato tecnológico como um robô, por exemplo, está constantemente obtendo e processando informações do meio físico no qual se encontra, e toma suas ações com base no resultado desse

75 A referida animação está disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=4b2nnF978og>



processamento.

#### 5.4 AS LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO E OS CONTEÚDOS CURRICULARES

No capítulo em que foi abordado o amparo epistemológico para a educação em ciências com tecnologias, foram feitos alguns apontamentos em direção a possibilidades interdisciplinares e sugestões de relacionamentos entre conteúdos das áreas de física, química, biologia, matemática e língua inglesa com os conhecimentos necessários para o aprendizado das plataformas eletrônicas de prototipagem.

Aqui onde apresenta-se com algum detalhamento o papel da programação, cabe retomar aspectos interdisciplinares e que estabelecem relações entre conteúdos curriculares e tecnologias. No caso específico, chamo a atenção para a intensa relação entre a língua portuguesa e as linguagens de programação. Comandos, funções e nomes de estruturas são exemplos de símbolos ou palavras que compõe o conjunto léxico de uma linguagem de programação, a exemplo das palavras que compõe o conjunto léxico da língua portuguesa. Erros de grafia em uma frase escrita em língua portuguesa, dependendo do caso, podem ser facilmente ignorados por quem a lê, permitindo igual compreensão comparando-se à situação em que a frase estivesse correta. Por exemplo, na frase “O sol está muito bonito”, e na frase “O sol está muinto bonito”, com o advérbio grafado erroneamente na segunda, temos um erro que pode ser ignorado pois a semântica das frases continua a mesma. Neste caso, ignoramos o erro de grafia e facilmente compreendemos o significado da frase. O mesmo vale para análises sintáticas. Na mesma frase, se escrevermos “O sol muito está bonito”, em que não há erro de grafia, compreendemos seu significado ainda que haja um erro sintático.

As linguagens de programação não toleram erros de origem léxica e nem sintática. Como anteriormente explicado, as ferramentas de ensino de programação para crianças e adolescentes, que se utilizam de

operações para arrastar e soltar comandos, evitam a maioria desses problemas, mas isso limita-se ao tempo em que o estudante estiver fazendo uso dessas ferramentas. A partir do momento em que o mesmo avançar para uma linguagem de programação de uso profissional, essas questões entrarão em cena. Esses cuidados passarão a ser necessários. Em função disso, as interfaces de desenvolvimento se utilizam de recursos como cores, inserção automática de símbolos, avisos de compilação, dentre outros recursos, a fim de minimizar as chances de ocorrerem erros dessas naturezas. Por outro lado, esse problema não se limita às linguagens de programação. São exemplos de outras aplicações que realizam análises léxicas e sintáticas as janelas de acesso ao cerne dos sistemas operacionais, onde comandos são digitados para a manipulação de arquivos e pastas, as consoles para manutenção de informações em tabelas nos sistemas gerenciadores de bancos de dados, softwares estatísticos que se utilizam de *scripts*, e até mesmo processos de composição de fórmulas de planilhas eletrônicas.

A relevância de conhecimentos dessa natureza tendo como base as questões léxicas, sintáticas e semânticas da língua portuguesa pode ser exemplificada com a própria interface de desenvolvimento do Arduino. Tomemos por base o mesmo exemplo de código proposto anteriormente para o experimento com o sensor de monóxido de carbono, mostrado pela Figura 26. Neste caso, foi provocado um erro léxico ao se escrever o nome do comando (ou função) *delay* com a letra “D” maiúscula. Já que a palavra “*Delay*” não existe no conjunto léxico da linguagem de programação do Arduino, o compilador apontou o erro “*'Delay' was not declared in this scope*”. Apesar de a mensagem ser bastante específica, e de a interface já sinalizar a palavra escrita incorretamente em outra cor, a correção de um erro léxico como esse pode tomar bastante tempo, principalmente nos primeiros contatos do estudante com a linguagem de programação.

Um conhecimento que toma por base a própria língua falada do estudante, em seus aspectos léxicos e sintáticos, poderia fazer com que ele constatasse que aquele símbolo “não declarado” é uma palavra que o

compilador não conhece. Não há razão para tentativas de solucionar o erro por outras vias.

*Figura 26 - Exemplo de erro léxico provocado em um código do Arduino*

```
void setup() {  
  Serial.begin(9600);  
}  
  
void loop() {  
  Serial.print("Valor lido do sensor: ");  
  Serial.println(analogRead(0));  
  Delay(5000);  
}  
  
'Delay' was not declared in this scope
```

Fonte: elaborado pelo autor

O caso dos erros sintáticos pode ser exemplificado ao retirarmos o parêntese logo após o número 5000, parâmetro que indica uma pausa de 5000 milissegundos no programa. A Figura 27 exhibe o programa modificado para causar um erro sintático.

*Figura 27 - Exemplo de erro sintático provocado em um código do Arduino*

```
void setup() {  
  Serial.begin(9600);  
}  
  
void loop() {  
  Serial.print("Valor lido do sensor: ");  
  Serial.println(analogRead(0));  
  delay(5000;  
}  
  
expected ')' before ';' token
```

Fonte: elaborado pelo autor

Ainda que hajam outras formas através das quais os erros sintáticos se apresentam, neste exemplo o simples conhecimento do significado das palavras em língua inglesa apresentadas pelo compilador já indicaria o erro: é esperado o símbolo ‘)’ antes do ‘;’. Não há nenhuma razão para se buscar a grafia correta dos comandos e das funções já que não se trata de um erro léxico, e sim, sintático.

Por fim, trago um último exemplo intencionalmente criado para exemplificar um erro semântico. Para fins didáticos, utilizarei um programa escrito na interface do Arduino que analisa se um número é primo ou não. No caso, trata-se do número sete. Na Figura 28 podemos ver que a variável de controle do laço de repetição, “i”, utilizada para a contagem dos divisores inteiros do número sete, no retângulo azul, é referenciada dentro do bloco do laço de repetição, retângulo verde, tendo seu valor fixado em dez - retângulo vermelho - quando o programa encontrar o primeiro divisor.

*Figura 28 - Algoritmo para análise de números primos com erro semântico*

```
void setup() {
  Serial.begin(9600);
}
void loop() {
  int i, Num, Divs;
  Num=7;
  Divs=0;
  for(i=1; i<=Num; i++) { if (Num % i == 0) Divs=Divs+1; i=10; }
  if (Divs==2) Serial.println("O número é primo.");
  else Serial.println("O número não é primo.");
  delay(1000);
  exit(0);
}
```

Fonte: elaborado pelo autor

A atribuição do valor dez para a variável “i” não constitui um erro

léxico e nem um erro sintático, mas o algoritmo perde totalmente sua confiabilidade por não fazer o menor sentido a existência de tal atribuição, tanto que começa a gerar respostas erradas, o que caracteriza um erro semântico: o programa perde a sua função, o seu significado. Não seria difícil de se encontrar este erro neste caso específico, mas em programas maiores, erros dessa natureza geralmente são os mais difíceis de se corrigir, ainda mais se forem muitos os cálculos para se chegar às respostas, em que os erros se tornam menos evidentes.

### **Considerações finais deste capítulo**

Há que se reconhecer que a criação de produtos tecnológicos na esfera educativa favorece o aprendizado. Esses produtos podem ser apresentações, planilhas ou textos eletrônicos, relatórios investigativos oriundos de pesquisas na internet, assim como produções de software como programas de computador ou protótipos robóticos programáveis.

Também aqui defende-se que não cabe ao professor o domínio completo dos conhecimentos das tecnologias utilizadas, seja com relação ao hardware, seja com relação ao software. As construções são colaborativas, exercitando assim, o professor, seu papel de mediador.

No que diz respeito à robótica educativa, veremos mais adiante no processo de categorização que há certo descompasso já que a programação aumenta de complexidade em uma proporção um pouco maior do que as outras demandas na medida em que protótipos robóticos evoluem. Isso significa que todas as atividades educativas que envolvam a robótica devem considerar a possibilidade de incluí-la desde os protótipos mais simples construídos, já que os conceitos básicos de programação são mais facilmente compreensíveis quando criados para controles eletrônicos e mecânicos igualmente mais simples.

Dessa forma, as abordagens híbridas de ensino de programação, que envolvem ferramentas voltadas a crianças e adolescentes, podem ajudar. Ainda assim, defende-se aqui que elas não são imprescindíveis em

atividades de robótica educativa já que, como pode-se constatar nos exemplos até então mostrados, as dificuldades inicialmente envolvidas nos projetos são bastante escaláveis, ou seja, pode-se avançar enfrentando novos obstáculos mantendo-se uma certa harmonia ou proporção com relação às complexidades.

Isso é interessante, inclusive, para o professor, que irá se sentir mais seguro podendo focar-se nos conteúdos e objetivos almejados, e não na tecnologia como fim.

O capítulo seguinte será voltado à análise da documentação disponível que versa sobre teorias e práticas de robótica educativa, ou, ao menos, não declaradamente à robótica mas fazendo uso de aparatos eletrônicos programáveis relacionados ao aprendizado. Como já enfatizado, a pertinência dessa análise ancora-se no fato de serem tais materiais as fontes de aprendizado nas quais os professores tenderão a aproximar-se com vistas a desenvolver seus conhecimentos técnicos e pedagógicos sobre o assunto. O capítulo também apresentará a metodologia utilizada para a referida análise.

## 6 ETAPAS E PERCURSO DA INVESTIGAÇÃO

Neste capítulo apresentarei como foram desenvolvidas as fontes metodológicas de investigação, articuladas às discussões teóricas anteriores. A pesquisa teve cunho qualitativo e quantitativo visto que entende-se serem destas duas naturezas os elementos que ajudarão a compreender a problemática investigada. Serão expostos aqui os critérios para seleção do *corpus* documental objeto de análise e a forma como se deu a pesquisa com os professores. Paralelamente, apresentarei o aparato teórico-metodológico utilizado para orientar os trabalhos.

A popularização das plataformas de prototipagem eletrônica se deve, em grande parte, à facilidade de produção de conteúdos digitais experimentada na última década, que de maneira igualmente simplificada, podiam ser disponibilizados na internet. Muitos eletrônicos como câmeras fotográficas digitais, filmadoras, tablets e smartphones, já integravam-se à rede mundial, exigindo poucos conhecimentos de informática para o compartilhamento de produções pessoais. Além disso, a monetarização dos *Web Sites* e canais de vídeo incentivou um grande número de pessoas à produção de conteúdo, a ponto de já haverem muitas, hoje em dia, vivendo profissionalmente a partir da produção e distribuição de conteúdo digital. Calderbank (2013) aponta que a cada dois dias, a humanidade cria, ao registrar em meio digital, cerca de cinco exabytes de novas informações. Para facilitar a compreensão, isto equivale a cerca de  $10^{18}$  bytes no sistema decimal de numeração e a cerca de  $2^{60}$  bytes no sistema binário de numeração. Estima, ainda, que esta mesma quantidade de dados gerada a cada dois dias equivale à informação gravada do início da civilização humana até o ano de 2003. O autor também explica que o maior repositório audiovisual *online* da internet, o YouTube, registra uma média de setenta e duas horas em novos vídeos a cada minuto do dia.

Dentre esses conteúdos estão os tutoriais para construção de protótipos robóticos, na forma de hipertextos e vídeos. Os materiais são, na maioria das vezes, de boa qualidade e geralmente voltados à

construção de experimentos simples, o que facilita muito a apropriação por parte de quem nunca teve contato algum com as tecnologias de prototipagem eletrônica. Tais conteúdos, por isso, precisariam ser objetos desta pesquisa já que é natural que um professor que tenha intenção de agregar a robótica às suas atividades pedagógicas faça uso de tais materiais. Sob o ponto de vista técnico, no intuito de romper a barreira inicial de acesso a essas tecnologias, esses materiais têm muito a agregar. Sob o ponto de vista pedagógico, quase nada.

Outra forma de apropriação de conhecimentos para a produção de protótipos de robótica se dá através da leitura de manuais criados por empresas privadas, que produzem *kits* de robótica educativa e os colocam à venda no mercado. Os manuais têm geralmente o mesmo foco dos tutoriais anteriormente citados, diferenciando-se deles somente em aspectos específicos voltados a algumas particularidades de seus produtos, como detalhamentos quanto às formas de programação dos dispositivos. Nestes manuais, constata-se uma preocupação um pouco maior quanto a aspectos pedagógicos, já que os produtos são colocados à venda prioritariamente para as escolas.

A terceira opção para o professor interessado em conhecer a robótica educativa se dá através do acesso a artigos acadêmicos sobre o assunto. Ainda que timidamente, tem crescido o número de experiências realizadas por pesquisadores em todo o país no intuito de divulgar as potencialidades da robótica educativa em atividades de ensino. Porém, o que se constata de maneira geral, é que os experimentos realizados têm uma complexidade um tanto quanto grande para um professor iniciante no assunto. Algumas vezes, voltam-se à criação de protótipos eletrônicos dirigidos a conhecimentos estudados em nível superior.

Em síntese, levando em conta essencialmente os custos de apropriação desses conhecimentos, inclusive financeiros, e com foco voltado a professores da Educação Básica, o *corpus* documental objeto de análise dentro desta pesquisa foi constituído de materiais acessíveis, ou seja, tutoriais, vídeo-tutoriais, manuais técnicos, artigos e



documentos acadêmicos. Foram somados a eles documentos oficiais como a Base Nacional Comum Curricular, os Guias de Tecnologias Educacionais do Ministério da Educação e as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica. Por fim, quando se pensa em projetos robóticos em nível educativo, é importante incluir a documentação disponibilizada pela organização da Olimpíada Brasileira de Robótica (OBR), que se consolidou como a mais importante competição nacional do ramo.

Parte significativa desse material documental, excetuando-se os artigos e a documentação acadêmica, bem como os materiais da OBR, foi construída por pessoas sem experiência docente. Também constatou-se que dentre os artigos acadêmicos analisados, boa parte era voltada a experiências referentes a avanços vinculados a pesquisas ou a conhecimentos de nível superior. A presente pesquisa, se assim fosse delimitada, careceria de investigações justamente no local onde existe maior potencial para realização de mudanças significativas alinhadas ao que defendo: a Educação Básica. Sendo assim, é crucial dedicar parte dos trabalhos à busca por compreender as concepções desses professores acerca das tecnologias do mundo contemporâneo e das tecnologias voltadas à educação, estas últimas no enfoque de meu estudo que volta-se à robótica educativa. Foi incluído, portanto, no *corpus* documental da pesquisa, um questionário respondido por professores da Educação Básica.

Com base nesses documentos produzidos e coletados, foram realizadas as análises qualitativas e quantitativas amparando as primeiras na metodologia proposta por Moraes e Galiuzzi (2016), de Análise Textual Discursiva, ficando as análises quantitativas à luz da estatística descritiva e inferencial.

A Análise Textual Discursiva (ATD) conforme proposta por Moraes e Galiuzzi, é “uma metodologia de análise de informações de natureza qualitativa com a finalidade de produzir novas compreensões sobre os fenômenos e discursos”. (MORAES e GALIAZZI, 2016, p. 13). Os

autores explicam que a ATD embasa-se em um modelo de teoria compreensiva, que se desenvolve gradualmente ao longo do estudo a partir das intuições que as informações recolhidas possibilitam. Amparada no conceito filosófico da Fenomenologia, que os autores situam entre o materialismo e o idealismo, a ATD, inserida no movimento da pesquisa qualitativa, não pretende testar hipóteses para comprová-las ou refutá-las ao final, mas sim, compreender e reconstruir conhecimentos existentes sobre os temas investigados. (MORAES e GALIAZZI, 2016, p. 33).

A Fenomenologia, conceito sobre o qual se ampara a ATD, baseia-se na percepção dos fenômenos pela consciência humana, fundamentando sua investigação essencialmente na linguagem. (MORAES e GALIAZZI, 2016, p. 24). Os autores explicam que, para Edmund Husserl, criador da Fenomenologia, não importa a relação do fenômeno com o mundo exterior. Interessa apenas o fenômeno puro, tal como se manifesta à consciência. Interessa o fenômeno no sentido subjetivo, o que caracteriza o extremo objetivismo para a Fenomenologia. Une o subjetivismo e o objetivismo extremos em sua noção de mundo e racionalidade. (MORAES e GALIAZZI, 2016, p. 25). Por consequência, a metodologia da ATD comunga da procura pela essência dos fenômenos, o que significaria atingir a compreensão ainda que nunca definitiva. A trajetória circular dessa procura pela essência dos fenômenos denota o caráter iterativo da metodologia de ATD. Como explicam os autores, “em cada volta que damos eliminamos um pouco mais a obscuridade e lançamos um pouco mais de luz sobre o fenômeno”. (MORAES e GALIAZZI, 2016, p. 28). A Fenomenologia reconhece a linguagem como forma de expressar as diferentes percepções de fenômenos e de mundos construídos, e também como algo intrinsecamente ligado à construção da realidade do sujeito, fazendo com que não haja pensamento sem palavras. (MORAES e GALIAZZI, 2016, p. 28).

A ATD, assim como a Fenomenologia na condição de conceito filosófico que lhe serve de amparo, valoriza a investigação da

linguagem, valendo-se essencialmente das manifestações orais e escritas dos sujeitos, sendo a partir da análise destas que a pesquisa fenomenológica extrai as essências dos fenômenos investigados. (MORAES e GALIAZZI, 2016, p. 29).

Entende-se que a adequação da ATD ao tipo de pesquisa realizado se dá essencialmente por esses aspectos de valorização da linguagem e da percepção da presença do ser nas produções orais e escritas dos sujeitos. Mas conforme explicam Moraes e Galiazzi, “fazer pesquisa numa abordagem fenomenológica consiste em delinear o caminho durante a caminhada, em saber conviver com a insegurança de uma pesquisa aberta para modificações no próprio curso de sua realização”. (MORAES e GALIAZZI, 2016, p. 30). Complementam explicando que, ao mesmo tempo em que a Fenomenologia foge de pressupostos em sua investigação dos fenômenos, necessita de uma ideia geral em relação a o quê olhar e a como olhar o fenômeno: para atingir novos níveis de compreensão é preciso ter compreensão global inicial de determinada camada.

Roque Moraes explica que sua aproximação com a Fenomenologia originou-se com seu envolvimento mais intenso com a área da Educação, o que determinou a construção de novas concepções em que a historicidade, o subjetivo e a força determinante do homem tiveram um papel central na sua busca por uma nova concepção de ciência. Explica que seus questionamentos focalizaram-se na questão da objetividade, superando crenças positivistas de que só é válido o conhecimento produzido por métodos das ciências físicas. Ele entende que há muitos métodos de acordo com as várias atitudes de pesquisa e os diferentes objetos de estudo. Para ele, parece cada vez mais claro que as ciências do homem necessitam construir seus próprios métodos e abandonar definitivamente a pretensão positivista da unidade de métodos, e que esses métodos construídos sejam capazes de conjugar o subjetivo e o objetivo na construção de um novo conceito de cientificidade e rigor. (MORAES e GALIAZZI, 2016, p. 19).

Abro um parêntese aqui para fazer um adendo à minha apresentação do início desta tese. Identifico-me em alguns aspectos com a apresentação pessoal relatada por Roque Moraes. Também tive uma formação afastada da área da Educação e minha experiência profissional extra-acadêmica conduziu-me a algumas compreensões acerca do mundo que se constituíram em verdadeiros obstáculos a serem superados quando de minha aproximação com a Educação, o que aconteceu a partir do ano de 2010 na condição de docente em cursos superiores de licenciaturas. Constatava um reconhecimento muito grande por parte dos professores quanto às potencialidades da informática para apoio à aprendizagem. Das diferentes abordagens possíveis para uso das TDICs em educação, destaco aquelas com envolvimento criativo como as preferidas por eles, na forma de produções midiáticas ou objetos de aprendizagem ainda que, em meu entendimento, pairassem sobre os autores de tais conteúdos dúvidas sobre a efetividade dessas atividades com vistas a um aprendizado adequado. Dúvidas que levavam a uma busca por “formas corretas” de se usar tecnologia.

Não há como negar a existência do enfrentamento de uma grande complexidade pelo indivíduo que queira se apropriar da informática em seu viés tecnológico-educativo. Porém, por estarem envolvidos com questões epistemológicas e subjetivas, quando comparados aos processos de apropriação tecnológica os processos pedagógicos são ainda mais complexos. Tem origem aí minha empatia e meus esforços em transitar por caminhos que fogem à minha formação inicial. Esta também é a razão de ser o meu horizonte de pesquisa aquele da práxis pedagógica.

Ao fechar este parêntese, identifico que esta minha trajetória profissional recente representa, como explicam Moraes e Galiuzzi (2016), um conhecimento tácito em consonância com a pesquisa. Constitui-se como um conhecimento que embasa o processo de categorização *a priori* inerente e igualmente legítimo da ATD. Um reconhecimento de que minha interlocução contínua com professores

das diversas áreas do conhecimento, ao longo deste período que antecedeu a pesquisa, já tratava-se da própria pesquisa em andamento.

Início a seguir um detalhamento da ATD, trazendo, depois disso, esclarecimentos metodológicos quanto à coleta de dados realizada e ao público-alvo constituinte, expondo algumas expectativas que antecederam os resultados e iniciando, em seguida, a imersão nas compreensões alcançadas.

## 6.1 ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA – ELEMENTOS DO CICLO DE ANÁLISES

Esta seção apresenta, em maiores detalhes, uma construção interpretativa do que vem a ser a Análise Textual Discursiva segundo Moraes e Galiazzi (2016). Coloco-a na forma de uma construção já que, ainda que evidencie meu esforço por fidelização às ideias dos autores, não fujo ao caráter interpretativo que impregno ao tentar descrevê-la.

Explicam os autores que são quatro os elementos ou etapas que compõe a ATD. Os três primeiros correspondem a um ciclo e se constituem como elementos principais: a **desmontagem dos textos**, o **estabelecimento de relações**, e a **captação do novo emergente**. O caráter da ATD como uma busca por compreender os fenômenos ainda que nunca definitivamente, explicita a essência do quarto elemento metodológico, que é a **auto-organização**. Uma busca pela compreensão oriunda de seu próprio ciclo de análise. Os metatextos produzidos que refletem a emergência das compreensões acerca do tema são, eles próprios, produtos da auto-organização, e ao mesmo tempo, passíveis de desconstrução e de reconstruções racionais e auto-organizadas. Este caráter iterativo e recursivo denota à auto-organização, como uma etapa final, a característica de ser a própria ATD em si.

O processo de desmontagem dos textos recebe dos autores o nome de unitarização. Neste processo, busca-se produzir unidades constituintes ou enunciados referentes aos fenômenos estudados.

Segundo eles, também deve-se levar em conta que todo texto possibilita uma multiplicidade de leituras relacionadas com as intenções dos autores, com os referenciais teóricos dos leitores e com os campos semânticos em que se inserem. Procura-se levar em conta, portanto, a significação implícita ou explicitamente impregnada.

A unitarização leva em conta a existência de um *corpus*, composto de produções textuais (que são produções linguísticas) referentes ao fenômeno e originadas em determinados tempos e contextos. Inclui imagens e outras representações linguísticas. Podem ter sido produzidas para a pesquisa ou podem ser documentos previamente existentes. Os autores trazem como exemplo as transcrições de entrevistas, registros de observação, depoimentos por escrito, anotações, diários, relatórios, publicações, editoriais de jornais e revistas, resultados de avaliações e atas. A unitarização a partir de uma desconstrução busca, assim, perceber os sentidos dos textos em diferentes limites de seus pormenores. É o próprio pesquisador quem decide em que medida fragmentará seus textos, podendo daí resultarem unidades de análise de maior ou menor amplitude. O produto da unitarização oriunda de uma desconstrução é a **unidade de análise** (unidade de significado ou unidade de sentido). As unidades de análise, segundo eles, podem ser definidas partindo-se tanto de categorias definidas *a priori* como de categorias emergentes. Na desconstrução devem ser explicitados critérios de desconstrução, que serão estendidos a todo o *corpus*. Desorganiza-se, nesta fase, o conhecimento existente. Leva-se o sistema semântico ao limite do caos. (MORAES e GALIAZZI, 2016, p. 63).

O segundo elemento do ciclo de ATD preocupa-se com o estabelecimento de relações. É a **categorização**, que, conforme explicam, envolve construir relações entre as unidades de análise, combinando-as, classificando-as, reunindo os elementos unitários do passo anterior na formação de conjuntos que congregam elementos próximos, resultando em sistemas de categorias. Elas possuem tipos e propriedades. Têm origem na compreensão emergida do processo analítico. Para se chegar a categorias pode-se lançar mão de métodos

dedutivos, em que se constroem categorias antes do exame do *corpus*, ou indutivamente quando categorias são construídas a partir do *corpus*, sendo então chamadas de categorias emergentes. (MORAES e GALIAZZI, 2016, p. 47). Um conjunto de categorias é válido quando consegue propiciar uma nova compreensão sobre os fenômenos pesquisados. A categorização deve implicar em uma fuga de fragmentação e de reducionismo, em direção a descrições e compreensões mais holísticas e generalizadas. Segundo os autores, são modos de se visualizar o todo a partir das partes.

Como a construção de categorias sempre leva em conta teorias impregnadas no pesquisador, representa uma etapa em que ele necessita assumir sua função de autor de seus próprios argumentos. Estando as categorias definidas, passa-se para um processo de descrição das relações entre elas no sentido da construção de um metatexto. Exercita-se a explicitação de um argumento aglutinador do todo. Nas abordagens de pesquisa quantitativa, trabalha-se com números. Nas qualitativas, com argumentos. (MORAES e GALIAZZI, 2016, p. 52).

O terceiro elemento do ciclo de ATD ocupa-se da captação do novo emergente, em que os passos anteriores devem permitir a emergência de uma compreensão renovada do todo. Os autores explicam que a comunicação, a crítica e a validação dessa compreensão, constituem o produto final desta última etapa do ciclo de análise. Este produto é um metatexto, e representa um esforço de explicitar a compreensão oriunda da combinação dos elementos construídos ao longo dos passos anteriores. Metatextos expressam os sentidos elaborados a partir de um conjunto de textos. Poderão ser úteis, com vistas à comunicação, alguns esquemas e figuras, mas é fundamental a construção de um texto em que cada uma das categorias ou partes seja perfeitamente integrada num todo. Os autores também destacam que alguns metatextos poderão assumir um caráter mais descritivo, enquanto outros poderão ser mais interpretativos. A despeito dessa possível heterogeneidade, ambos serão sempre incompletos e passíveis de crítica. Um metatexto precisa de uma introdução e de um fechamento. A produção textual combina duas faces

de um mesmo movimento, o aprender e o comunicar. (MORAES e GALIAZZI, 2016, p. 56).

Ainda no que se refere a descrições e interpretações, os autores defendem a compreensão de que descrição metatextual tem sentido de esforço de exposição, já que sempre estamos interpretando aquilo frente a que nos colocamos. A interpretação busca construir novos sentidos e compreensões, afastando-se do imediato e exercitando uma abstração. É um exercício de teorização. Pode-se confrontar a interpretação com teorias já existentes. (MORAES e GALIAZZI, 2016, p. 58). Os autores entendem tal exercício de teorização como fenomenológico-hermenêutico, em que há a proposição de construção de novas teorias a partir do exame do material do *corpus*. Os metatextos não seriam, assim, formas de expressar algo já existente nos textos, mas construções do pesquisador. Por fim, ainda entendem que os produtos de uma análise textual devem ser válidos e confiáveis. Explicam que a construção de validade se daria quando os autores dos textos originais do *corpus*, caso hipoteticamente fossem analisar o produto de uma análise textual discursiva, pudessem se sentir contemplados nos resultados apresentados. Reconhecem, também, que a validade pode ser construída a partir de sua ancoragem argumentativa na realidade empírica, lançando-se mão de citações de elementos extraídos dos textos do *corpus*. (MORAES e GALIAZZI, 2016, p. 61).

São estes, portanto, os três elementos inter-relacionados que formam o ciclo analítico da ATD. A seção seguinte deste capítulo aproximará este enfoque teórico recém-abordado com a pesquisa empírica constituinte desta tese.

## 6.2 CORPUS DOCUMENTAL

O *corpus* documental para análise, como anteriormente descrito, foi constituído de tutoriais, vídeo-tutoriais, manuais técnicos, artigos e documentos acadêmicos, documentos oficiais como a Base Nacional Comum Curricular, Guias de Tecnologias Educacionais do Ministério da



Educação, Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica, bem como da documentação da Olimpíada Brasileira de Robótica e do material produzido através dos questionários respondidos por professores<sup>76</sup>. A seguir será feita uma apresentação do *corpus* documental incluindo os critérios de seleção utilizados para cada um dos tipos.

### 6.2.1 Tutoriais e Vídeo-Tutoriais

Iniciam o *corpus* documental constituinte da pesquisa alguns tutoriais e vídeo-tutoriais sobre a construção de artefatos robóticos disponíveis na internet. É necessário recordar que, não obstante o fato de serem materiais produzidos por quaisquer pessoas, de quaisquer formações e faixas etárias, representam uma documentação de fácil acesso a professores interessados em iniciar abordagens educativas com amparo da robótica, ainda que tenham caráter eminentemente técnico.

Antes da pesquisa, foi difícil estimar a quantidade de documentos que seriam analisados, tendo sido necessário impor um ponto de corte em função do tempo. A pesquisa foi realizada na Internet pela ferramenta de busca do Google (<https://www.google.com.br>), utilizando-se como texto de filtro "Tutorial Arduino". Não foi acessado nenhum *Web Site* exibido por via de anúncios pagos. Os documentos selecionados tinham formato HTML e PDF. O período considerado na procura foi entre 01/01/2015 e 31/12/2017<sup>77</sup>. Foram selecionados os 50 primeiros tutoriais de texto e os 50 primeiros tutoriais de vídeo segundo a relevância estabelecida pelo algoritmo de busca da própria ferramenta.

76 A relação completa dos documentos constituintes do *corpus* documental desta tese de doutorado, por ser muito extensa - 349 documentos, foi disponibilizada para download em <https://goo.gl/qfA4GG>

77 A filtragem gerou a seguinte URL de consulta [https://www.google.com.br/search?q=tutorial+arduino&lr=lang\\_pt&newwindow=1&safe=active&hl=pt-BR&as\\_qdr=all&source=ln&tbs=lr%3A1%2F1%2F2015%2Ccd\\_max%3A1%2Ccd\\_min%3A1%2F1%2F2015%2Ccd\\_max%3A12%2F31%2F2017&tbm=](https://www.google.com.br/search?q=tutorial+arduino&lr=lang_pt&newwindow=1&safe=active&hl=pt-BR&as_qdr=all&source=ln&tbs=lr%3A1%2F1%2F2015%2Ccd_max%3A1%2Ccd_min%3A1%2F1%2F2015%2Ccd_max%3A12%2F31%2F2017&tbm=)

Foram excluídos da seleção os *hyperlinks* que visavam somente à comercialização de produtos (sem oferecer tutoriais) e os *hyperlinks* que continham somente diálogos entre usuários em blogs ou grupos de discussão, ainda que sobre o assunto. Importante deixar claro que nos tutoriais de texto, caso houvesse uma sugestão de *hyperlink* a ser seguido para aprofundamentos conceituais que o autor estivesse sugerindo como relevantes, eles foram seguidos até o primeiro nível, ou seja, consultou-se o *hyperlink* do documento do corpus mas nenhum *hyperlink* de *hyperlink*.

## 6.2.2 Manuais Técnicos

Alguns manuais produzidos por empresas que desenvolvem *kits* de robótica educacional foram agregados ao *corpus* documental. A fim de estabelecer um critério para a coleta de dados, somente foram procurados os manuais técnicos das empresas fabricantes dos referidos *kits* cujos nomes se encontram nos Guias de Tecnologias Educacionais do Ministério da Educação. Recorda-se aqui que os referidos guias constituem-se em um trabalho que iniciou com o lançamento, pelo MEC, de um "Edital de Pré-Qualificação de Tecnologias Educacionais inovadoras", que, segundo o órgão, "representem um referencial de qualidade" e, dentre outros objetivos, que "estimulem especialistas, pesquisadores, instituições de ensino e pesquisa e organizações sociais para a criação de tecnologias". (BEAUCHAMP e SILVA, 2008, p. 14). Estão listadas no documento as empresas **PETe - Planejamento em Educação Tecnológica**, presente nos Guias de Tecnologias Educacionais 2008 e 2011/2012, **EDAcem - LEGO® Education**, presente no Guia de Tecnologias Educacionais 2011/2012, **BRINK MOBIL Equipamentos Educacionais Ltda**, presente no Guia de Tecnologias Educacionais 2011/2012, e **Expoente Soluções Comerciais e Educacionais Ltda**, presente no Guia de Tecnologias Educacionais 2011/2012. A edição 2013 do Guia de Tecnologias Educacionais do MEC não volta-se a abordagens com robótica educativa, logo não são nele listadas empresas fabricantes de produtos educacionais que envolvam robótica.

Há uma única empresa fabricante de um *kit* de robótica educativa a ter seus manuais técnicos inseridos no *corpus* documental desta pesquisa, que é a **Modelix Robotics**, não constante em nenhum dos guias do ministério da educação, e somente em função desta empresa ter vencido a licitação de compra de kits de robótica educacional realizada pela Diretoria de Informática Educativa vinculada à Secretaria Municipal de Educação de Erechim no ano de 2016. Cabe lembrar que apesar desses *kits* terem sido adquiridos, o município, como mencionado anteriormente, ainda não havia realizado atividades de capacitação com professores ou alunos utilizando-se deles. As primeiras atividades com docentes foram realizadas em decorrência desta pesquisa de doutorado. Paralelamente, professoras do Núcleo Tecnológico Municipal desenvolveram as primeiras atividades de robótica educativa com discentes do Sistema Público Municipal de Educação.

### 6.2.3 Artigos e Documentos Acadêmicos

No viés acadêmico do *corpus* documental desta pesquisa, reconheço as bases de dados abertas de catalogação científica e de disponibilização de acesso a artigos acadêmicos como sendo as principais origens de documentação com potencial para embasar o pensamento de professores interessados em fazer uso de novas tecnologias pedagógicas.

Neste enfoque, foi feita a seleção de artigos e documentos com relatos de pesquisas e de experiências pedagógicas que fizeram uso da plataforma de prototipagem eletrônica Arduino. Ainda que existam outras plataformas de prototipagem, ou mesmo esforços de aprendizagem de computação e robótica que não fazem uso de recursos eletrônicos<sup>78</sup>, a presença do Arduino em projetos científicos avançados, como apresentado nos capítulos anteriores, aliada ao seu baixo custo, à sua escalabilidade e à sua compatibilidade, permitem orientar minha

78 Exemplos de atividades de ensino de computação, como números binários, algoritmos e compressão de dados, sem fazer uso de recursos eletrônicos, estão disponíveis em <http://csunplugged.org>.

pesquisa ao filtro “arduino” no que tange ao primeiro critério de busca. Como alguns artigos, teses ou dissertações não trazem, necessariamente, o termo “arduino” nos títulos ou palavras-chave, não foi feito esse tipo de restrição. A procura se deu, portanto, em função da presença do termo “arduino” em qualquer parte do documento. Penso que foram contemplados os interesses de pesquisa segundo este critério uma vez que volto-me aos estudos interdisciplinares e que estabelecem relações entre a aprendizagem de conceitos científicos com as novas tecnologias pedagógicas, estas, por sua vez, necessariamente eletrônicas. Não desmereço, de modo algum, o aprendizado teórico da ciência da computação que, reconheço, pode ser feito sem uso das referidas tecnologias eletrônicas, mas este tipo de aprendizado não constitui-se, por ora, como foco de meu trabalho.

O segundo critério de busca utilizado foi o cronológico. Os trabalhos voltaram-se à documentação publicada entre os anos de 2015 e 2017. Por fim, somente foram analisados trabalhos publicados em português, inglês ou espanhol.

Ainda dentro do mesmo enfoque, a seleção de artigos foi feita através das bases de pesquisa 1) **Redalyc** - “orientada a cobrir as necessidades de informação especializada de estudantes, pesquisadores, e de pessoas com poder de decisão em matéria de desenvolvimento científico e tecnológico, através da recuperação e da consulta de conteúdos especializados e da geração de indicadores que permitam conhecer quantitativamente e qualitativamente a forma através da qual se desenvolve a ciência ibero-americana”<sup>79</sup>; 2) **SciELO** - “modelo para a publicação eletrônica cooperativa de periódicos científicos na internet, especialmente desenvolvido para responder às necessidades da comunicação científica nos países em desenvolvimento e particularmente na América Latina e Caribe, e que proporciona uma

79 Conforme a página *Acerca de* no Web Site *Sistema de Información Científica Redalyc*. Disponível em:

<[http://www.redalyc.org/redalyc/media/redalyc\\_n/estaticasredalyc/acerca-de.html](http://www.redalyc.org/redalyc/media/redalyc_n/estaticasredalyc/acerca-de.html)>. Acesso em: 16 set. 2017.

solução eficiente para assegurar a visibilidade e o acesso universal a sua literatura científica”<sup>80</sup>; 3) **Banco de teses e dissertações da CAPES**, para complementar a pesquisa de artigos com o que se tem produzido recentemente em programas de pós-graduação no Brasil; 4) **ERIC - Educational Research Information Center** - que, apesar de voltado a documentos escritos em língua inglesa, expressa-se “como um mecanismo criado com vistas a coletar e indexar, prioritariamente, materiais relativos à pesquisa educacional que possibilitem a seus usuários compreender e implementar práticas educativas, avaliar e entender políticas educacionais, e expandir o conhecimento e a compreensão da pesquisa em educação”<sup>81</sup>; e, por fim, 5) **Google Scholar**, que apesar de sua incipiência quando comparado a outras bases de indexação, constitui-se em um mecanismo de busca de documentação acadêmica frequentemente presente no discurso docente alinhado à busca pelo conhecimento de tecnologias em educação<sup>82</sup>.

Por fim, como cada uma possui mecanismos próprios de seleção de documentos, exponho aqui como se deu a filtragem em cada uma delas.

### **Redalyc**

Pesquisa por: Artigos

Ano: entre 2015 e 2017

Idioma: Espanhol, português ou inglês

Disciplina: Educação

Filtro: "Arduino"

Total de documentos listados: 12 - analisados: 09

Critério de exclusão: excluídos documentos que apresentavam somente "Arduino" como nome próprio de algum dos autores.

80 Conforme a página **Sobre o SciELO** no *Web Site SciELO - Scientific Electronic Library Online*. Disponível em:

<<http://www.scielo.org/php/level.php?lang=pt&component=56&item=1>>.

Acesso em: 16 set. 2017.

81 Conforme **ERIC SELECTION POLICY (JANUARY 2016)**, disponível em:

<[https://eric.ed.gov/pdf/ERIC\\_Selection\\_Policy.pdf](https://eric.ed.gov/pdf/ERIC_Selection_Policy.pdf)>. Acesso em: 16 set. 2017.

82 Disponível em: <<https://scholar.google.com.br>>.

## **Scielo**

Ano: entre 2015 e 2017

Idioma: Espanhol, português ou inglês

Filtro: Arduino em "todos os índices"

Total de documentos listados: 42 - analisados: 10

Critério de exclusão: excluídos documentos que apresentavam somente "Arduino" como nome próprio de algum dos autores e documentos que não tinham propósito de aplicação pedagógica. Para avaliar se tratava-se de documento de cunho pedagógico, foram lidos os resumos de cada um dos artigos retornados na busca.

## **Banco de teses e dissertações da CAPES**

Ano da defesa: entre 2015 e 2017

Filtro: Arduino

Total de documentos listados: 139 - analisados: 27

Critério de exclusão: excluídos documentos que apresentavam somente "Arduino" como nome próprio de algum dos autores, orientadores, pessoas da banca, e que não se caracterizassem como investigações de cunho pedagógico. Para avaliação, foram analisados os "detalhes" de cada um dos arquivos retornados.

## **ERIC - Educational Research Information Center**

Ano: entre 2015 e 2017

Idioma: Espanhol, português ou inglês

Filtro: Arduino no campo de pesquisa

Total de documentos listados: 18 - analisados: 18

Critério de exclusão: ERIC é uma plataforma que indexa revistas eletrônicas que, por vezes, podem exigir cadastramento e pagamento para acesso a artigos publicados. Foram analisados somente artigos com livre acesso e com enfoque pedagógico.

## Google Scholar

Ano: entre 2015 e 2017

Idioma: Espanhol, português ou inglês

Filtro: "Arduino" no campo de pesquisa

Dado o grande número de documentos listados (aproximadamente 23.900 segundo o algoritmo de busca), a opção foi por manter o critério de ordenação segundo a relevância do próprio mecanismo. Foram analisados da listagem os 100 primeiros documentos. Limitou-se a pesquisa aos 16 primeiros documentos selecionados, sendo estes os que sobraram considerados os critérios de exclusão. Foram escolhidos somente artigos com livre acesso, não foram incluídas patentes e nem citações na listagem e também somente foram escolhidos trabalhos com algum enfoque pedagógico.

### 6.2.4 Documentos Oficiais

Documentos oficiais como a Base Nacional Comum Curricular, os Guias de Tecnologias Educacionais do Ministério da Educação e as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica são fontes importantes já que são tomados por base por escolas em processos de reestruturações curriculares e de Planos Político-Pedagógicos.

### 6.2.5 Documentos da Olimpíada Brasileira de Robótica

São parte do *corpus* documental os documentos técnicos e pedagógicos, na forma de tutoriais, textos e vídeo-aulas, muito bem organizados e disponíveis para download no site da OBR<sup>83</sup>. Constituem os materiais todas as provas teóricas entre os anos de 2007 e 2016, incluindo seus gabaritos (96 documentos no total), 4 vídeo-aulas, todas as 10 edições da Revista Mundo Robótica, 2 manuais de robótica

83 Disponível em: <<http://www.obr.org.br/documentacao>>. Acesso em: 01 set. 2017.

educativa livre com a placa Arduino, 2 manuais de regras para construção de robôs candidatos a participarem da OBR, e 1 manual de estudos dirigido a estudantes interessados na construção de robôs para a competição.

### **6.2.6 Questionários respondidos por Professores**

O trabalho em preparação para a pesquisa com professores compreende os trâmites necessários para a execução de pesquisas com seres humanos. Dessa forma, a presente pesquisa tramitou pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal da Fronteira Sul<sup>84</sup>, e recebeu o Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) número 77093317.8.0000.5564 tendo gerado o parecer consubstanciado de número 2.362.726, julgando esta pesquisa e sua metodologia como adequadas e em conformidade com as resoluções e normas operacionais legais<sup>85</sup>. Entre os documentos necessários para o trâmite, estão autorizações das Secretarias Municipais e da 15ª Coordenadoria Regional de Educação, às quais os professores municipais e estaduais participantes, respectivamente, estão vinculados.

Na região do Alto Uruguai gaúcho, os trabalhos públicos institucionalizados de informática na educação iniciaram-se há menos de 10 anos. Entenda-se por institucionalização a existência de algum departamento ou extensão de secretaria com intuito exclusivo de fomentar a presença de tecnologias em práticas educativas. São constituídos na forma de núcleos, municipais e estaduais, alcançando as escolas sob sua abrangência. Na cidade de Erechim, no Rio Grande do Sul, onde parte da pesquisa foi realizada, a Educação Básica conta com o apoio do Núcleo Tecnológico Municipal, direcionado aos trabalhos

84 Página eletrônica do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal da Fronteira Sul: <https://www.uffs.edu.br/institucional/pro-reitorias/pesquisa-e-pos-graduacao/comite-de-etica-em-pesquisa/apresentacao>

85 A consulta pública a esta pesquisa pode ser feita junto à Plataforma Brasil do Ministério da Saúde em: <http://plataformabrasil.saude.gov.br>



com tecnologias em escolas de ensino fundamental do município, e do Núcleo de Tecnologia Educacional, seu equivalente vinculado ao governo estadual, que direciona-se aos trabalhos com tecnologias em escolas estaduais de ensino fundamental e médio. Importante salientar que trabalhos anteriores voltados à prática educacional com tecnologias já haviam sido realizados na região, ainda antes da existência dos núcleos, mas tinham um caráter mais pontual, na forma de atividades de extensão ou estágios vinculados a alguma instituição de ensino superior pública ou particular.

A parceria da Universidade Federal da Fronteira Sul com o Núcleo Tecnológico Municipal, existente desde a sua criação em 2011, tornou possível elegê-lo como um dos *lócus* para a realização da pesquisa. Das reuniões com as diretorias pedagógicas, sobretudo pela inexistência de, até então, capacitações de robótica educativa ofertadas a professores da região, seja por via do Núcleo Tecnológico Municipal, seja por via do estadual, surgiu a ideia de realizar a pesquisa somente com professores que demonstrassem interesse em participar de uma capacitação em robótica educativa<sup>86</sup>. Este formato impactou diretamente nos dados obtidos, uma vez que somente professores interessados no assunto participaram da pesquisa, refletindo, assim, um recorte investigativo que acaba por evidenciar seu domínio de atuação. Não houve nenhum tipo de imposição para que os sujeitos se envolvessem na capacitação ou no preenchimento do questionário à pesquisa vinculado. Todos os professores que responderam ao questionário foram, portanto, participantes de uma capacitação gratuita em robótica educativa, tomando-se o cuidado para que a coleta de dados fosse feita logo no início de cada atividade a fim de que a resposta do professor não fosse influenciada por eventuais novas formas de conceber a tecnologia, as quais poderiam ser construídas em decorrência dos conteúdos e da abordagem utilizada nas capacitações. Em resumo, nenhum professor foi obrigado a participar da pesquisa para que pudesse participar da

86 Para o caso dos professores do município de Erechim, a divulgação das capacitações também foi feita na cerimônia de abertura do ano letivo 2018, contando com a presença de todos os professores municipais.

capacitação, assim como nenhum professor foi obrigado a participar da capacitação. A íntegra do referido questionário a esta pesquisa vinculado encontra-se no Apêndice 3 deste documento. Uma análise dos resultados encontrados que tomam por base as respostas dadas será elaborada nos capítulos seguintes.

A fim de dar à pesquisa um caráter mais regional, foi estendida com o mesmo formato à cidade de Getúlio Vargas, que sucede a cidade de Erechim em tamanho dentro da região do Alto Uruguai. Neste caso, o trabalho foi feito por via da Secretaria Municipal de Educação daquele município e diretorias das escolas. Por sugestão daquela secretaria, a pesquisa foi aplicada a professores inscritos em alguma das duas oficinas de robótica educativa realizadas dentro da programação do XIX Fórum Nacional de Educação de Getúlio Vargas, em abril de 2018.

Para tentar equiparar o número de professores dos diferentes níveis da Educação Básica, a pesquisa também ocorreu com professores de ensino médio da cidade de Erechim, através de um trabalho conjunto com a 15ª Coordenadoria Regional de Educação e com seu respectivo Núcleo Tecnológico.

As divulgações ficaram sob responsabilidade das referidas secretarias/coordenadoria. Estimava-se, em função das formas de divulgação utilizadas, que o público-alvo da pesquisa fosse composto de cerca de 100 professores: cerca de 60 em Erechim e cerca de 40 em Getúlio Vargas. O curso de capacitação ofertado teve duração de 20 horas (12 presenciais e 8 à distância), tendo abordado formas pedagógicas de utilização das plataformas de prototipagem eletrônicas para construção de projetos robóticos, de uma maneira voltada ao desenvolvimento e aprofundamento de conteúdos curriculares. Os questionários da pesquisa foram respondidos antes da realização do curso mediante assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, em que o professor foi convidado a participar da pesquisa não implicando em ônus de qualquer natureza a ele caso não quisesse participar. Por fim, os cursos de capacitação foram divulgados a

professores de todas as áreas do conhecimento.

No caso específico da cidade de Getúlio Vargas, os cursos ofertados foram limitados ao período destinado às oficinas do evento. Assim sendo, para aquele caso em particular, os professores que responderam ao questionário participaram de uma oficina de 4 horas de duração e não de um curso de 20 horas como aqueles da cidade de Erechim. Por sugestão da Diretoria de Informática Educativa do município de Erechim, foram capacitadas, ainda, as equipes de diretoria pedagógica do município e as equipes de suporte técnico de informática das escolas municipais, grupos, para os quais foram ofertadas oficinas sobre robótica educativa de, respectivamente, 4 horas de duração e 8 horas de duração. Tal envolvimento ampliado foi considerado importante pela diretoria de informática educativa já que tratava-se do início de um trabalho futuro bastante abrangente.

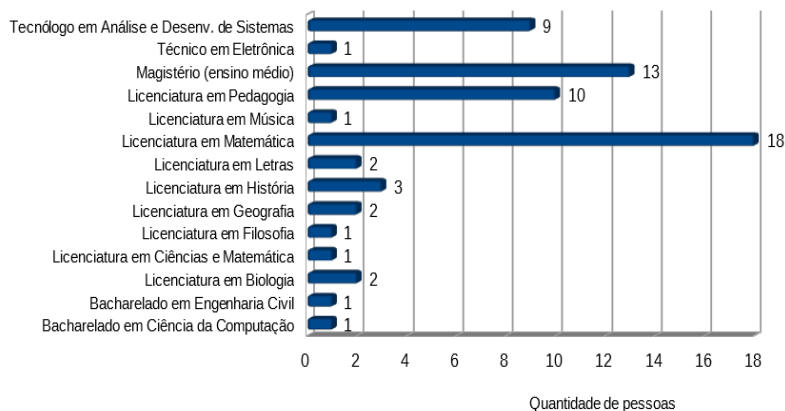
Responderam ao questionário e, portanto, participaram de algum dos formatos de capacitação exatas 50 pessoas. A adesão ficou razoavelmente aquém das expectativas dada a amplitude da divulgação e a relevância do assunto. No entanto, a taxa de desistência foi considerada relativamente baixa, igual a 10%, correspondendo a somente 5 professores que abandonaram uma das duas capacitações de 20h antes do término.

O Gráfico 3 exibe as informações sobre a formação dos indivíduos que participaram das capacitações e responderam ao questionário de pesquisa. O número total constante no gráfico excede 50 porque algumas pessoas possuem graduação em mais de uma área de conhecimento. Foram 9 os participantes da pesquisa que não atuam como docentes. Eles compõem a equipe de suporte técnico da Secretaria Municipal de Educação de Erechim e, com relação aos seus questionários, foram orientados a ignorar as questões 3, 4, 5, 6 e 7 porque elas têm ligação direta com a prática docente.

O Gráfico 4, em sequência, exibe informações sobre a formação em

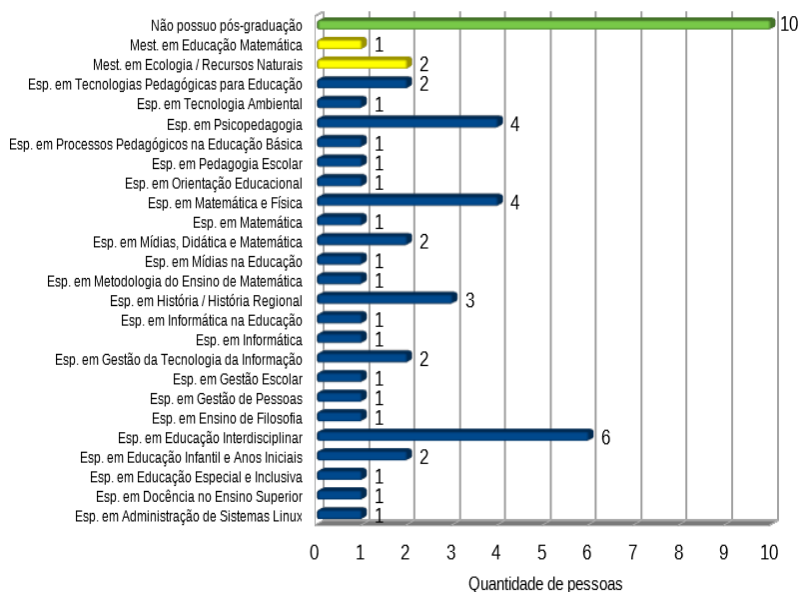
nível de pós-graduação dos participantes da pesquisa, e os nomes dos respectivos cursos foram transcritos conforme as respostas deles próprios. Neste gráfico, barras amarelas correspondem a mestrados e barras azuis correspondem a especializações ou aperfeiçoamentos. Assim como em relação às graduações, algumas pessoas possuíam mais de uma pós-graduação.

*Gráfico 3 - Formação em nível de graduação dos indivíduos participantes da pesquisa*



Fonte: elaborado pelo autor

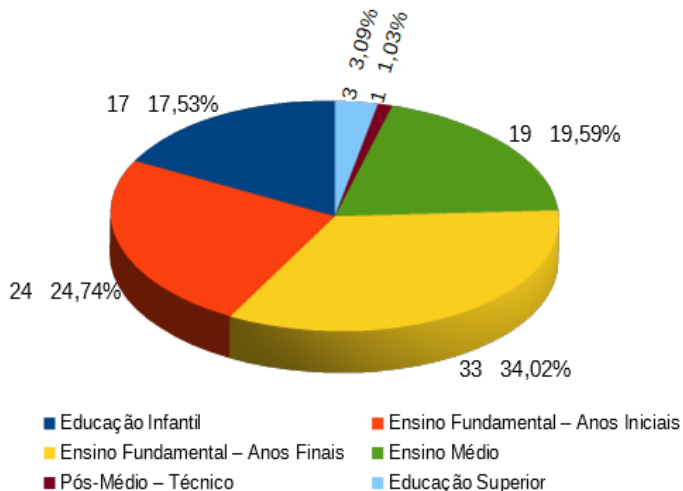
*Gráfico 4 - Formação em nível de pós-graduação dos indivíduos participantes da pesquisa*



Fonte: elaborado pelo autor

Constituem-se, ainda, como informações relevantes do perfil profissional de cada participante, dados sobre os níveis de atuação e dados sobre as áreas de conhecimento com as quais o docente trabalhou. O Gráfico 5 exhibe a quantidade e o percentual de professores que já trabalhou ou ainda trabalha em cada nível, desde a educação infantil até a educação superior.

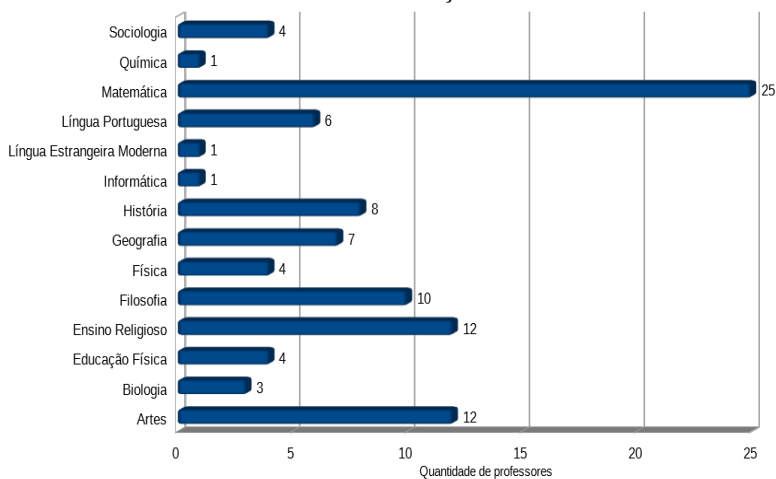
*Gráfico 5 - Quantidade e percentual de professores participantes da pesquisa por nível de atuação*



Fonte: elaborado pelo autor

Já o Gráfico 6 exibe a quantidade de professores em relação à área de conhecimento na qual já atuou ou ainda atua.

Gráfico 6 - Quantidade de professores participantes da pesquisa por área de atuação



Fonte: elaborado pelo autor

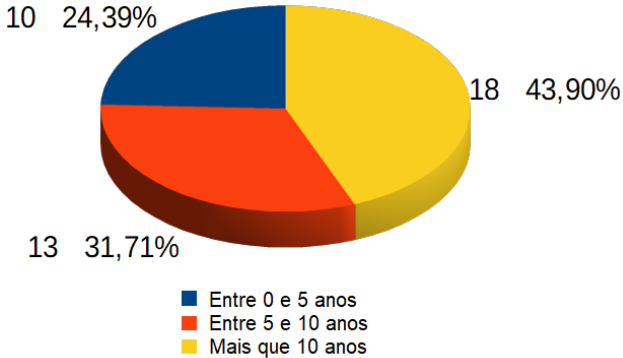
Por fim, foi solicitado aos participantes docentes que respondessem qual o tempo de atuação em cada nível de ensino, através do quê, foi possível calcular o tempo total de experiência de cada docente e agrupar tais informações conforme exibe o Gráfico 7.

As demais informações com relação às respostas do questionário serão analisadas nos capítulos subsequentes.

### 6.3 DESENVOLVIMENTO DAS INVESTIGAÇÕES SOB AMPARO METODOLÓGICO DA ATD

A metodologia de ATD, amparada na Fenomenologia, considera igualmente válidas às categorias resultantes do relacionamento das unidades de análise aquelas consideradas categorias *a priori*.

Gráfico 7 - Quantidade de participantes da pesquisa com relação ao tempo total de atuação como docente



Fonte: elaborado pelo autor

As categorias *a priori*, assim como as categorias que emergem a partir do processo analítico predecessor, congregam elementos próximos e formam um sistema de categorias. Trago novamente tal conceituação para explicar que serão duas as categorias *a priori* relevantes trabalhadas na pesquisa. São fruto do conhecimento prévio deste pesquisador (conhecimento tácito) e atreladas à hipótese principal de pesquisa desta tese. Retomando da introdução, afirmava-se hipoteticamente que o professor reconhece a desconexão entre os avanços tecnológicos da atualidade e os conhecimentos científicos escolares, compreendendo a ciência e a tecnologia como neutras. Entende-se, ainda, que a desconexão bem como a referida compreensão, mencionadas na hipótese, têm potencial de construir obstáculos com vistas a um protagonismo crítico almejado para o jovem que ingressa na universidade.

Derivam-se pois, duas categorias *a priori*: pragmatismo e intradisciplinaridade. A primeira, algumas vezes citada anteriormente no texto, tem relação com uma compreensão utilitarista do conhecimento,



em que só valeria a pena ser ensinado aquilo que pode ser aplicado de imediato na sociedade e que dê retorno financeiro. Exemplifico, novamente, que o discurso em torno da robótica educativa tem sido voltado à construção do artefato robótico para um fim, ignorando-se em boa medida os detalhes dos instrumentos e tecnologias que o constituem, impregnados de conhecimentos e avanços científicos. A segunda delas, a intradisciplinaridade, recebe este nome em função da não percepção de como os componentes curriculares de diferentes áreas do conhecimento relacionam-se com tecnologias que envolvam dispositivos robóticos. Se é verdade que a tecnologia é atrativa para os jovens, e que em função disso o conhecimento escolar deveria se tornar atrativo na mesma proporção, uma das razões para que ele não esteja sendo visto assim pelos estudantes é por não estarmos conseguindo correlacioná-los com as tecnologias do mundo contemporâneo. Intradisciplinaridade, portanto, tem o sentido de práticas educativas isoladas, ou, ao menos, isoladas dos aspectos tecnológicos com os quais os conhecimentos, por elas abordados, têm alinhamento. Por fim, a intradisciplinaridade será analisada pelo viés da articulação entre as questões mecânicas, eletrônicas, comunicativas e computacionais dos instrumentos robóticos pedagógicos. Assumindo-se todos eles como aspectos de igual importância, compreende-se também que projetos pedagógicos de robótica educativa nem sempre contemplarão a todos, no entanto, ainda que quaisquer deles estejam presentes de maneira combinada, a relevância e a apropriação de conhecimentos a eles inerentes devem ser igualmente proporcionais.

Realizou-se, portanto, a análise do *corpus* documental iniciando criteriosamente o processo de desconstrução dos textos na busca por unidades de análise, relacionando-as de maneira orientada à constituição de categorias cujas relações darão origem ao metatexto a ser produzido. Com relação ao metatexto, é importante colocar em evidência que trata-se de um exercício de descrição e interpretação. Moraes e Galiazzi (2016) explicam que

a produção textual, mais do que um exercício de expor algo já perfeitamente dominado e

compreendido, é uma oportunidade de aprender. É um processo vivo, um movimento de aprendizagem aprofundada sobre os fenômenos investigados. Combina duas faces de um mesmo movimento, o aprender e o comunicar. [...] O ser humano se constitui na linguagem e não tem como sair dela para observar um fenômeno. Enxerga as coisas, percebe os fenômenos, lê textos, age sempre a partir de referenciais teóricos constitutivos de domínios linguísticos, os nossos discursos. Por isso está sempre interpretando. Não tem como sair da “prisão” da linguagem e dos discursos sociais. Necessita manifestar-se dentro deles. Seria, então, possível falar em descrição? (MORAES e GALIAZZI, 2016, p. 56).

Com essa compreensão, procura-se estar sempre orientado a conceber descrição e interpretação conforme sugerem os autores (MORAES e GALIAZZI, 2016, p. 57), entendendo a descrição como um esforço de exposição de sentidos e significados em sua aproximação mais direta com os textos analisados, e constituindo-se de um movimento de produção textual mais próximo do empírico, sem envolver um exercício interpretativo mais aprofundado, o que, por sua vez, iniciaria e evoluiria gradativamente na medida em que houvesse um afastamento da realidade mais imediata do texto.

Ainda que não exista nenhuma relação entre a quantidade de unidades de análise identificadas e a qualidade dos resultados obtidos, o relativamente grande número de documentos estudados (349) acabou por gerar um total de 1.029 unidades de análise. Neste sentido, cabe explicitar quais foram os critérios utilizados tanto para a fase de unitarização quanto para a fase de categorização. Esses critérios serão explicados a seguir.

### **6.3.1 Critérios de unitarização**

Na análise do *corpus*, com vistas à constituição de unidades de

análise, foram identificadas as afirmações e explicações dos autores dos documentos acerca da utilidade e da implementabilidade da robótica, seja no enfoque cognitivo e pedagógico, seja no enfoque social ou filosófico. Entenda-se por cognitivo e pedagógico tudo aquilo que diga respeito a aspectos alinhados a construções de conhecimento, inclusive técnicos, ou a metodologias de aprendizado. Já por social ou filosófico, entenda-se como relacionando-se a questões ideológicas e éticas, assim como com relação ao impacto da presença de robôs e de novas tecnologias inteligentes na sociedade, e que venham a repercutir na qualidade de vida das pessoas e no futuro dos empregos.

Neste viés, não foi foco de análise, ou seja, não fez parte do critério de unitarização, tudo aquilo que relaciona-se à base teórica utilizada pelo autor do documento pertencente ao *corpus*. Em outras palavras, se há teorias nas quais um autor se ampara, tenha ele produzido um artigo acadêmico, um tutorial, um manual, uma dissertação, etc., não são conclusões, citações ou referências de suas bases teóricas que foram por ora analisadas nesta pesquisa com vistas à unitarização, mas sim, tiveram foco as compreensões explícitas dos próprios autores dos textos do *corpus*, compreensões estas escritas ou proferidas de maneira pulverizada pelos diferentes tipos de material que compõe o *corpus* documental.

Constituiu-se, assim, uma abordagem complementar indutiva e prospectiva em preparo para a etapa seguinte, de categorização.

### **6.3.2 Critérios de categorização**

Já com relação à etapa de categorização, e ciente de que a metodologia de ATD volta-se à compreensão renovada do todo, é natural que do processo de unitarização decorram categorias novas. Foram gerados dois grupos de categorias. No primeiro nível, que podemos denominar de sub-categorias, foram construídas e identificadas conforme o domínio fenomenológico da robótica na condição de uma temática mais ampla, envolvendo as questões pedagógicas, tecnológicas,

científicas, econômicas, sociais, profissionais, éticas, filosóficas, cognitivas e pragmáticas tal qual se apresentaram na análise do *corpus* documental. Já os critérios de categorização final, que agruparam as sub-categorias, alinharam-se ao foco principal da pesquisa na forma de uma reconstrução crítica do fenômeno investigado, ancorando-se, portanto, nas esferas pedagógicas dos trabalhos de construção de artefatos robóticos educativos.

As sub-categorias, assim sendo, congregam elementos comuns à sua titulação, não significando, necessariamente, que o nome da categoria represente a presença do que é referenciado, mas sim de tudo que a seu nome está intrinsecamente ligado, seja pela presença ou mesmo pela ausência. Em outras palavras, a sub-categoria **Interdisciplinaridade** pode agrupar elementos fenomenológicos que se referem à interdisciplinaridade, bem como a elementos contrários não-interdisciplinares, visto que referem-se a diferentes níveis de interdisciplinaridade. Da mesma forma, para citar outro exemplo, a sub-categoria **Mercado de Trabalho** pode agrupar elementos a ela condizentes, representando a presença ou a geração de novos empregos, assim como elementos a ela contrários, que neste caso, diriam respeito à ausência ou à destituição de postos de trabalho. Algumas sub-categorias e categorias assim se comportarão, e seus títulos devem ser assim interpretados.

O capítulo seguinte agrupará os resultados da pesquisa, tanto no que diz respeito às respostas do questionário quanto à constituição de categorias e sub-categorias de análise com vistas a melhor compreender o fenômeno investigado.

## 7 RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados da pesquisa, envolvendo, portanto, análises com relação às respostas dos questionários e às categorias constituídas. As perguntas do questionário, na forma de afirmativas para as quais o participante expressava seu nível de concordância, são passíveis de análises qualitativas e quantitativas. O que será feito, portanto, será a extração de elementos dessas análises mas não seus estudos em separado, e sim, de forma agregada às novas compreensões alcançadas junto ao processo de categorização, também neste capítulo a ser apresentado.

Ainda assim, alguns dados de cunho explicitamente quantitativo são naturalmente decorrentes desses modelos investigativos, e serão inicialmente expostos. Cada uma das questões pode ser estudada através de estatísticas descritivas, e, assim sendo, para cada uma foi gerado um gráfico de setores que está disponível no Apêndice 1 desta tese. Tais gráficos serão oportunamente referenciados. No entanto, por compreenderem um questionário relativamente grande, com 30 questões, optou-se por apresentações iniciais de seus resultados quantitativos na forma de tabelas com dois diferentes critérios de ordenação.

Os cinco níveis de concordância nos permitem atribuir para cada resposta um valor discreto entre 1 e 5 conforme demonstrado no Quadro 4.

*Quadro 4 - Valores numéricos discretos por nível de concordância*

<b>Discordo Fortemente</b>	<b>Discordo</b>	<b>Não sei</b>	<b>Concordo</b>	<b>Concordo Fortemente</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>

Fonte: elaborado pelo autor

Assim sendo, e assumindo equivalentes as distâncias entre um nível

e outro, é possível, sem prejuízo semântico algum, reconhecer que se somarmos os valores discretos atribuídos para uma determinada resposta, será possível obtermos a média de concordância para a mesma. Ou seja, a título de exemplo, se somarmos os valores entre 1 e 5 obtidos para as respostas dadas a uma pergunta, e se obtivermos uma média próxima de 5, podemos concluir que os participantes, em média, concordam fortemente com a afirmação.

## 7.1 O PROTAGONISMO DOCENTE NOS RESULTADOS DESTA PESQUISA

Ainda que, como explicado no início deste capítulo, os resultados da pesquisa envolvam análises com relação às respostas dos questionários e às categorias constituídas, deve-se, em tempo, destacar que tais resultados e conclusões tiveram suas estruturas fortemente amparadas nos processos formativos elencados na seção 6.2.6 do capítulo anterior desta tese.

Os trabalhos formativos realizados, essencialmente interativos e dialéticos, permitem eleger os sujeitos participantes da pesquisa como verdadeiros protagonistas dos resultados a seguir apresentados. Não somente por terem sido as pessoas que responderam aos questionários, mas também por terem devolvido conhecimentos ao pesquisador na exata proporção em que receberam, conhecimentos, estes, fundamentais para a construção das conclusões e de novas hipóteses que permitirão a continuidade investigativa em futuros trabalhos deste decorrentes.

## 7.2 RESPOSTAS ÀS AFIRMATIVAS DO QUESTIONÁRIO

Retornando à forma de análise quantitativa nesta etapa sendo proposta, sabemos que isoladamente a média aritmética não nos traz uma informação completa, e, assim, duas outras medidas foram utilizadas nas análises: a moda e o desvio-padrão (DP). Na seção seguinte será exibido o quadro do questionário em ordem decrescente de média aritmética, constituindo-se, portanto, como o primeiro critério de

ordenação entre os dois utilizados na análise.

### **7.2.1 Resultados por ordem decrescente de média de concordância**

Os quadros 5 e 6 exibem, respectivamente, a primeira e a segunda parte das respostas. Nesta apresentação, todas as afirmações do questionário estão em ordem decrescente de média de concordância, ou seja, as primeiras questões/afirmações exibidas são aquelas que apresentam-se como tendo as maiores pontuações médias, tendendo, então, a uma forte concordância com aquilo que foi afirmado, enquanto que as últimas questões/afirmações exibidas possuem as menores pontuações médias tendendo a uma forte discordância com o que foi afirmado. Observar que nesta perspectiva não estão sendo consideradas as dispersões, ou seja, o grau de discordância interno a cada uma das afirmativas. Isto será analisado na seção seguinte quando considerado o DP de cada resposta.

Os dados evidenciam que os participantes reconhecem o fascínio dos estudantes pelas tecnologias (média=4,7; moda=5), assim como demonstram ter interesse em fazer uso da robótica educativa para o aprendizado de conteúdos escolares (média=4,4; moda=4). A própria divulgação dos trabalhos vinculados a esta pesquisa, na forma das ofertas de capacitações sobre robótica educativa, induziu, de certa forma, a essas respostas de concordância, já que foram feitos convites aos professores sem nenhum tipo de obrigatoriedade, determinando uma provável adesão somente daqueles que pudessem ter algum interesse ou curiosidade pelo assunto. Isso evidencia-se, ainda, através do baixo número de professores que responderam "Não sei" à questão de número 7 (2 professores), e também por não ter havido nenhum nível de discordância com relação a ela.

*Quadro 5 - Respostas em ordem decrescente de média de concordância*

Afirmção	1 Disordo Fortemente	2 Disordo	3 Não sci	4 Concordo	5 Concordo Fortemente	Média	Moda	Desvio Padrão
1) Os estudantes são fascinados por tecnologias como tablets, computadores, smartphones, internet, inteligência artificial, robôs e games.				15	35	4,7	5	0,5
7) Tenho interesse em fazer uso da robótica educativa para favorecer o aprendizado dos conteúdos por mim abordados.			2	21	18	4,4	4	0,6
8) Um trabalho de robótica educativa deve ser, necessariamente, interdisciplinar, envolvendo professores de diferentes áreas.		3	4	16	27	4,3	5	0,9
13) Devemos nos adaptar à tecnologia na medida em que a mesma avança a partir dos avanços da ciência.		2	3	27	18	4,2	4	0,7
12) Devemos nos adaptar à ciência na medida em que a mesma avança a partir da exploração do mundo em que vivemos.		4	4	25	17	4,1	4	0,9
24) Alunos que criam robôs que se utilizam de sensores programados algorítmicamente para perceberem e interagirem com o mundo real estão, assim, aprendendo tecnologia.		2	4	33	11	4,1	4	0,7
25) A tecnologia é a ciência aplicada.			6	36	8	4,0	4	0,5
23) Alunos que criam apresentações de slides, acessam a internet, montam planilhas eletrônicas e utilizam aplicativos de computador vinculados a atividades de planos de aula, estão, assim, aprendendo tecnologia.		5	2	35	8	4,0	4	0,7
26) A tecnologia deve ser eficiente e orientada para a resolução de algum problema.		4	4	33	9	3,9	4	0,8
2) Minha área de conhecimento tem relação com a criação de tecnologias como tablets, computadores, smartphones, internet, inteligência artificial, robôs e games.	4	4	4	22	16	3,8	4	1,2
28) A educação tecnológica deve valorizar a eficiência e ser orientada para a resolução de algum problema.		5	5	33	7	3,8	4	0,8
27) A ciência deve ser eficiente e orientada para a resolução de algum problema.		8	2	31	9	3,8	4	0,9
29) A educação científica deve valorizar a eficiência e ser orientada para a resolução de algum problema.		5	7	30	8	3,8	4	0,8
5) Sou capaz de exemplificar de que forma a utilização profissional de tecnologias como tablets, computadores, smartphones, internet, inteligência artificial, robôs e games, é dependente dos conteúdos por mim abordados em minha atividade docente.		4	5	29	3	3,8	4	0,7
15) Pessoas sem conhecimento de processos de criação de artefatos tecnológicos podem participar de suas concepções através de sugestões e opiniões.		3	10	34	3	3,7	4	0,7

Fonte: elaborado pelo autor



*Quadro 6 - Respostas em ordem decrescente de média de concordância (continuação)*

Afirmiação	1 Discordo Fortemente	2 Discordo	3 Não sei	4 Concordo	5 Concordo Fortemente	Média	Moda	Desvio Padrão
3) Os conteúdos por mim abordados em minha atividade docente contribuem para a formação de indivíduos com capacidade de utilizar produtos tecnológicos em suas futuras profissões.	2	4	5	22	8	3,7	4	1,0
14) A tecnologia deve ser orientada para a satisfação das necessidades humanas.	1	8	6	28	7	3,6	4	1,0
18) Sou capaz de exemplificar um caso de criação tecnológica que tenha origem em conhecimentos e necessidades coletivas.	1	3	16	23	7	3,6	4	0,9
4) Os conteúdos por mim abordados em minha atividade docente contribuem para a formação de indivíduos com capacidade de criar novos produtos tecnológicos em suas futuras profissões.	3	3	10	21	4	3,5	4	1,0
6) Sou capaz de exemplificar de que forma a criação de tecnologias como tablets, computadores, smartphones, internet, inteligência artificial, robôs e games, é dependente dos conteúdos por mim abordados em minha atividade docente.	1	5	10	24	1	3,5	4	0,8
19) Considero normal a minha necessidade frequente de substituição de artefatos tecnológicos como computadores e smartphones já que essa substituição ocorre em função da rápida evolução da tecnologia.	1	14	3	25	7	3,4	4	1,1
22) A criação de um protótipo robótico funcional é uma forma completa de avaliar o aluno, pois mostra que ele conseguiu colocar em prática conhecimentos que aprendeu.	3	10	7	21	9	3,4	4	1,2
16) Erros podem ocorrer em decorrência de avanços tecnológicos, mas são inevitáveis e aceitáveis quando em prol do avanço da humanidade.	3	7	8	29	3	3,4	4	1,0
11) Uma arma é um instrumento tecnológico neutro, pois pode ser usada para "coisas boas" e "coisas ruins".	6	9	11	22	2	3,1	4	1,1
21) Construir um robô favorece o aprendizado do aluno já que trata-se de um processo em que se constrói algo concreto, não dependendo, portanto, de conhecimentos abstratos.	5	15	8	18	4	3,1	4	1,2
10) Uma calculadora é um instrumento tecnológico neutro, pois pode ser usada para calcular "coisas boas" e "coisas ruins".		19	11	19	1	3,0	2	0,9
9) Um trabalho de robótica educativa deve ser voltado à criação de algo conectado às necessidades das pessoas, e não direcionado à aprendizagem de algum conceito científico ou de um conteúdo sendo abordado.	5	23	4	13	5	2,8	2	1,2
17) Somente os cientistas deveriam ter poder de decisão quanto ao desenvolvimento de tecnologias já que elas podem ser perigosas.	4	35	2	8	1	2,4	2	0,9
30) Com vistas a otimizar o tempo dedicado ao aprendizado em sala de aula, o ensino de ciências deve focar-se nos resultados das conquistas científicas e não nos processos que levaram a esses resultados.	8	26	6	8	2	2,4	2	1,1
20) Questões quanto aos impactos sociais da tecnologia devem ser abordadas somente por professores das ciências humanas e sociais, já que eles têm melhor formação na área.	11	36		3		1,9	2	0,7

Fonte: elaborado pelo autor

Ainda com relação a essas duas respostas, pode-se concluir que os professores já detinham alguma concepção acerca do que poderia vir a

ser robótica educativa, uma vez que, não tendo nenhum deles participado até aquele momento de nenhuma capacitação sobre o assunto, somente 2 professores não sabiam se tinham ou não interesse em fazer uso da robótica para favorecer o aprendizado de conteúdos.

As médias de concordância da afirmativa 13 (média=4,2; moda=4) e da afirmativa 12 (média=4,1; moda=4) evidenciam que ainda são predominantes entre os participantes concepções autônomas acerca da ciência e da tecnologia, já que a ciência avançaria, conforme as concordâncias, a partir da exploração do mundo em que vivemos, e a tecnologia, decorrente dos avanços da ciência, imporá aos seres humanos uma adaptação a ela. O que está em pleno alinhamento com os resultados da afirmativa 25 (média=4,0; moda=4), onde afirma-se que a tecnologia é a ciência aplicada.

As afirmativas 24 (média=4,1; moda=4) e 23 (média=4,0; moda=4) estão fortemente relacionadas, tanto que apresentaram estatísticas parecidas. Há uma leve tendência dos participantes a considerarem a robótica educativa como algo mais associado às suas concepções sobre tecnologia quando comparada a outras tecnologias educativas como softwares de apresentação, internet, planilhas eletrônicas e aplicativos. Porém, se associarmos estas respostas com as respostas à afirmativa 16 (média=3,4; moda=4), ainda que, neste caso, tenham determinado uma média de concordância um pouco menor quando comparada às anteriores, evidenciam o reconhecimento de um conceito sobre tecnologia desvinculado de interesses econômicos e de relações de poder. A indissociabilidade de tais relações teria se evidenciado na discordância, em algum nível, às afirmativas 24 e 23, no entanto, somente 7% das pessoas discordaram, ao menos, com uma dessas duas afirmativas.

A complexidade da temática tecnológica estudada pela Filosofia da Tecnologia, abordada no capítulo 3 desta tese, e conseqüentemente sua necessidade de estudos precoces, isto é, iniciando-se na Educação Básica, fica evidente quando as afirmações sobre a neutralidade

tecnológica recaem para exemplos internos aos domínios de compreensão dos participantes. Em outras palavras, nas respostas às afirmativas 11 (média=3,1; moda=4) e 10 (média=3,0; moda=2) observamos uma tendência maior ao reconhecimento da existência de instrumentos tecnológicos não-neutros. Para o caso da afirmativa 11, 30% dos participantes entendem que armas não são instrumentos tecnológicos neutros. Isso também se evidencia, ainda que de forma tímida, no reconhecimento de que a tecnologia não deve se voltar, necessariamente, para a satisfação das necessidades humanas, conforme explicitado na afirmativa 14 (média=3,6; moda=4).

Ainda com relação à importância do debate e da presença de estudos filosóficos junto a processos que envolvam tecnologias educacionais, constata-se que os participantes não veem o desenvolvimento tecnológico como algo exclusivo e restrito a cientistas, mesmo com a suposta alegação de que elas - as tecnologias - podem ser perigosas - afirmativa 17 (média=2,4; moda=2). O mesmo é válido para aspectos externos à esfera técnica já que entendem os participantes que as questões referentes aos impactos sociais da tecnologia não devem ser somente abordadas por pessoas ligadas às áreas das ciências humanas e sociais por uma suposta, como explicitado na afirmativa, melhor formação na área - afirmativa 20 (média=1,9; moda=2).

As afirmativas 17 e 20 juntam-se à afirmativa 30 (média=2,4; moda=2) no rol das três menores concordâncias entre todas as afirmativas do questionário, permitindo concluir que o professor, tomando por base o texto da afirmativa 30, deve, sim, considerar a história do desenvolvimento científico em processos educativos e não somente focar nos resultados com a alegação de otimizar o tempo dedicado ao aprendizado.

Esta compreensão que os participantes demonstram pode ser corroborada pelas respostas às afirmativas 15 (média=3,7; moda=4) e 18 (média=3,6; moda=4), já que há, nestes casos, evidente reconhecimento de que a construção tecnológica pode ser democrática e participativa,

manifestado pelo expressivo número de professores com capacidade de exemplificar ao menos um caso de criação tecnológica que tenha tido origem em conhecimentos e necessidades coletivas.

Neste caso em particular, há que se fazer menção à origem desta afirmativa de número 18. O questionário limitou-se a obter as respostas e acabou por deixar em aberto o quê, exatamente, compreendeu-se por criação tecnológica com origem em conhecimentos e necessidades coletivas no momento das respostas. O conceito no qual a afirmativa foi baseada é o do *crowdsourcing* (BRABHAM, 2013), tratando-se de algo bastante recente e de difícil caracterização, já que embasa-se fortemente nas redes e em processos modernos de compartilhamento de informações. De qualquer maneira, é provável que os participantes tenham recordado, no momento da resposta, de algum outro tipo de criação tecnológica alinhado às questões coletivas inerentes ao *crowdsourcing* mas que talvez não comunguem exatamente dos mesmos aspectos funcionais deste conceito.

### **7.2.2 Resultados por ordem decrescente de desvio-padrão**

Os resultados decorrentes da análise sob a perspectiva decrescente de DP são importantes porque refletem o quanto cada uma das respostas divergiu internamente à própria afirmação em si. Números relativamente altos para o DP tendem a manifestar-se acompanhados uma média aritmética próxima a 3, o que corresponderia às respostas "Não sei". No entanto, trata-se de uma característica matemática a ser examinada com cuidado, a ponto de, no mínimo, não ser processada isoladamente. Tanto que, para os níveis estabelecidos, com pesos variando proporcionalmente entre 1 e 5, o DP máximo que se conseguiria seria igual a 2, com média aritmética de concordância igual a 3. Nesta situação hipotética, metade dos participantes teria respondido que discorda fortemente e exatamente a outra metade teria respondido que concorda fortemente, caracterizando uma forte dispersão.

Os quadros 7 e 8 exibem, respectivamente, a primeira e a segunda

parte das respostas. Nesta apresentação, todas as afirmações do questionário estão em ordem decrescente de DP, ou seja, as primeiras questões/afirmações exibidas são aquelas que apresentam-se como tendo as maiores dispersões de entendimento dentre todos os participantes, enquanto que as últimas questões/afirmações exibidas são as que possuem as menores dispersões de entendimento dentre todos os participantes. O maior DP encontrado entre as respostas foi constatado na afirmativa 9 (média=2,8; moda=2; DP=1,2), correspondendo a um número intermediário entre o DP mínimo (0) e o DP máximo (2). Pode-se afirmar, neste caso, que um DP em torno de 1 representa um nível intermediário de discordância entre os participantes, cabendo salientar que totalizam 11 as afirmativas em que o DP ficou maior ou igual a 1. O menor DP encontrado entre as respostas foi constatado na afirmativa 1 (média=4,7; moda=5; DP=0,5) já analisada anteriormente.

Ainda que o DP tenha uma variação bem menor que a média aritmética, chama a atenção que as 4 afirmativas com maior DP têm fundamentação pedagógica ou pragmática. A afirmativa 9 (média=2,8; moda=2; DP=1,2), com o maior DP, aborda a questão da robótica educativa como devendo ser voltada à criação de algo relacionado às necessidades das pessoas, e não direcionada à aprendizagem de algum conceito ou conteúdo científico. Foram 18 os participantes que concordaram com isso em algum nível, e 28 os que discordaram.

É interessante observar, ainda, que, como dentre os participantes da pesquisa há 9 pessoas com formação exclusivamente técnica, e que, como explicado anteriormente, não responderam a questões relativas à docência, pode-se criar aqui dois substratos para uma análise extra. Dentre os 9 participantes com formação técnica, 33,3% entendem que trabalhos com robótica educativa devem ser voltados à criação de algo relacionado às necessidades das pessoas, e não direcionados à aprendizagem de algum conceito ou conteúdo científico. Já entre os professores, os que concordam com isso totalizam 40,5%.

*Quadro 7 - Respostas em ordem decrescente de desvio-padrão*

Afirmiação	1 Discordo Fortemente	2 Discordo	3 Não sei	4 Concordo	5 Concordo Fortemente	Média	Moda	Desvio Padrão
9) Um trabalho de robótica educativa deve ser voltado à criação de algo conectado às necessidades das pessoas, e não direcionado à aprendizagem de algum conceito científico ou de um conteúdo sendo abordado.	5	23	4	13	5	2,8	2	1,2
2) Minha área de conhecimento têm relação com a criação de tecnologias como tablets, computadores, smartphones, internet, inteligência artificial, robôs e games.	4	4	4	22	16	3,8	4	1,2
22) A criação de um protótipo robótico funcional é uma forma completa de avaliar o aluno, pois mostra que ele conseguiu colocar em prática conhecimentos que aprendeu.	3	10	7	21	9	3,4	4	1,2
21) Construir um robô favorece o aprendizado do aluno já que trata-se de um processo em que se constrói algo concreto, não dependendo, portanto, de conhecimentos abstratos.	5	15	8	18	4	3,1	4	1,2
19) Considero normal a minha necessidade frequente de substituição de artefatos tecnológicos como computadores e smartphones já que essa substituição ocorre em função da rápida evolução da tecnologia.	1	14	3	25	7	3,4	4	1,1
11) Uma arma é um instrumento tecnológico neutro, pois pode ser usada para "coisas boas" e "coisas ruins".	6	9	11	22	2	3,1	4	1,1
30) Com vistas a otimizar o tempo dedicado ao aprendizado em sala de aula, o ensino de ciências deve focar-se nos resultados das conquistas científicas e não nos processos que levaram a esses resultados.	8	26	6	8	2	2,4	2	1,1
3) Os conteúdos por mim abordados em minha atividade docente contribuem para a formação de indivíduos com capacidade de utilizar produtos tecnológicos em suas futuras profissões.	2	4	5	22	8	3,7	4	1,0
4) Os conteúdos por mim abordados em minha atividade docente contribuem para a formação de indivíduos com capacidade de criar novos produtos tecnológicos em suas futuras profissões.	3	3	10	21	4	3,5	4	1,0
16) Erros podem ocorrer em decorrência de avanços tecnológicos, mas são inevitáveis e aceitáveis quando em prol do avanço da humanidade.	3	7	8	29	3	3,4	4	1,0
14) A tecnologia deve ser orientada para a satisfação das necessidades humanas.	1	8	6	28	7	3,6	4	1,0
17) Somente os cientistas deveriam ter poder de decisão quanto ao desenvolvimento de tecnologias já que elas podem ser perigosas.	4	35	2	8	1	2,4	2	0,9
10) Uma calculadora é um instrumento tecnológico neutro, pois pode ser usada para calcular "coisas boas" e "coisas ruins".		19	11	19	1	3,0	2	0,9
27) A ciência deve ser eficiente e orientada para a resolução de algum problema.		8	2	31	9	3,8	4	0,9
18) Sou capaz de exemplificar um caso de criação tecnológica que tenha origem em conhecimentos e necessidades coletivas.	1	3	16	23	7	3,6	4	0,9

Fonte: elaborado pelo autor

*Quadro 8 - Respostas em ordem decrescente de desvio-padrão  
(continuação)*

Afirmção	1 Discordo Fortemente	2 Discordo	3 Não sei	4 Concordo	5 Concordo Fortemente	Média	Moda	Desvio Padrão
8) Um trabalho de robótica educativa deve ser, necessariamente, interdisciplinar, envolvendo professores de diferentes áreas.		3	4	16	27	4,3	5	0,9
12) Devemos nos adaptar à ciência na medida em que a mesma avança a partir da exploração do mundo em que vivemos.		4	4	25	17	4,1	4	0,9
6) Sou capaz de exemplificar de que forma a criação de tecnologias como tablets, computadores, smartphones, internet, inteligência artificial, robôs e games, é dependente dos conteúdos por mim abordados em minha atividade docente.	1	5	10	24	1	3,5	4	0,8
29) A educação científica deve valorizar a eficiência e ser orientada para a resolução de algum problema.		5	7	30	8	3,8	4	0,8
28) A educação tecnológica deve valorizar a eficiência e ser orientada para a resolução de algum problema.		5	5	33	7	3,8	4	0,8
26) A tecnologia deve ser eficiente e orientada para a resolução de algum problema.		4	4	33	9	3,9	4	0,8
5) Sou capaz de exemplificar de que forma a utilização profissional de tecnologias como tablets, computadores, smartphones, internet, inteligência artificial, robôs e games, é dependente dos conteúdos por mim abordados em minha atividade docente.		4	5	29	3	3,8	4	0,7
23) Alunos que criam apresentações de slides, acessam a internet, montam planilhas eletrônicas e utilizam aplicativos de computador vinculados a atividades de planos de aula, estão, assim, aprendendo tecnologia.		5	2	35	8	4,0	4	0,7
13) Devemos nos adaptar à tecnologia na medida em que a mesma avança a partir dos avanços da ciência.		2	3	27	18	4,2	4	0,7
24) Alunos que criam robôs que se utilizam de sensores programados algorítmicamente para perceberem e interagirem com o mundo real estão, assim, aprendendo tecnologia.		2	4	33	11	4,1	4	0,7
20) Questões quanto aos impactos sociais da tecnologia devem ser abordadas somente por professores das ciências humanas e sociais, já que eles têm melhor formação na área.	11	36		3		1,9	2	0,7
15) Pessoas sem conhecimento de processos de criação de artefatos tecnológicos podem participar de suas concepções através de sugestões e opiniões.		3	10	34	3	3,7	4	0,7
7) Tenho interesse em fazer uso da robótica educativa para favorecer o aprendizado dos conteúdos por mim abordados.			2	21	18	4,4	4	0,6
25) A tecnologia é a ciência aplicada.			6	36	8	4,0	4	0,5
1) Os estudantes são fascinados por tecnologias como tablets, computadores, smartphones, internet, inteligência artificial, robôs e games.				15	35	4,7	5	0,5

Fonte: elaborado pelo autor

Estão fora dessas taxas as pessoas que responderam "Não sei" a esta afirmativa (4 no total). Se observarmos, quase metade dos professores compreende que as abordagens pedagógicas devem ser orientadas sob um viés mais pragmático, percentual, este, curiosamente ainda maior do que o constatado entre as pessoas de formação exclusivamente técnica.

Com relação à afirmativa 2 (média=3,8; moda=4; DP=1,2), constata-se que 70,7% dos professores vê relação entre sua **área de conhecimento** e a **criação** de tecnologias como tablets, computadores, smartphones, internet, inteligência artificial, robôs e games. No entanto, baixa para 60,9% quando reconhece a relação entre os **conteúdos** por ele abordados e a contribuição decorrente para a formação de indivíduos com capacidade de **criar** novos produtos tecnológicos em suas futuras profissões (afirmativa 4 - média=3,5; moda=4; DP=1,0).

Na análise daqueles professores que não reconhecem tal relação, discordando ou discordando fortemente - 6 no total, 3 deles trabalham com ensino de matemática, 2 deles com ensino religioso, outros 2 com ensino de artes, 1 deles com língua portuguesa e com língua estrangeira moderna, e 1 deles com filosofia.

A primeira observação nos remete de imediato ao desconhecimento da relação entre o conteúdo de matemática e as criações tecnológicas, conforme abordado na referida afirmativa (pode-se, aqui, referenciar o conteúdo abordado na seção 4.5 do capítulo 4 desta tese, ou mesmo as propostas a serem apresentadas na seção 7.3.4 deste mesmo capítulo). Isso levanta uma outra questão: tais professores, 3 no caso, os quais têm em média 5 anos de experiência docente, não constataram ainda a relação entre a matemática e as tecnologias? Ou ainda, em outra possível resposta, poderíamos afirmar: sim, constataram, e têm propriedade para embasar suas afirmações, concluindo que os seus conteúdos abordados de matemática não têm relação com criações tecnológicas. A investigação, agora, deveria orientar-se ou para o desconhecimento das relações ou para um questionamento acerca dos conteúdos sendo abordados.



Com relação às outras áreas de conhecimento, ensino religioso, artes, língua portuguesa, língua estrangeira moderna e filosofia, cabe remeter ao público participante da pesquisa, cujos dados foram expostos no capítulo anterior. Deve-se observar que, de modo algum, seria possível compreender que somente professores dessas referidas áreas não verificam relações entre seus conteúdos e criações tecnológicas, já que, como será analisado na etapa seguinte desta tese, a de categorização, áreas de conhecimento como biologia e química, que detêm profunda relação com tópicos avançados em ciência e tecnologia, praticamente não se fizeram presentes na pesquisa (3 professores afirmaram trabalhar com conteúdos de biologia e 1 professor afirmou trabalhar com conteúdos de química, porém sem formação nesta área). Há ainda que se mencionar novamente a não obrigatoriedade das pessoas quanto à participação nos trabalhos desta pesquisa, o que pode ter influenciado nestas estatísticas já que, é possível, justamente por não visualizarem relações entre suas áreas de conhecimento e criações tecnológicas, professores de biologia e de química não tenham tido interesse em participar.

Seguindo a ordem de análise, as estatísticas obtidas com as afirmativas de número 22 (média=3,4; moda=4; DP=1,2) e de número 21 (média=3,1; moda=4; DP=1,2) corroboram as conclusões anteriores, mas fizeram-se presentes no questionário com vistas à discussão entre os aspectos concretos e abstratos que envolvem a educação tecnológica, e serão novamente referenciadas no processo de categorização, mais adiante.

Os resultados da afirmativa 19 (média=3,4; moda=4; DP=1,1) evidenciam uma compreensão equitativa com relação ao conceito de obsolescência programada. Excluídos os 3 participantes que responderam "Não sei" à afirmativa, o percentual de técnicos e de professores que considera normal a necessidade frequente de substituição de artefatos tecnológicos como computadores e smartphones, já que, supostamente, essa substituição ocorreria em

função da rápida evolução da tecnologia, é quase idêntico, sendo 66,6% entre os técnicos e 68,4% entre os professores. Duas coisas chamam a atenção. A primeira delas é que essas taxas são relativamente altas, abrindo um espaço investigativo que poderia confirmar se isso não representa uma visão um tanto quanto ingênua com relação à lógica de funcionamento do mercado de tecnologia. A segunda delas é que há uma grande similaridade percentual entre os substratos técnico e docente, e, ao considerarmos os processos formativos superiores de ambos, poderia-se esperar uma tendência um pouco maior a uma aceitação da obsolescência programada por parte das pessoas com formação técnica, já que as licenciaturas geralmente têm mais espaço para estudos históricos, filosóficos e sociais<sup>87</sup>.

A afirmativa 3 (média=3,7; moda=4; DP=1) e a afirmativa 5 (média=3,8; moda=4; DP=0,7) estão fortemente relacionadas já que a primeira afirma que os **conteúdos** pelo professor abordados em sua atividade docente contribuem para a formação de indivíduos com capacidade de **utilizar** produtos tecnológicos em suas futuras profissões, e a segunda questiona a concordância com a afirmativa de que o

87 Para aprofundamentos, consultar: SCHAEFFER, A. G. Inclusão Digital, Inclusão Social e Desalienação Tecnológica. **Anais do VIII Computer on the Beach**, p. 289-296, 2017. No artigo, afirma-se que em nosso cotidiano, como consumidores de tecnologia, estamos tão acostumados a mudanças e aceitamos com tanta naturalidade a substituição de produtos “antigos” por produtos modernos, que muitas empresas que fabricam componentes eletrônicos abusam do que se conhece por obsolescência programada, ou seja, ainda que não haja nenhuma necessidade de uma pessoa substituir seu computador com três anos de uso por outro mais moderno, força-se o aparecimento de incompatibilidades em nível de software ou hardware que a obriguem a proceder com uma reciclagem tecnológica. Novamente, os mais prejudicados são aqueles economicamente desfavorecidos, pois reciclagem tecnológica envolve custos. Por fim, propõe-se um exercício hipotético simples: se uma pessoa habituada a trabalhar com uma planilha eletrônica ou um editor de textos em um computador atual fosse convidada a utilizar por um dia um computador considerado moderno em meados da década de 90, ficaria surpresa em saber que o tempo gasto para a realização de suas tarefas teria sido o mesmo.

professor é capaz de exemplificar de que forma a **utilização** profissional de tecnologias como tablets, computadores, smartphones, internet, inteligência artificial, robôs e games, é dependente dos **conteúdos** por ele abordados em sua atividade docente. Trata-se, de certa maneira, de uma avaliação metacognitiva já que, se o professor concorda que seus conteúdos contribuem para a formação de indivíduos com capacidade de **utilizar** produtos tecnológicos em suas futuras profissões, nada mais natural que o mesmo soubesse **exemplificar** como isso ocorreria, ainda que não houvesse nenhuma menção a como seria essa exemplificação. De qualquer maneira, pode-se constatar que as respostas de uma afirmativa confirmam as respostas da outra, tendo havido um pequeno decréscimo no número de professores que concordam fortemente que saberiam exemplificar (5 no total) mas um acréscimo de 7 professores que passam a concordar que sabem dar exemplo de como a utilização profissional de tecnologias é dependente de seus conteúdos. É provável que dentre os 7 professores estejam aqueles 5 que antes concordavam fortemente, no entanto, a própria média de concordância da afirmativa 5, por ser levemente maior do que a da afirmativa 3, evidencia que, ao menos com relação à **utilização** profissional de tecnologias, o professor reconhece que seus conteúdos não somente contribuem para isso mas também que essa utilização profissional é deles dependente.

A segunda afirmativa com menor DP (afirmativa 25, média=4,0; moda=4; DP=0,5) afirma que a tecnologia é a ciência aplicada. Isso evidencia que há um quase consenso com relação a esse entendimento, já que somente 6 pessoas responderam "Não sei" a essa afirmativa. Todas as outras concordam ou concordam fortemente. Prova disso são as estatísticas quase idênticas das respostas às afirmativas 26 (média=3,9; moda=4; DP=0,8) e 27 (média=3,8; moda=4; DP=0,9), que afirmam, respectivamente, que a tecnologia deve ser eficiente e orientada para a resolução de algum problema e que a ciência deve ser eficiente e orientada para a resolução de algum problema. Os participantes mantêm-se com a mesma visão quando as afirmativas mudam para a esfera pedagógica, já que as estatísticas às afirmativas 28 (média=3,8; moda=4; DP=0,8) e 29 (média=3,8; moda=4; DP=0,8) são

novamente quase idênticas às anteriormente analisadas. Nestas, foi afirmado, respectivamente, que a educação tecnológica deve valorizar a eficiência e ser orientada para a resolução de algum problema e que a educação científica deve, também, valorizar a eficiência e ser orientada para a resolução de algum problema.

Algumas das afirmativas analisadas e outras que, por ora não foram mencionadas, complementarão a construção de algumas das categorias a serem a seguir estudadas. Também servirão de base para algumas reflexões a serem construídas no capítulo de conclusão deste trabalho.

### 7.3 CATEGORIZAÇÃO

As categorias construídas foram decorrentes de um processo exaustivo de relacionamento entre as unidades de análise resultantes da etapa de unitarização. Com seus critérios de construção devidamente explicitados anteriormente, pode-se partir agora para a apresentação das mesmas e do Sistema de Categorias que as organiza, exibido na Figura 29. É de grande relevância explicar que neste capítulo, e acima de tudo nesta seção de categorização em particular, onde serão apresentadas as categorias, sub-categorias e suas estruturas, objetiva-se em exclusivo, ou ao menos com certa prioridade, expor as mesmas assim como seus elementos constituintes, ficando prioritariamente as conclusões e compreensões emergentes reservadas ao capítulo seguinte, o qual pode ser igualmente entendido como o próprio metatexto criado.

Ainda que se tenha optado por esta forma de apresentação de resultados, será possível observar que as próprias construções de categorias são indissociáveis de aspectos subjetivos e conclusivos do pesquisador, o que por vezes se manifestará na forma de breves conclusões e entendimentos a respeito do que estiver sendo analisado, muitas vezes preparando para conclusões posteriores. As categorias serão apresentadas nas seções seguintes na ordem em que foram exibidas pela Figura 29.

*Figura 29 - Sistema de Categorias*



Fonte: elaborado pelo autor

### 7.3.1 Intradisciplinaridade Restringente

Faz-se pertinente lembrar que foram duas as categorias *a priori* estabelecidas no andamento da pesquisa, uma delas esta que será aqui primeiramente apresentada.

Intradisciplinaridade recebeu este nome em função de uma hipotética não percepção de como os componentes curriculares de diferentes áreas do conhecimento relacionam-se com tecnologias que envolvam dispositivos robóticos. Como explicado, se é verdade que a tecnologia é atrativa para os jovens, e que em função disso o conhecimento escolar deveria se tornar atrativo na mesma proporção, uma das razões para que ele não esteja sendo visto assim pelos estudantes é por não estarmos conseguindo correlacioná-los com as tecnologias do mundo contemporâneo. A intradisciplinaridade, portanto, manifestaria-se através de práticas educativas isoladas, ou, ao menos, isoladas dos aspectos tecnológicos com os quais os conhecimentos, por elas abordados, têm alinhamento. Por fim, intradisciplinaridade seria analisada pelo viés da articulação entre as questões mecânicas, eletrônicas, comunicativas e computacionais dos instrumentos robóticos pedagógicos, já que deveria-se assumir todos eles como aspectos de igual importância, compreendendo-se também que projetos pedagógicos de robótica educativa nem sempre contemplarão a todos. Apesar disso, ainda que quaisquer deles estivessem presentes de maneira combinada, a relevância e a apropriação de conhecimentos a eles inerentes deveriam ser igualmente proporcionais.

As análises a seguir evidenciarão que há um persistente entendimento do viés interdisciplinar da robótica educativa. No entanto, as práticas ditas interdisciplinares por vezes não são escalares nem proporcionais, fazendo pesar ou negligenciando aspectos dentre os quatro eixos citados, a eletrônica, a mecânica, a comunicação e a computação, bem como aspectos relacionados aos conteúdos escolares dos quais dependem tais áreas de conhecimento.

Qualquer atividade de robótica educativa é essencialmente interdisciplinar. Ainda que tenha foco na construção de um instrumento de medição, por exemplo, como aqueles citados em capítulos anteriores com sensores de monóxido de carbono e de luminosidade, esta característica de interdisciplinaridade pode ou não ser enaltecida de acordo com a abordagem utilizada, tratando-se se algo escalável: não é necessário aprofundar, por exemplo, exaustivamente toda a matemática, toda a química, toda a programação e toda a eletrônica envolvidas em um experimento, mas moderadamente, respeitando as capacidades cognitivas dos indivíduos envolvidos, sim.

Desse modo, não haveria razões para se considerar a prática pedagógica da robótica educativa como necessariamente interdisciplinar no sentido de envolver equipes necessariamente grandes, com professores de diferentes áreas de conhecimento. Tais práticas podem ter um caráter instrumental, intradisciplinar, podendo ser conduzido até mesmo dentro de uma única disciplina, e que considere minimamente a interdisciplinaridade em termos de conhecimentos dos quais o artefato criado depende.

Assim sendo, a crítica recai não sobre uma prática intradisciplinar, mas sim, a aquilo que dá nome a esta categoria, uma Intradisciplinaridade Restringente, que restringe-se a uma construção robótica ignorando em grande medida todos os conhecimentos envolvidos.

### **7.3.1.1 Amparos conceituais**

A primeira subcategoria deste grupo aborda as questões conceituais envolvidas, citadas, abordadas em maior ou menor profundidade, de acordo com o material do *corpus* analisado. Recebe este nome em função de se relacionar a conceitos da amplitude de conhecimentos escolares manifestados nas unidades de análise do processo de unitarização.

Esta categoria evidencia e agrupa elementos que confirmam o reconhecimento, por parte dos autores, de uma forte relação entre a robótica, de maneira ampla, incluindo-se aí a própria robótica educativa, e os conceitos e conteúdos escolares. No entanto, a diversidade das fontes de pesquisa constituintes do *corpus* força o esclarecimento de algumas especificidades.

Há grandes diferenças entre as abordagens educativas utilizadas nos diferentes materiais. Amparos conceituais encontrados em Tutoriais de Texto e em Tutoriais de Vídeo são significativamente superficiais e restritos a conceitos de Física, Informática e Eletrônica, passando mais a impressão de explicitarem a dependência que as tecnologias têm das referências científicas do que preocupando-se em esclarecê-las, desligados, em boa medida, da responsabilidade com a aprendizagem de conhecimentos estudados na Educação Básica. Há raras exceções em que são mencionados alguns aspectos como, por exemplo, referências ao plano cartesiano, às coordenadas geográficas ou à história do conhecimento científico. Em parte, os materiais de texto e de vídeo se estruturaram assim em função do que é conhecido hoje como monetização. Dessa forma, grosso modo, quanto mais visitantes uma página receber, mais passível de aquela informação disponível transformar-se em algo rentável, e assim, muito conteúdo, seja texto, seja vídeo, exigiria mais tempo dispendido do visitante na procura ou no aprendizado, o que acabaria fazendo com que os visitantes abandonassem o artigo, o documento, ou o tutorial.

Por outro lado, é justamente o formato sucinto dessa documentação que permite aos estudantes ou aos professores autodidatas avançarem mais rapidamente na construção daquilo que estão fazendo, por encontrarem, em tais materiais, respostas pontuais e detalhamentos técnicos de modo mais rápido. Isso tudo evidencia e comprova a hipótese de que esses materiais têm um valor muito grande no aprendizado de tecnologia, ao mesmo tempo em que agregam valores pedagógicos quase nulos, com capacidade de, isoladamente, conduzir estudos tecnológicos a visões pragmatistas e fragmentadas.



Num segundo nível de aprofundamento e de amplitude de conhecimentos, ainda na esfera da subcategoria de amparos conceituais, cabe destaque aos manuais técnicos constituintes do *corpus* documental. Há notável preocupação com aspectos pedagógicos, porém sem afastar-se muito da área da Física, destacadamente pela ênfase dada à energia elétrica. Há, também, algumas sugestões de abordagens acerca de outras áreas de conhecimento, como a Química e a Matemática, bem como com relação à história do desenvolvimento científico, mas todas em quantidade bem menor quando comparadas à Física.

Com relação a essa constatação, se por um lado o conhecimento em Física, principalmente no que diz respeito à eletricidade e à Lei de Ohm, apresentou-se nesta pesquisa como estruturador e fundamental para a robótica educativa, por outro lado, a pouca alusão às outras áreas de conhecimento restringe a visão e o leque de oportunidades científicas e tecnológicas que a robótica educativa pode proporcionar.

As maiores amplitudes conceituais são notadamente encontradas nos documentos constituintes das edições da Olimpíada Brasileira de Robótica (OBR). Encontram-se, nesse material, tópicos que atingem praticamente todas as áreas de conhecimento, ainda que algumas sejam quantitativa e qualitativamente mais abordadas. Ainda assim, cabem algumas análises a respeito deles.

Muitos desses citados tópicos podem ser entendidos ao analisarmos as chamadas provas teóricas da OBR, pois nelas manifestam-se as inclinações pedagógicas entendidas como importantes para a robótica. Desde suas primeiras edições, a complexidade em termos qualitativos das questões melhorou muito, a ponto de ser possível identificar que muitas delas passaram de simples apresentações ou questionamentos de conceitos na temática da robótica, para outras com estruturas bem mais elaboradas e com intensa relação com problemas mecânicos, eletrônicos, comunicativos ou computacionais inerentes a construções robóticas. Tomemos para exemplificação algumas delas.

As Figuras 30, 31 e 32 trazem alguns exemplos de questões de matemática e de língua portuguesa com pouco alinhamento com a robótica, ainda que proporções, porcentagens e conjugações verbais sejam assuntos importantes. Se observarmos, são questões apenas na temática da robótica, e que poderiam ser igualmente formuladas em outra temática qualquer.

*Figura 30 - Questão de matemática proposta para 4º e 5º ano do Ensino Fundamental*

**4) Questão**

**Eixo cognitivo:** III. Enfrentar situações-problema. **Área:** Matemática. **Descritores:** Número e Operações / Álgebra e Funções.

A bateria de um robô dura 20 horas quando totalmente carregada. Se a bateria estiver com 20% de carga, quanto tempo ainda vai durar?

- (A) 20 horas
- (B) 20 minutos
- (C) 2 horas
- (D) 1 hora
- (E) 4 horas

Fonte: Prova Teórica da Olimpíada Brasileira de Robótica de 2012

*Figura 31 - Questão de matemática proposta para 4º e 5º ano do Ensino Fundamental*

7. Em uma competição com 36 robôs, cerca de 66% ficaram sem carga. Nessa competição, quantos robôs ficaram sem carga?
- a. ( ) 12 robôs
  - b. ( ) 18 robôs
  - c. ( ) 21 robôs
  - d. ( ) 24 robôs
  - e. ( ) 36 robôs

Fonte: Prova Teórica da Olimpíada Brasileira de Robótica de 2014

*Figura 32 - Questão de língua portuguesa proposta para o 4º e 5º ano do Ensino Fundamental*

**7) Questão**

Eixo cognitivo: I-Dominar linguagens. Área: Língua Portuguesa. Descritores: Procedimentos de Leitura.

"Robôs gosta de passear de cavalo"

Sobre a frase acima, é correto afirmar:

- (A) A conjugação do verbo gostar está errada
- (B) O tempo do verbo gostar está errado
- (C) O verbo está no passado
- (D) O gênero do verbo está errado
- (E) A frase está correta

Fonte: Prova Teórica da Olimpíada Brasileira de Robótica de 2012

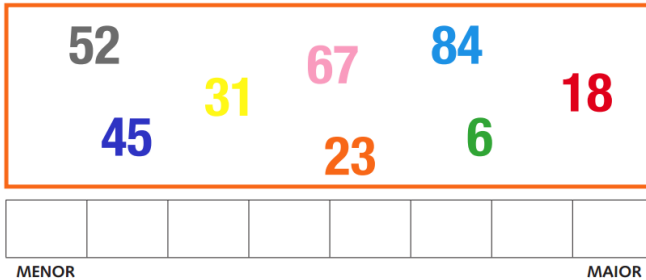
Nos exemplos seguintes as questões possuem, como explicado, relações mais profundas com particularidades de construções robóticas, seja por se tratarem de tópicos avançados em ciência e tecnologia, seja por se aproximarem de estudos geralmente iniciados em níveis superiores.

A Figura 33 mostra uma questão da OBR proposta para o 1º ano do Ensino Fundamental, a fim de organizar os números de um quadro em uma fila. Para além de ser uma tarefa adequada à idade das crianças no 1º ano do Ensino Fundamental, a "fila" em que os números são organizados tem a idêntica estrutura do tipo de dado que em computação é denominado "vetor". A organização de números na referida fila permite desenvolver a noção de que eles podem ser organizados em uma estrutura e assim serem tratados e referenciados de maneira conjunta. Ainda, se a abordagem pedagógica permitir, caberia desenvolver a noção de que cada espaço da "fila", ou do "vetor", só pode comportar um único número, e que a cada um desses espaços corresponde um índice de localização, dado por um valor inteiro que representa a posição

de cada um dos números dentro do vetor.

*Figura 33 - Questão de matemática proposta para o 1º ano do Ensino Fundamental*

5. MAX É UM ROBÔ QUE ADORA NÚMEROS. SEU PASSATEMPO PREFERIDO É COLOCÁ-LOS EM ORDEM CRESCENTE, DO MENOR PARA O MAIOR. AJUDE MAX A ORGANIZAR OS NÚMEROS DO QUADRO NA FILA.



Fonte: Prova Teórica da Olimpíada Brasileira de Robótica de 2015

Esta outra questão exibida pela Figura 34 demonstra um alinhamento muito grande com a nanotecnologia, já que nessa escala, a robótica passa a depender de estudos de biologia e química pois, como explicado na introdução desta tese, nanorobôs não são, ao menos com a tecnologia atual, fabricados a partir de metais, e sim, a partir da manipulação de proteínas. Trata-se de um exemplo muito importante e sugestivo já que, quando muito, costuma-se relacionar a robótica e a Biologia somente em função da biomimética.

Como um último exemplo das aproximações conceituais das questões da OBR, dentre muitos outros passíveis de registro, a Figura 35 mostra uma questão que solicita a identificação de formas bidimensionais através de códigos binários. Este excelente exemplo não toca apenas na questão da codificação numérica ou simbólica por trás do reconhecimento de uma forma geométrica, mas sim, também permite a compreensão de como um objeto plano pode ser representado computacionalmente, já sugerindo a estrutura de dados a ser utilizada,

no caso, uma matriz.

*Figura 34 - Questão de biologia proposta para o 8º e 9º ano do Ensino Fundamental*

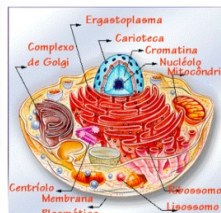
7. "Imagine um exército de robôs com proporções microscópicas entrando em seu corpo para atacar células cancerígenas, destruir bactérias e vírus, inserir medicamentos em células específicas, desobstruir artérias e realizar cirurgias minimamente invasivas. (...) A nanotecnologia - área que desenvolve partículas e dispositivos que medem poucos nanômetros (milionésimos de milímetro) - aplicada à medicina, ou nano-medicina, como é chamada, é a grande aposta da ciência para os diagnósticos e tratamentos de diversas doenças dentro de 5 a 20 anos."

(Fonte: <http://curiosidades-mundocurioso.blogspot.com.br>)



(Fonte: <https://falandoledia.wordpress.com>)

Suponha que um desses nanorobôs atuando no corpo humano precisasse recarregar suas baterias para continuar funcionando e que suas baterias fornecem energia por meio do processamento de proteínas. Para isso ele possuiria um dispositivo que absorve proteínas de algumas células, dentro de uma limitação que não as prejudicasse.



(Fonte: <http://www.universitario.com.br>)

Observando a estrutura geral de uma célula na figura a seguir, responda: Qual organela poderia auxiliar o nanorobô fornecendo proteínas?

- a. Núcleo. b. Mitocôndria. c. Ribossomo. d. Complexo de Golgi. e. Centríolo.

Fonte: Prova Teórica da Olimpíada Brasileira de Robótica de 2015

As diferentes tonalidades dos *pixels* têm diferentes códigos numéricos por corresponderem às diferentes intensidades luminosas que compuseram as referidas imagens da câmera do robô. Como se não bastasse, o exemplo está em perfeito alinhamento didático com a forma através da qual inicia-se o aprendizado dos conceitos de inteligência artificial baseados em neurônios artificiais e redes neurais, muitos dos quais voltados, inicialmente por questões didáticas, ao reconhecimento de números e de formas geométricas.

Já no que diz respeito aos documentos acadêmicos, compreendendo artigos, teses e dissertações, os conceitos ao redor dos quais centram-se as experiências são geralmente da Física, cinemática e eletricidade em sua maioria, com algumas ocorrências de construção de instrumentos eletrônicos para uso na coleta de dados em experiências de Química. No caso da Física, boa parte da documentação é oriunda de programas de Mestrado Profissional em ensino de Física.

*Figura 35 - Questão de informática proposta para o 8º e 9º ano do Ensino Fundamental*

**3) Questão**

Eixo cognitivo: III. Enfrentar situações-problema. Área: Matemática. Descritores: Números e Operações/Álgebra e Funções.

Um robô possui uma câmera que fornece informações visuais para as suas tarefas. Cada imagem capturada em preto e branco é formada por vários pontos dispostos em uma tabela e pode ser representada por uma matriz. O valor de cada elemento da matriz depende da intensidade do ponto e varia de 0 a 255. Quanto mais claro for o ponto, maior o seu valor. As tabelas abaixo são a representação matricial da imagem que está ao lado.



0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	255	255	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0



0	0	0	0	0
0	0	0	255	0
0	255	0	135	0
0	0	0	0	0
135	135	135	0	0



0	0	0	0	0
0	0	135	135	0
0	255	255	135	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

A seguir, as matrizes A, B e C representam imagens, como no exemplo anterior. Assinale a alternativa que apresenta a representação da forma aproximada de um triângulo, de um retângulo e de um ponto, respectivamente.

98	97	100	235	102
103	101	240	243	87
102	255	255	220	95
95	97	215	217	94
97	95	93	217	98

Matriz A

0	7	0	0	0
0	0	5	5	0
0	255	0	15	0
0	1	0	8	0
0	3	4	0	0

Matriz B

255	235	215	255	255
245	123	120	110	255
240	134	242	119	255
230	120	235	120	255
255	118	132	132	255

Matriz C

- a) C, A, B
- b) B, C, A
- c) A, C, B
- d) B, A, C
- e) Nenhuma das anteriores

Há em comum, tanto nas experiências nacionais como nas internacionais consultadas, uma preocupação relevante com conceitos de informática inerentes aos artefatos criados e às experiências realizadas. Com relação aos níveis de ensino, voltam-se mais frequentemente aos conteúdos do Ensino Médio, abrangendo um pouco os conteúdos dos anos finais do Ensino Fundamental e alguns conteúdos mais específicos abordados nos primeiros semestres de cursos superiores.

Como nesses casos há um aprofundamento teórico significativamente maior quando comparados aos outros materiais (tutoriais de vídeo, de texto, manuais técnicos), as questões de programação passam a ser tangenciadas, através de menções a conceitos e explicações sobre estruturas lógicas utilizadas. São exemplos disso os trabalhos de Rodrigues e Cunha (2014) e Pereira (2016). Esta necessidade provém da ainda tímida capilarização do ensino de programação na Educação Básica brasileira, o que também reflete-se em experiências como a de Fernandes (2015), que visava à construção de sequências didáticas para ensino de conceitos de Física no Ensino Médio (eletricidade, tensão, corrente, resistência, potência e energia), sendo os alunos autores dos artefatos robóticos. Segundo ele,

A programação de seus projetos foi o que mais lhes deu trabalho, pois às vezes faltava um caractere ou um espaço e o programa já não funcionava, precisando ser todo revisado, para obedecer às regras de digitação dos comandos da programação. (FERNANDES, 2015, p. 88).

Os esforços para dar conta dessa demanda não são somente brasileiros. Alguns currículos europeus do nível equivalente à Educação Básica brasileira já integram-se à temática do pensamento computacional (BERROCOSO, SÁNCHEZ e ARROYO, 2015; GUZMÁN et al. 2015) valorizando o aprendizado de abstrações, lógica, algoritmos e representação de dados.

Por fim, cabe mencionar também que de todos os documentos

analisados e que deram origem a unidades de análise da subcategoria de Amparos Conceituais, os artigos e documentos acadêmicos, de modo geral, apresentam-se como aqueles que melhor harmonizam as questões teóricas e práticas, não cobrindo um leque amplo de conteúdos mas provendo adequada imersão conceitual.

A BNCC, que se propõe a levantar toda a amplitude de conhecimentos entendidos como correspondentes ao "conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica" (BRASIL, 2017, p. 7), na análise de seus denominados Objetos de Conhecimento e Habilidades, não é tão específica no que diz respeito a conteúdos e suas relações com a criação de artefatos tecnológicos<sup>88</sup>, no entanto aponta um leque bem adequado de temáticas dentro das quais a robótica pode ser inserida. São exemplos as citações da BNCC a dinâmicas climáticas, ilhas de calor urbanas, energia termoeletrica, hidrelétrica e nuclear, revolução industrial, linguagens artísticas, corporais e verbais, fenômenos sociais, culturais e históricos, aritmética, álgebra, grandezas e medidas, geometria, probabilidade e estatística, construção de modelos, observação e reconhecimento de padrões, experimentações e tecnologias digitais, pesquisas amostrais, gráficos, interpretação das medidas de tendência central e das medidas de dispersão, criação de aplicativos e jogos digitais, pensamento computacional, algoritmos, conjuntos de dados estatísticos e histogramas, funções polinomiais, abstrações, meios de produção tecnológicos, sistemas térmicos, sustentabilidade, termodinâmica, geração, transporte, distribuição e consumo de energia elétrica, produção de resíduos e impactos socioambientais, DNA, tratamentos com células-tronco, produção de armamentos, formas de controle de pragas, redes de informática, conhecimentos linguísticos e gramaticais, regras ortográficas, formulação de hipóteses, regras básicas de concordância

88 No sentido de não haver, apenas para citar um exemplo, nenhuma referência a "proteínas" em toda a BNCC, mas constando menções à mobilização de conhecimentos relacionados a biomoléculas e organização celular.



nominal e verbal, pontuação, gravações em áudio e vídeo, fotografia, repertório lexical da língua inglesa, gêneros digitais, repetições, recursividade, tabelas, sistemas de numeração, restos de divisões, regularidades, aleatoriedade, ângulos, múltiplos e divisores, variáveis, proporções, sons e vibrações, fenômenos luminosos, propriedades físicas dos materiais, circuitos elétricos, pilhas e baterias, radiação eletromagnética e debates em torno da disponibilidade e qualidade da água.

Esta lista de habilidades e objetos de conhecimento<sup>89</sup> apresenta-se com uma amplitude conceitual significativamente maior do que o constatado em quaisquer dos outros documentos do *corpus* que deram origem a esta subcategoria de Amparos Conceituais, ou seja, compreendendo desde os tutoriais de texto, de vídeo, passando pelos manuais técnicos, até os documentos acadêmicos e aqueles da OBR. Isso significa que a BNCC sinaliza muitos pontos de inserção de estudos alinhados à temática das tecnologias e da robótica que ainda não são explorados nas esferas técnicas e acadêmicas.

Por fim, cabe mencionar que a BNCC, apesar de utilizar sugestivamente o termo "protagonismo" com frequência, deixa de lado em alguns pontos o referido protagonismo quando esquece de mencionar a **criação** de tecnologias, na esfera pedagógica, lembrando apenas da importância de seus **usos**. Por exemplo, ao citar a importância do conhecimento tecnológico para a área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, afirma que

Nessa direção, é imprescindível que a área dê continuidade, no Ensino Médio, ao desafio de dialogar com as novas tecnologias, iniciado no Ensino Fundamental. Afinal, essa é uma das marcas mais características de nosso tempo, que

89 A referida lista não representa uma lista exaustiva no sentido de ter sido criada para refletir fielmente os objetos de conhecimento e habilidades expressas na BNCC, mas sim, criada a partir do reconhecimento de relações entre o tópico ou temática com as tecnologias e com a robótica.

atinge distintos grupos sociais, mas que é especialmente intensa entre os jovens estudantes. As tecnologias digitais apresentam apelos consumistas e simbólicos capazes de alterar suas formas de leitura de mundo, práticas de convívio, comunicação, participação política e produção de conhecimento, interferindo efetivamente no conjunto das relações sociais. Diante desse cenário, é necessário oportunizar **o uso e a análise crítica** das novas tecnologias, explorando suas potencialidades e evidenciando seus limites na configuração do mundo atual. (BRASIL, 2017, p. 549, grifos meus).

### 7.3.1.2 Interdisciplinaridade

Esta subcategoria congrega elementos presentes nos documentos que defendem quase consensualmente, ainda que nem sempre de maneira explícita, o caráter interdisciplinar das atividades de robótica educativa. Dentre muitos, podemos citar os trabalhos de Castro (2016), Luciano Filho (2016), Freitas (2016), Santos (2016) e Pereira (2016). Essa defesa consta também nos manuais técnicos que também entendem para além de interdisciplinar a robótica educativa como "incentivadora do trabalho em grupo, da cooperação, do planejamento, da pesquisa, da tomada de decisões, da definição de ações, da promoção do diálogo e do respeito a diferentes opiniões". (GUIA, 2015a, p. 5).

As respostas à afirmativa número 8 do questionário de pesquisa, em que se afirma que um trabalho de robótica educativa deve ser, necessariamente, interdisciplinar, envolvendo professores de diferentes áreas, evidenciam concordância preponderante com o afirmado (média=4,3; moda=5). Das 50 respostas, somente 3 pessoas discordam e 4 não sabem responder.

Porém, há relatos como o de Freitas (2016) que explica que grande parte dos professores sente-se desestimulada a seguir pelo caminho dos

projetos educacionais, referindo-se à falta de tempo e à falta de formação como causas substanciais para a rejeição de trabalhos interdisciplinares. A autora também aponta que trabalhos interdisciplinares exigem muito dos professores e dos alunos. Pereira (2016) reconhece que o tempo dispendido em atividades de robótica educativa é grande, e nesse sentido, sugere a realização de projetos nos contraturnos visualizando-os como mais propícios para o aperfeiçoamento das construções, dos testes de hipóteses e das reflexões sobre as ações realizadas.

A falta de formação apropriada, sinalizada anteriormente no trabalho de Freitas (2016), é complementado pela autora no reconhecimento de que

Ao professor certamente cabem várias atribuições diante de um projeto interdisciplinar, todavia, não se deve deixar de considerar as suas pusilanimidades. A formação de professores é algo inquestionável diante dessa nova vertente educacional. Em um contexto voltado para o ensino de Física merecem destaque as formações voltadas para aulas práticas, uma vez que grande parte desses profissionais não possuem domínio para ministrar apresentações de caráter prático, visto que muitas vezes não recebem formação para tal, nem dentro do curso de graduação. (FREITAS, 2016, p.19).

Caberia questionar ainda o que se está produzindo em termos de projetos interdisciplinares. Projetos interdisciplinares tendem a ser associados a construções robóticas orientadas a competições (carrinhos robóticos e humanoides) e a artefatos de informática. São exemplos os trabalhos de Magnus (2015), Bastos (2016) e González et al. (2016).

Constata-se que nesses projetos os estudantes são colocados frente a desafios relativamente complexos, que envolvem aspectos cognitivos amplos e que podem acabar por dificultar que os mesmos construam

uma compreensão sistemática do que se está fazendo. Isso às vezes se manifesta na separação por grupos de trabalho onde cada grupo fica responsável por determinadas características do artefato eletrônico em construção, como por exemplo, o grupo responsável pela parte mecânica, o grupo responsável pela parte eletrônica, o grupo responsável pelas questões estéticas, o grupo responsável pela programação, o grupo responsável pela divulgação, etc.

Em Magnus (2015, p. 60) o autor acaba por sugerir, em meio a "alguns exemplos simples", que códigos de programação sejam copiados para a placa microcontroladora. De fato, os exemplos sugeridos eram adequados para um curso introdutório, mas o código de programação para controle de um dos experimentos "simples" já utilizava conceitos avançados de programação<sup>90</sup>. Ainda, conforme o autor, no decorrer do curso,

na criação da estrutura em que montamos um led que acenderia com o pressionar de um botão, notamos que a dificuldade foi muito grande, pois, para realizar a tarefa, tivemos uma gama de novos conceitos envolvidos como, ler o status de uma saída (para saber se o botão está pressionado), o conceito de resistor (usado para estabilizar a corrente). Devido a isso, **os alunos apenas seguiram o passo a passo indicado pelo professor e trabalharam, sem gerar um maior questionamento ou discussão entre as duplas sobre o como fazer.** (MAGNUS, 2015, p. 93, grifos meus).

90 Ainda que pudesse ser considerado um código simples frente à grande complexidade dos códigos mais avançados de programação, nossas experiências com formação de professores para realização de atividades com robótica educativa evidenciam que a construção de códigos que envolvam, como no caso citado, diferentes tipos de variáveis, funções auxiliares, laços de repetição *for* e atribuições por adição, não é adequada para cursos introdutórios.

Essa constatação feita pelo autor é muito importante porque explicita uma possível fragilidade dos projetos com robótica educativa ditos interdisciplinares, que não conseguem por vezes harmonizar a complexidade da mecânica, da eletrônica, da computação e, quando existentes, das questões comunicativas dos artefatos. No caso em questão, acaba o autor por, corretamente, reconhecer e expor que

Na apresentação dos conceitos de controle de motores, os alunos tiveram um pouco de dificuldade na compreensão de conceitos dos transistores TIP120. Isso, talvez, por se tratar de um conteúdo **que necessite de conhecimentos anteriores da área de Física, como de circuitos e correntes elétricas, transistores, resistores e diodos**. (MAGNUS, 2015, p. 98, grifos meus).

A seção seguinte, em complemento à subcategoria ora analisada, evidenciará que, de modo geral, os projetos com robótica educativa ainda apresentam-se distantes de tópicos avançados em ciência e tecnologia, o que começa por destacar os contornos restritivos dessas atividades, e por consequência, suas orientações mais pragmáticas.

### **7.3.1.3 Tópicos avançados em ciência e tecnologia**

Esta subcategoria de análise emergiu em função da presença de assuntos relativos a avanços e tópicos atuais em ciência e tecnologia nos materiais de robótica educativa. O estudo dos documentos, neste viés, aponta que tais abordagens, ainda que presentes, são raras, e restritas a artigos e documentos acadêmicos bem como ao material da OBR. Há menções a assuntos como as tecnologias vestíveis, análise, registro e armazenamento de grandes volumes de dados, nanorobótica, robótica aeroespacial, robótica subaquática, geoprocessamento, impressão 3D, biomimética, biotecnologia, energia, veículos aéreos não-tripulados, bioimpressão, redes neurais e inteligência artificial, e também robótica cooperativa.

Existe uma notável dificuldade em articular os assuntos que envolvem tópicos avançados em ciência e tecnologia aos conteúdos do currículo escolar, tanto que muitos desses assuntos têm profunda dependência de conhecimentos de Biologia e de Química sendo estas disciplinas raramente referenciadas nos materiais. Prova disso são as ocorrências de menções a tópicos atuais porém na forma de textos interpretativos, seja em língua portuguesa ou língua inglesa, como nos casos das questões teóricas da OBR. A Figura 36 mostra um exemplo muito bem elaborado dessas questões, abordando um tópico bastante atual em ciência e tecnologia, porém limitado à forma de uma questão interpretativa.

Esta dificuldade de articulação de conteúdos representa um caminho a ser explorado, e também se manifestou durante as atividades de capacitação em robótica educativa constituintes do trabalho desta pesquisa. Uma provável relação com esta dificuldade pôde ser constatada em função da baixa procura pela capacitação em robótica educativa por parte de professores das áreas citadas - Biologia e Química. Dos 41 professores participantes da pesquisa, apenas 4 declararam já ter trabalhado com conteúdos de ao menos uma dessas duas áreas de conhecimento. É provável que haja desconhecimento por parte dos professores das relações entre os conteúdos de Biologia e de Química com as tecnologias atuais.

#### **7.3.1.4 Análise preliminar da categoria**

Algumas breves conclusões podem ser preliminarmente apresentadas a título de justificar a constituição da categoria de Intradisciplinaridade Restringente, que engloba as três subcategorias abordadas nas seções anteriores - Amparos Conceituais, Interdisciplinaridade e Tópicos Avançados em Ciência e Tecnologia.

Constata-se que, de modo geral, os trabalhos relacionados à robótica educativa têm dificuldade de se desenvolverem como trabalhos interdisciplinares, manifestando-se mais intradisciplinarmente na forma

de trabalhos relativamente complexos que acabam por demandar conhecimentos geralmente centrados nas áreas de matemática e física.

*Figura 36 - Questão de interpretação de textos proposta para o 8º e 9º ano do Ensino Fundamental*

8. Leia os textos a seguir e responda:

**(TEXTO I) ROBÔS QUE IMITAM INSETOS**

“O grupo europeu de pesquisa I-Swarm (enxames inteligentes) vem trabalhando há anos no desenvolvimento de microrrobôs capazes de atuarem em conjunto como insetos, reproduzindo o comportamento coletivo de formigas, abelhas e cupins.”

(Fonte: [www.inovacaotecnologica.com.br](http://www.inovacaotecnologica.com.br))

**(TEXTO II) O INSETO NANO-ROBÔ ESPÍÃO**

“O inseto-robô é capaz de voar e pousar em qualquer área. Pode seguir pessoas até o seu destino sem essas ao menos perceberem a sua presença. Além de seguir pessoas, o inseto nano-robô poderá tirar fotos, filmar com sons em tempo real, localizar pessoas em catástrofes, ou reféns presos, transmitindo informações das armas, a localização e até tirar o sangue para amostras de DNA. Esse nano-robô poderá ser feito em diversas formas de diferentes insetos, como abelhas, moscas, libélulas entre outros.”

(Fonte: [www.ynternix.com](http://www.ynternix.com))

**(TEXTO III) PESQUISA BUSCA DESVENDAR O DESAPARECIMENTO DE ABELHAS**

“Uma tecnologia inovadora está ajudando a monitorar abelhas e tenta desvendar por que elas estão desaparecendo. Microsensores são colocados nas costas dos insetos para registrar e mapear todos os trajetos percorridos. (...) De acordo com Souza, com os dados recolhidos será possível identificar mudanças no comportamento dos animais e estudar como estes podem afetar a produção agrícola. As abelhas são responsáveis por levar o pólen de uma planta para outra, colaborando com a fecundação das flores que, por sua vez, geram novos frutos e sementes. É o processo de polinização. Quando essa cadeia é interrompida, a reprodução fica comprometida.”

(Fonte: [www.jornaldaciencia.org.br](http://www.jornaldaciencia.org.br))

As pesquisas descritas nos textos I e II podem, de alguma forma, ser aplicadas para solucionar o problema identificado no texto III?

- a. Sim. A tecnologia descrita no texto II pode ser aplicada para colher os dados necessários, os quais podem ser utilizados para treinar os robôs citados no texto I, que eventualmente podem substituir os insetos na tarefa de polinização.
- b. Não. Os assuntos tratados nos textos I, II e III não estão relacionados.
- c. Sim. Os insetos citados no texto III se adaptariam para receber os robôs citados no texto I como membros do enxame e, posteriormente, seriam treinados por esses hóspedes robôs para executar funções como as descritas no texto II.
- d. Não. Não é possível reproduzir o comportamento coletivo dos insetos citados no texto III, portanto a pesquisa descrita no texto I não se aplica. Além disso, os robôs citados no texto II não seriam aceitos como membros da colmeia.
- e. Não. O processo de polinização seria completamente descaracterizado pela utilização dos robôs citados no texto II e, portanto, a pesquisa descrita no texto I só teria efeito no caso de robôs que imitam o comportamento de cupins e moscas.

Fonte: Prova Teórica da Olimpíada Brasileira de Robótica de 2015

Também são encontradas atividades em que privilegia-se um conhecimento fragmentado não sistemático no que diz respeito aos pilares de conhecimento que sustentam a robótica educativa: a mecânica, a eletrônica, a computação e a comunicação. Exemplos disso são os casos em que são desenvolvidos artefatos robóticos com características que os estudantes não conseguem compreender por completo. Por fim, essas limitações acabam por determinar um caráter restritivo às atividades pedagógicas já que muitos conteúdos dos quais a robótica depende estão sendo meramente tangenciados, e disso poder decorrer uma visão pragmatista da tecnologia impedindo que sejam visualizadas oportunidades profissionais como na área da pesquisa e na área voltada ao desenvolvimento de novos materiais.

### **7.3.2 Escalabilidade Cognitiva**

As formas tradicionais de ensino de programação também são baseadas, de início, na proposição de exemplos simples, geralmente voltados à criação de algoritmos sequenciais, que avançam rapidamente para exemplos frequentemente amparados em conceitos matemáticos, como divisores, quocientes, restos, números primos, números perfeitos, série de Fibonacci, com uso de estruturas de programação como testes condicionais e laços de repetição, avançando rapidamente para conceitos mais complexos como vetores, matrizes, procedimentos, funções e recursividade. A transição do paradigma da programação estruturada para o da programação orientada a objetos ocorre a partir do estudo de novos conceitos como herança, polimorfismo, encapsulamento, propriedades e métodos.

A integração entre a programação e as placas microcontroladas permite que estruturas de programação simples como testes condicionais e laços sejam abordadas em diferentes contextos ou aplicações, já que o leque de objetos que podem ser integrados aos projetos é grande: dos diferentes tipos de sensores aos atuadores, compreendendo desde motores, LEDs, motores de passo e servo-motores, até módulos de



comunicação e diversificados outros dispositivos de entrada, saída e armazenamento.

A ampliação deste leque de possibilidades permite que as abordagens pedagógicas, se tomarem por base a criação de instrumentos e de experimentos variados, avancem de modo a respeitar os tempos de aprendizagem dos indivíduos.

A emersão dessas características, manifestadas na forma de diferentes abordagens de uso das plataformas eletrônicas de prototipagem, assim como as conclusões decorrentes dos processos de aprendizagem conforme relatados pelos autores nos documentos do *corpus*, deram origem a esta categoria de Escalabilidade Cognitiva. As duas subcategorias construídas e a ela relativas serão discutidas a seguir.

### **7.3.2.1 Abordagens pedagógicas**

Não pretende-se, aqui, induzir a algum tipo de classificação as abordagens pedagógicas encontradas na documentação. Apesar disso ser possível, é fato que todas compartilham elementos comuns, e é possível constatar que algumas voltam-se à construção de instrumentos eletrônicos, alguns mais simples (SANTOS, 2015), outros mais complexos como medidores de campo magnético, agitadores magnéticos e contadores Geiger (MERCER e LEECH, 2017; PEREIRA, SANTOS e AMORIM, 2016), e outras para validações instrumentais, ou seja, experimentos comparativos entre medidas realizadas por equipamentos comercializados e por instrumentos construídos de baixo custo (CASTRO, 2016; DWORAKOWSKI, 2016; GRINIAS, 2016).

Também há abordagens na forma de práticas experimentais de aquisição de dados (HIRDES, 2015) e na forma de sequências ou roteiros didáticos dirigidos (MARTINS, 2016) que apresentam protótipos prontos ou construídos conjuntamente, sendo que, nestes casos, é mais frequente a construção de poucos deles, ou por vezes, somente um, em função de tempo, de complexidade ou de custos

(PEREIRA, SANTOS e AMORIM, 2016). Não ficam de fora as criações de protótipos robóticos como robôs seguidores de linha, humanoides e cartesianos (CANDELAS et al. , 2015; PEREIRA, 2016; RODRÍGUEZ e CUESTA, 2016).

A exemplo do que foi anteriormente analisado com relação aos conteúdos curriculares alcançados, cabe novamente mencionar que de todos os documentos analisados e que deram origem a unidades de análise desta subcategoria, os artigos e documentos acadêmicos novamente apresentam-se como os materiais que melhor transpõe as complexidades técnicas e conceituais envolvidas.

Os estudos das diferentes abordagens utilizadas por diferentes autores nos permite construir alguns questionamentos. Tomemos por exemplo os trabalhos de Santos (2016) e de Freitas (2016). O primeiro volta-se para estudos investigativos sobre as ilhas de calor urbanas, enquanto que o segundo volta-se ao monitoramento do desenvolvimento de mudas de alface. Ambos os trabalhos estão associados à compreensão de conceitos de termometria e de calorimetria, e tanto um quanto o outro refere-se à importância da calibração dos sensores. Santos (2016) explica que em seu projeto utilizou-se de um DHT11, sensor este que, segundo o autor, permite fazer leituras de temperatura entre 0 e 50 graus Celsius e de umidade entre 20% e 90%, sendo o referido sensor muito usado para projetos com o Arduino. Complementa afirmando que sua precisão para a medida de temperatura é de  $\pm 2.0$  °C e para a medida de umidade é de  $\pm 5.0\%$ , com um tempo de resposta  $< 5s$ . Termina explicando que o DHT11 tem "uma calibração extremamente precisa, com uma tecnologia que garante alta confiabilidade e excelente estabilidade ao longo do tempo, tem resposta rápida e resiste a interferências".

A utilização de sensores confiáveis e já calibrados permitiria a experimentação de outras tecnologias, já que não se torna necessária uma maior aproximação com questões concernentes a imprecisões e erros de medição. Os projetos podem se tornar ainda maiores e mais

interessantes uma vez que as partes dos protótipos consistem de módulos confiáveis, prontos, integrados via programação.

No entanto, entendo que uma abordagem como a encontrada em Freitas (2016) é igualmente válida e extremamente relevante. Nesse trabalho, em que se fizeram presentes nos protótipos criados sensores de umidade do solo, houve um momento em que os estudantes constataram que a conversão das leituras analógicas do sensor para sinais digitais não significava uma medida da umidade passível de uso, o que fez com que, segundo a autora, eles precisassem realizar alguns testes empíricos. Ela explica que, então, os estudantes testavam o sensor em condições de umidade extrema - dentro de um copo com água, por exemplo - para obter um valor máximo e, depois testavam-no em areia completamente seca, com o intuito de obterem um valor mínimo para a umidade. Dessa maneira, explica, foi possível estabelecer valores ideais para o contexto abordado no projeto.

Outros dois exemplos de construção de instrumentos que envolvem programação e robótica, sem sobrecarga de complexidade e que permitem focar no fenômeno em estudo são os trabalhos de Hirdes (2015) e Da Rosa et al. (2016). No primeiro deles, da área da Química, voltado à determinação de entalpia de reação de decomposição do peróxido de hidrogênio e ao levantamento da curva de resfriamento do ácido esteárico, a autora aborda com boa profundidade as questões que envolvem um simples termistor, a saber, a incerteza e a resolução das medidas, a robustez para uso em laboratórios didáticos, a possibilidade de uso em meios agressivos como ácidos, bases e oxidantes, a faixa de medição de temperaturas e a sua facilidade de construção. Compara ainda os termômetros eletrônicos com os termômetros de mercúrio líquido afirmando que os primeiros apresentam maior durabilidade e robustez, e ainda medidas com menores erros por eliminar a necessidade de mover o medidor de temperatura do meio em estudo. A autora conclui que

A utilização de sistemas de instrumentação com sensores e aquisição automática de dados

potencializa abordagens diferenciadas para as aulas de ciências, **ênfatizando-se a compreensão dos fenômenos físicos** e minimizando o tempo gasto no trabalho de registro e tratamento estatístico dos dados. (HIRDES, 2015, p. 129, grifos meus).

No segundo deles, Da Rosa et al. (2016) relatam a realização de uma atividade experimental envolvendo o conteúdo de condução de calor, com objetivo de "servir como material de apoio para que professores, tanto de Ensino Médio como de Ensino Superior, possam reproduzir a experiência com os seus alunos". Após a realização dos experimentos com os instrumentos eletrônicos construídos, os autores observaram que

Teoricamente, para o cobre, o fluxo em regime estacionário deveria se estabelecer antes do que para o alumínio. Espera-se isso pelo fato de aquele possuir uma condutividade maior do que este. Porém, na nossa experiência, não foi possível observar essa diferença, o que pode ser explicado por diversos fatores, dentre os quais: a diferença no valor da condutividade do cobre para o alumínio é muito pequena e, conseqüentemente, a diferença de tempo para se estabelecer o fluxo em regime estacionário é de uma ordem muito difícil de se medir; ou ainda, explica-se o ocorrido em termos da existência de perdas variáveis de calor para o meio devido a fatores de superfície. No entanto, há de se considerar que tais fatores e limitações podem se mostrar, não como uma deficiência na atividade experimental, mas como elemento norteador para fomentar discussões em sala de aula, por exemplo, acerca da importância da compreensão dos fenômenos em si, uma vez que os cálculos teóricos só consideram um pequeno número de variáveis, mesmo nas simulações computacionais mais complexas. (DA ROSA et al., 2016, p. 9).

Como bem colocam os autores, é justamente a expectativa de tempo menor de estabelecimento de regime estacionário para o cobre, e que não se confirma no experimento, o que abre ainda mais espaço para reflexão quanto à eficácia do instrumento construído. Poderia ser entendido como inadequado para aquela escala de precisão, porém, essa suposta inadequação é algo constituinte do processo de aprendizagem, fomentadora de questionamentos acerca dos processos científicos e dos instrumentos utilizados, afirmação com a qual concordam os autores. E como afirmava Bachelard, "Antes de qualquer empreendimento experimental, o físico deve determinar a sensibilidade dos aparelhos. É o que o espírito pré-científico não faz". (BACHELARD, 1996, p. 268).

A segunda subcategoria relacionada à categoria de Escalabilidade Cognitiva congrega elementos referentes aos processos de aprendizagem e às exigências cognitivas estabelecidas nas abordagens com robótica educativa. Ela será analisada na seção seguinte.

### **7.3.2.2 Elementos processuais-cognitivos**

Unidades de análise relativas aos processos de aprendizagem, e que referem-se a analogias, valorização de erros, encapsulamento de complexidade, criatividade, protagonismo, autonomia, valorização do lúdico e do trabalho em grupo estão presentes nas abordagens pedagógicas e foram agrupadas nesta subcategoria. São características presentes em todos os tipos de materiais do *corpus*. No entanto, chama a atenção que analogias, erros e encapsulamento de complexidade apresentam-se notadamente mais voltados ao ensino de conceitos de informática e de programação. É provável que isso se dê em função da carga de abstração necessária para a compreensão daqueles conceitos.

O encapsulamento da complexidade da programação é um ponto muito importante, já que projetos de robótica maiores e mais complexos vão demandar, muito provavelmente, conhecimentos proporcionalmente maiores de programação.

Bastos (2016), em um trabalho com duas turmas de quinto ano do Ensino Fundamental, com atividades envolvendo arte e tecnologia, defende respeitar as habilidades dos indivíduos a fim de evitar frustrações. Com relação à complexidade o autor afirma que quando eram passadas tarefas um pouco mais complexas os alunos demoravam muito para realizá-las, dispersando-se com facilidade. Aqueles poucos que persistiam, segundo o autor, tendiam a errar bastante frustrando-se com o resultado final, que, na maioria das vezes, não atendia às suas expectativas. Ele resume afirmando que durante as oficinas constatou que os alunos se motivavam mais a realizar as tarefas se o resultado de seus esforços tivesse que ser apresentado, e se as tarefas sugeridas fossem curtas, objetivas e feitas a partir de exemplos simples.

Também há o reconhecimento de que apesar das atividades com robótica educativa serem vistas como motivadoras, atrativas, participativas e lúdicas, não são, necessariamente, do agrado de todos os estudantes. (FERNANDES, 2015; CHOUNTA, MANSKE e HOPPE, 2017). Vale lembrar, a título de contraponto, que no questionário de pesquisa do presente trabalho as respostas à afirmativa 1 (os estudantes são fascinados por tecnologias como tablets, computadores, smartphones, internet, inteligência artificial, robôs e games) apresentaram média igual a 4,7 e moda igual a 5, com desvio padrão igual a 0,5 significando que os participantes são quase unânimes ao concordar com o que foi afirmado.

Se os conceitos de programação não estiverem sendo abordados de uma maneira escalável, não surpreenderá que as futuras atividades de robótica educativa, em diferentes níveis, limitem-se à construção de protótipos robóticos para diferentes propósitos mas cujos códigos de programação venham prontos do professor ou de tutoriais em vez de serem desenvolvidos pelos estudantes. Isso já vem acontecendo e é reportado em alguns trabalhos, uns reconhecendo a dificuldade da programação (FERNANDES, 2015), outros preferindo focar nos fenômenos científicos envolvidos e não nos códigos dos programas

(CORDOVA e TORT, 2016), e outros preferindo encapsular a complexidade da programação através da construção de módulos e *Plugins* (GUZMÁN et al., 2015).

Corroboram a afirmação do parágrafo anterior trabalhos como o de Candelas (2015), onde foi apresentada a implementação de quatro protótipos robóticos em nível superior, também analisando as experiências do ponto de vista dos estudantes. O autor aponta em sua pesquisa que a expressiva maioria deles considerou fácil a criação de programas para a plataforma Arduino, porém, esses mesmos estudantes declararam possuir bons conhecimentos prévios em programação e também conhecimentos prévios sobre eletricidade e eletrônica.

Não seria surpresa, portanto, se todas essas considerações acabassem por desenvolver uma potencial força de polarização com relação à robótica, o que seria ruim já que correria-se o risco de que somente uma pequena parte dos estudantes se interessasse pela pesquisa e pelo desenvolvimento científico e tecnológico.

### **7.3.2.3 Análise preliminar da categoria**

Pode-se chegar a algumas conclusões preliminares a partir das análises das subcategorias que compõe a categoria de Escalabilidade Cognitiva. Tem-se explicado ao longo do presente trabalho que as plataformas eletrônicas de prototipagem como o Arduino são escaláveis, implicando em adequada liberdade para que diferentes abordagens pedagógicas sejam executadas. No entanto, estão presentes nos materiais relatos que evidenciam a realização de projetos de robótica educativa que não levam em conta a referida escalabilidade, ou que não se beneficiam dela. Nesses casos, pode estar havendo um desequilíbrio entre os objetivos almejados e o nível cognitivo dos estudantes, muitas vezes fruto de orientações pedagógicas pragmáticas com potencial para polarizar seus interesses, podendo dividi-los, nesta situação hipotética, entre os que gostam e os que não gostam de tecnologias e de robótica.

### 7.3.3 Abstração e Matemática

Claramente, abstração e matemática poderiam constituir-se como elementos pedagógicos importantes e presentes em praticamente qualquer outra das categorias aqui sendo criadas. Principalmente naquelas em que elementos dos processos de aprendizagem são estudados. No entanto, há diversas referências presentes nos materiais mencionando a importância da realização de experimentos práticos que, se não compreendidos adequadamente, correm o risco de serem interpretados como sugestões de abordagens pedagógicas empiristas em detrimento das necessárias compreensões racionais. Este fato justifica a existência de uma categoria de análise exclusivamente voltada a essa problemática.

Se aqui propõe-se uma ação pedagógica epistemologicamente vigilante, no sentido bachelandiano, e que harmonize o prático e o teórico, devemos lembrar que

ao meditar a ação científica, percebe-se que o realismo e o racionalismo permutam sem fim seus pareceres. Nem um nem outro isoladamente é suficiente para constituir a prova científica; no reino das ciências físicas, não há lugar para uma intuição do fenômeno que revelasse de uma só vez os fundamentos do real; tampouco há lugar para uma convicção racional - absoluta e definitiva - que impusesse categorias fundamentais aos nossos métodos de pesquisas experimentais. Existe aí uma razão de novidade metodológica que teremos de trazer à luz; as relações entre a teoria e a experiência são de tal modo estreitas que nenhum método, seja experimental, seja racional, está seguro de manter seu valor. (BACHELARD, 2000, p. 17).

Para conduzir essa discussão entre o prático e o teórico foram



construídas as subcategorias apresentadas nas subseções seguintes<sup>91</sup>.

### 7.3.3.1 Experimentação

Diretamente associadas a esta problemática estão as recorrentes afirmações de que a robótica complementa aulas tradicionais meramente expositivas (MARTINS, 2016; LUCIANO FILHO, 2016), desperta o interesse dos alunos (SOARES, 2016), permite a construção de conhecimentos de forma lúdica (BASTOS, 2016; LÓPEZ e GUTIÉRREZ, 2017), favorece a realização de aulas mais estimulantes (NOVACOSKI, 2016), com potencial de tornar a disciplina estudada atraente e agradável (FREITAS, 2016). Também muito se afirma com relação à capacidade da robótica em tornar a aprendizagem mais significativa. (ARAUJO, 2017; FETZNER FILHO, 2015; LUCIANO FILHO, 2016; SANTOS, 2015).

Se há consenso com relação a alguns aspectos, algumas especificidades das atividades pedagógicas com robótica educativa manifestam sua incipiência. Bastos (2016) conduziu uma experiência com duas turmas confrontando duas diferentes abordagens com relação à mediação docente. Na primeira delas, em que aos alunos foi concedido um grau de liberdade maior para conduzirem o processo de montagem dos seus protótipos, o autor afirma que eles "ficaram mais à vontade para exporem suas ideias, deixando a imaginação livre". Explica que, pelo fato de os estudantes de tal turma incrementarem demasiadamente os carrinhos (robôs), preocupando-se muito com o fator estético, os protótipos ficaram pesados e frágeis, o que impedia que se

91 Seymour Papert também situava seus trabalhos em meio às questões de transição entre os conhecimentos concretos e abstratos. Ele entendia que era importante compreender a natureza intrínseca da inteligência, combatendo a separação do trabalho intelectual da atividade física da criança. Afirmava, ainda, que sua "tartaruga" da linguagem Logo era ao mesmo tempo instrumento e metáfora, uma espécie de objeto de transição entre a abstração e o concreto que permitia às crianças estabelecerem pontes entre seus conhecimentos intuitivos e seus pensamentos abstratos. (PESSIS-PASTERNAK, 1993, p. 247).

movimentassem. Essa falta de referência e de orientação, segundo o autor, foi causa de frustração, ansiedade e desmotivação. Ele finaliza explicando que a outra turma, que por sua vez teve objetivos estabelecidos e orientação adequada, criou protótipos mais simples e mais adequados às suas habilidades, resultando em maior motivação.

No entanto, Callegari (2015), que focou em aspectos sociocognitivos das atividades de robótica educativa, afirma que nas experiências os processos cooperativos ocorreram nos momentos em que os sujeitos trabalharam livremente, não sendo tais processos observados nas montagens guiadas.

No questionário da presente pesquisa foi feita a afirmação 21 (média=3,1; moda=4; DP=1,2), afirmando que construir um robô favorece o aprendizado do aluno já que trata-se de um processo em que se constrói algo concreto, não dependendo, portanto, de conhecimentos abstratos. As respostas a essa afirmativa ficaram divididas, apresentando o quarto maior desvio padrão. No entanto, não depender de conhecimentos abstratos implica em ignorar ou desconhecer a total dependência que um robô possui de um programa que o controla, permitindo-nos inferir que até mesmo a inteligência artificial, que começa a se popularizar, não esteja sendo associada à programação.

Indo um pouco mais além, isso poderia confrontar a certeza que os professores tiveram ao concordar, em sua maioria, com as afirmações 4 (média=3,5; moda=4; DP=1,0) e 6 (média=3,8; moda=4; DP=0,8), onde, respectivamente, afirmou-se na primeira que os conteúdos pelo professor abordados em suas atividades docentes contribuem para a formação de indivíduos com capacidade de criar novos produtos tecnológicos em suas futuras profissões, e, na segunda, que o professor era capaz de exemplificar de que forma a criação de tecnologias como tablets, computadores, smartphones, internet, inteligência artificial, robôs e games, é dependente dos conteúdos por ele abordados em sua atividade docente. É difícil, em outras palavras, assumir como válidas essas certezas se há desconhecimento da importância das abstrações no

que diz respeito à robótica, em particular ao pensamento computacional e à programação.

Ainda no questionário da pesquisa, a afirmativa 22 (média=3,4; moda=4; DP=1,2) tem estatísticas quase idênticas à afirmativa 21, aproximando-se um pouco mais do aspecto avaliativo, já que afirma que a criação de um protótipo robótico funcional é uma forma completa de avaliar o aluno, pois mostra que ele conseguiu colocar em prática conhecimentos que aprendeu. Esta semelhança nas respostas nos permite concluir que, para a maioria dos professores, um experimento, voltado à criação de algo concreto, não somente tem potencial para avaliar o aluno mas também para fazê-lo constatar a relação entre o conteúdo curricular e a temática estudada, neste caso a robótica.

Os manuais técnicos são ainda mais explícitos neste sentido, defendendo que os desafios relacionados aos temas curriculares "**exigem** que os estudantes coloquem **em prática** os conhecimentos que adquiriram". (COGETEC, 2011, p. 41, grifos meus). Há também a defesa de ambientes de aprendizagem nos quais "alunos aplicam **o método científico** e adquirem habilidades para estruturar pesquisas e resolver problemas **concretos** em um cenário **real**". (FEITOSA, 2013, grifos meus). Feitosa (2013) também reconhece, ao afirmar a importância de o aluno construir o próprio conhecimento, que há vantagens em tornar ideias formais e abstratas em concretas, visuais, tangíveis e manipuláveis, sendo por consequência, segundo ele, mais prontamente compreensíveis.

Essa suposta simplicidade leva à criação de materiais para uso por "crianças e adolescentes **sem nenhum tipo de conhecimento prévio**" (GUIA, 2015a, p. 8, grifos meus), permitindo aos professores identificarem na robótica algo "que era um enigma assustador e se transforma em puro prazer de atuar nesta área". (GUIA, 2015a, p. 8).

O problema é que a robótica, não podendo ser dissociada da programação, precisa ter também em seu aprendizado a priorização dos

estudos de diferentes formas de representação abstrata, pois é isso que será enfrentado pelo aluno quando for chegado o momento de implementar os processos físicos em estruturas computacionais. Como se não bastasse, a própria supervalorização empírica e concreta pode construir nos alunos a falsa impressão de que as explicações formais e racionais para os fenômenos estudados sejam irrelevantes nos contextos profissionais.

### 7.3.3.2 Teorização e racionalização

Ainda que bem menos frequentes, as defesas por compreensões racionais, abstratas e matemáticas são também existentes, inclusive em manuais técnicos. Feitosa (2013) entende que atividades de educação tecnológica devem objetivar, dentre outras coisas, estimular o aluno a relacionar e a descrever o raciocínio em termos matemáticos. A exemplo do anterior, em outro manual técnico orientado à venda de *kits* robóticos, há ao menos uma breve sugestão de abordagem de conceitos de geometria plana antes de um estudo sobre o uso de polias, reconhecendo que o "estudo dos círculos e da circunferência é de extrema importância para podermos aprender a lidar de forma clara e correta com os cálculos de polias". (GUIA, 2015b, p. 2).

A matematização está diretamente relacionada à construção de modelos e à inteligência artificial. Esta, por sinal, muito referenciada e ao mesmo tempo muito distante dos exemplos e das experiências encontradas nos documentos. Tanto que, no presente trabalho, fez surgir uma categoria própria dedicada a essas questões, categoria esta a ser analisada nas seções seguintes.

Documentos do *corpus* analisados e que se colocam apropriadamente em defesa das abstrações e da matematização são os que envolvem os conceitos de pensamento computacional. Para Wing (apud LÓPEZ e GUTIÉRREZ, 2017, tradução minha), pensamento computacional implica na resolução de problemas, no projeto dos sistemas e na compreensão da conduta humana fazendo uso dos

conceitos fundamentais da informática. Guzmán et al. (2015, tradução minha) explicam que para Seymour Papert, o computador se utiliza como um meio para controlar processos físicos com o fim de alcançar objetivos definidos. Papert continua exemplificando que este controle poderia se apresentar na forma de um sistema de piloto automático de aviões ou na forma de um modelo de sistema nervoso animal, com seus reflexos e habilidades para caminhar e enxergar, só que para alcançar estes objetivos, são necessários princípios matemáticos.

Ainda com relação ao pensamento computacional, Berrocoso, Sánchez e Arroyo (2015), na análise do currículo britânico de ensino de computação para o nível correspondente aos anos finais do Ensino Fundamental brasileiro, identificam a expressão “abstração computacional”, com o adequado objetivo de “modelar o estado e o comportamento de problemas do mundo real e de sistemas físicos”. O referido currículo ainda propõe a compreensão de algoritmos que refletem o pensamento computacional, como os de classificação e busca, assim como o desenvolvimento do raciocínio lógico e da capacidade de comparar algoritmos alternativos que solucionam um mesmo problema. Aproximam-se ainda mais detalhadamente dos conteúdos, sugerindo conhecer duas ou mais linguagens de programação, sendo ao menos uma delas textual<sup>92</sup>, fazendo uso de listas, tabelas e sequências, procedimentos e funções. Também mencionam a importância de conhecer a lógica *booleana* e o sistema de numeração binário, assim como a forma através da qual os sistemas de informação comunicam-se entre si.

### 7.3.3.3 Análise preliminar da categoria

Se olharmos para as duas subcategorias analisadas e que compõe esta categoria de Abstração e Matematização, veremos que há uma leve inclinação a dar preferência pela experimentação, com raríssimos

92 Em uma linguagem de programação textual, todo o código é digitado, ao contrário das linguagens de programação por blocos onde os códigos são arrastados e soltos na área de programa (*drag and drop*).

reconhecimentos sobre a importância da matematização e da racionalização dos fenômenos. Se por um lado a sobrevalorização da experiência faz sentido, já que o acesso a tecnologias educativas nunca foi tão fácil, por outro esta sobrevalorização não pode acabar resultando em abordagens pedagógicas empiristas.

Há que se entender que quando se fala em pensamento computacional, não se trata de impor um comportamento determinístico e algorítmico aos processos e à conduta humana, como poderia parecer, mas sim, de reconhecer que, se comportamentos e processos serão representados algorítmicamente, seja para a criação de modelos, seja para a realização de simulações ou para a organização de processos, eles precisarão ser compreendidos à luz das estruturas de programação e da matemática.

### **7.3.4 Inteligência Artificial**

Esta categoria e sua subcategoria homônima concentram os tópicos concernentes a tudo aquilo que se aproxime da inteligência artificial. Sabemos que isso tem se feito presente cada vez mais nos meios de comunicação e nos aplicativos de computadores e smartphones, tão popularizados hoje em dia. Se, como vimos nas seções anteriores, os currículos sendo propostos para a educação tecnológica de crianças e adolescentes já contemplam tópicos atualmente abordados na educação superior, aproximar a inteligência artificial desses processos apresenta-se como um grande desafio.

Prova disso são as quase inexistentes aproximações com este tópico encontradas a partir da análise dos documentos do *corpus*. Somente foram encontradas referências mais explícitas à inteligência artificial nos documentos da OBR. Nestes casos, na forma de questões teóricas. Na esfera pedagógica, em termos de implementação prática, experimentação ou construção de instrumentos que fizessem uso ou algum tipo de aproximação com a inteligência artificial, nada foi encontrado.

Nas provas da OBR, a forma mais frequente de abordar o tema é através de questões interpretativas, existindo outras poucas mais específicas, como aquelas que envolvem algoritmos genéticos, lógica difusa e redes neurais. A Figura 37 exibe uma questão da OBR que aborda as redes neurais a partir do modelo de um neurônio artificial.

No entanto essas questões, ainda que bem elaboradas, levantam o seguinte questionamento: se isso é cobrado dos estudantes, quem e de que maneira estaria abordando a temática da inteligência artificial nos anos que antecedem o ensino de nível médio?

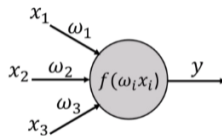
Dada a relevância deste tópico, uma das propostas a ser apresentada nesta seção será em defesa de formas de aproximação de conceitos de inteligência artificial com conteúdos e experimentos com programação, e, por consequência, com robótica educativa.

Defende-se aqui que essa aproximação se dê respeitando a capacidade cognitiva do estudante, iniciando-se por exemplos simples e que evidenciem a estreita relação que o tópico possui com a matemática, com a estatística e com processos algorítmicos.

Nos capítulos anteriores foram apresentados dois exemplos em que uma matemática relativamente simples solucionava os problemas de identificação de uma jogada válida para uma rainha, em um tabuleiro de xadrez, e de detecção de um obstáculo em função de medidas de distância em um carrinho-robô, de maneira que o próprio carrinho identificasse que estava parado, tomando uma decisão por conta própria para sair daquela situação. Nas seções seguintes serão apresentadas outras sugestões de implementação com robótica e programação passíveis de serem trabalhadas de maneira alinhada ao tópico de inteligência artificial.

*Figura 37 - Questão de Inteligência Artificial proposta para qualquer nível do Ensino Médio ou Técnico*

20. Redes Neurais são sistemas paralelos distribuídos compostos por unidades de processamento simples interligadas entre si e com o ambiente por um número de conexões. Também podem ser definidas como modelos inspirados na estrutura paralela do cérebro e que buscam reter algumas de suas propriedades. As unidades representam os neurônios, enquanto que a interconexão, as redes neurais. No geral, conexões estão associadas a pesos que armazenam o conhecimento da rede e servem para ponderar a entrada recebida pelo neurônio, ou seja, aprendizagem gerada a partir de conhecimento. Assim, o elemento principal da rede neural artificial é o neurônio representado como a seguir:

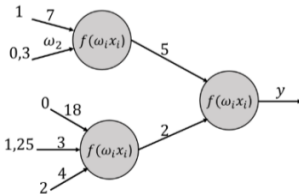


Observa-se que o neurônio pode receber várias entradas  $x$  por meio de conexões caracterizadas por um peso  $\omega$ . A saída do neurônio  $y$  é única e tem como resultado a aplicação da função de ativação  $f(\cdot)$  na combinação das entradas.

Por exemplo, se  $x = [1 \ 2 \ 3]$  e  $\omega = [2 \ 0,2 \ 1]$ , e a função de ativação for o somatório das entradas ponderadas então

$$y = (1 * 2) + (2 * 0,2) + (3 * 1) = 5,4.$$

Considere agora a seguinte rede neural composta por três neurônios iguais aos do exemplo, com mesma função de ativação.



Qual o valor do peso  $\omega_2$  para que a saída seja  $y = 61,5$ ?

- a.  $\omega_2 = 7.$
- b.  $\omega_2 = 18.$
- c.  $\omega_2 = 3.$
- d.  $\omega_2 = 5.$
- e.  $\omega_2 = 2.$

Fonte: Prova Teórica da Olimpíada Brasileira de Robótica de 2016

Para deixar bem claro, os primeiros exemplos não poderiam ser classificados como implementações solucionadas por inteligência artificial, já que correspondem a identificação de padrões e a processos em que problemas são solucionados matematicamente e estatisticamente. Porém, deve-se mencionar novamente que o horizonte do presente trabalho é o horizonte pedagógico, preocupado em aproximar adequadamente tais conteúdos e transpor suas complexidades.

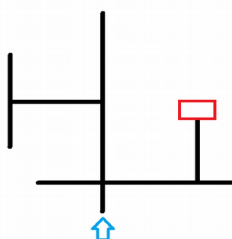


Já os últimos exemplos serão implementações dos chamados neurônios artificiais, constituintes das chamadas redes neurais, que conseguem aprender a identificar e a classificar comportamentos simples, podendo ser implementados em quaisquer linguagens de programação, até mesmo naquelas voltadas ao ensino de programação para crianças e adolescentes.

#### 7.3.4.1 Reconhecimento de padrões

Este primeiro exemplo sugere a criação de um carrinho-robô que parte de um determinado local em um labirinto e precisa encontrar uma saída<sup>93</sup>. Ele tem o objetivo de aprender qual é o caminho mais curto a ser tomado a partir de uma primeira etapa em que o caminho é percorrido exaustivamente. A lógica desta primeira etapa é somente sempre virar à esquerda. Uma ideia do referido labirinto pode ser obtida a partir da Figura 38. A entrada seria pelo local apontado pela seta e a saída no local em que se encontra o retângulo.

*Figura 38 - Labirinto percorrido pelo carrinho-robô*



Fonte: elaborada pelo autor<sup>94</sup>

93 Este exemplo está disponível na Internet em <https://mjrobot.org> e é de autoria de Marcelo José Rovai.

94 Adaptada da imagem original disponível em <https://mjrobot.org>

Neste caso, se o carrinho percorresse o labirinto por completo, usando a lógica de sempre virar à esquerda (90°) em alguma encruzilhada, e retornando (180°) quando não houvesse opção de seguir reto e nem de virar à esquerda, ao registrar suas decisões poderia construir um **Vetor de Decisões**, que guardaria as letras L (left) quando virou à esquerda, B (back) quando retornou, S (straight) quando seguiu reto ou R (right) quando virou à direita.

Assim, para o labirinto proposto, seu caminho ficaria logicamente registrado da seguinte maneira:

**Vetor de Decisões = [L B L L L B S B L L B S L L]**

Porém, o significado das três primeiras letras, virar à esquerda, voltar e virar à esquerda novamente, é o mesmo que seguir reto. Assim, após uma primeira análise "inteligente", a sequência LBL inicial poderia ser transformada em S, ficando o vetor original alterado para:

**Vetor de Decisões = [S L L B S B L L B S L L]**

Agora, a primeira sequência LBS poderia ser transformada em R, ficando o vetor assim:

**Vetor de Decisões = [S L R B L L B S L L]**

Seguindo a mesma lógica, RBL = B.

**Vetor de Decisões = [S L B L B S L L]**

Seguindo a mesma lógica, LBL = S.

**Vetor de Decisões = [S S B S L L]**

Seguindo a mesma lógica, SBS = B.

## Vetor de Decisões = [S B L L]

Seguindo a mesma lógica,  $SBL = R$ .

Assim, o caminho otimizado ficaria: [R L], ou seja, o "aprendizado" faria com que, neste labirinto, o carrinho-robô seguisse, na oportunidade seguinte, diretamente à saída.

No âmbito pedagógico, há evidentemente a necessidade de se saber representar os movimentos do carrinho-robô de forma abstrata, o que foi sugerido fazê-lo através de letras, acomodando-as em uma estrutura de dados, no caso um vetor, que propicie posterior análise algorítmica, finalizando com a identificação de padrões tomando por base os dados e a estrutura utilizada. Determina-se, assim, a "inteligência" do artefato. Em outras palavras, estes exemplos, ainda que estejam distantes das mais avançadas técnicas de inteligência artificial utilizadas hoje em dia, são formas adequadas, pedagogicamente, de se introduzir esses conceitos já que evidenciam a necessidade de abstração de processos e de comportamentos do mundo físico em algoritmos e dados, assim como a necessidade de utilização de estruturas de dados computacionais para a implementação de tais processos e comportamentos. Também evidenciam a necessidade da implementação matemática e lógica do reconhecimento de padrões existentes no mundo físico, o que se dá, novamente, por via algorítmica.

### 7.3.4.2 Histogramas e performance em bancos de dados

Neste outro exemplo de relativamente fácil compreensão, apresenta-se a relação existente entre estatísticas geradas a partir de metadados e a performance de sistemas de bancos de dados. Talvez não represente algo que possa ser facilmente implementado em escolas em função de suas realidades tecnológicas. No entanto, mostra a relação direta entre a estatística, muito simples, neste caso, e a inteligência de um sistema de banco de dados com vistas a realizar operações de consulta de maneira

otimizada.

Imaginemos, para fins didáticos, a existência de uma tabela em um banco de dados que registre as vendas de produtos realizadas para clientes de uma empresa hipotética, conforme mostrado na Figura 39.

*Figura 39 - Tabela de Vendas - Transações de venda realizadas em determinado período*

	Data	Produto	Cliente	Quantidade
	-----	-----	-----	-----
Linha 01	22/01/18	P4	C3	258
Linha 02	01/10/17	P5	C2	148
Linha 03	22/06/17	P2	C3	123
Linha 04	01/10/17	P3	C5	150
Linha 05	25/03/18	P6	C5	100
Linha 06	14/12/17	P1	C2	885
Linha 07	23/04/16	P3	C4	900
Linha 08	18/01/18	P3	C5	100
Linha 09	24/02/18	P7	C1	200
Linha 10	18/06/17	P1	C2	300

Fonte: elaborado pelo autor

Imaginemos agora que seja necessário saber a quantidade total do produto P3 que foi comprada pelo cliente C3 durante todo o período registrado. Ou seja, se Produto = 'P3' e Cliente = 'C3' então contabiliza (soma). Será necessário percorrer todas as linhas da tabela para fazer tais verificações, já que não há como se saber quais linhas da tabela registram tais transações. Seriam, portanto, 10 acessos no total.

Agora imaginemos que existam dois índices, similares a índices remissivos de um livro, um que aponte de maneira ordenada em quais linhas da tabela estejam os produtos e outro que, igualmente, aponte de maneira ordenada em quais linhas da tabela estejam os clientes. Suas organizações seriam iguais ao exibido na Figura 40.

*Figura 40 - Índices ordenados sobre as variáveis Produto e Cliente*

Índice de Produtos		Índice de Clientes	
Código	Linha da Tabela de Vendas	Código	Linha da Tabela de Vendas
P1	Linha 06	C1	Linha 09
P1	Linha 10	C2	Linha 02
P2	Linha 03	C2	Linha 06
P3	Linha 04	C2	Linha 10
P3	Linha 07	C3	Linha 01
P3	Linha 08	C3	Linha 03
P4	Linha 01	C4	Linha 07
P5	Linha 02	C5	Linha 04
P6	Linha 05	C5	Linha 05
P7	Linha 09	C5	Linha 08

Fonte: elaborado pelo autor

A pesquisa, agora, poderia ser feita diretamente e somente nas linhas da Tabela de Vendas em que foi comercializado o produto P3 ou diretamente e somente nas linhas da Tabela de Vendas em que a compra foi realizada pelo cliente C3. Então como o chamado otimizador de consulta opta entre um e outro? Ele precisa de estatísticas sobre os dados (metadados). Neste caso, o próprio sistema monta distribuições de frequência (histogramas) que o ajudarão a decidir sobre isso. A Figura 41 exibe as distribuições de frequência para cada um dos distintos valores de produto e de cliente.

De posse dessas estatísticas, sabe-se que o produto P3 consta em 30% das linhas da Tabela de Vendas, enquanto que o cliente C3 consta em 20% delas. Isso significa que é vantajoso em termos de tempo utilizar o índice de clientes e não o de produtos para realizar a consulta já que o número de linhas acessadas na Tabela de Vendas será menor. Para o caso desta consulta em particular também é dito que a variável cliente é mais seletiva.

*Figura 41 - Distribuições de Frequência das variáveis Produto e Cliente*

Distribuição de Frequência de Produto:		Distribuição de Frequência de Cliente:	
P1	20%	C1	10%
P2	10%	C2	30%
P3	30%	C3	20%
P4	10%	C4	10%
P5	10%	C5	30%
P6	10%		
P7	10%		

Fonte: elaborado pelo autor

Após, então, consultaria-se o índice de clientes a fim de saber em quais linhas da Tabela de Vendas estão os registros de transações de venda para o cliente C3. Saber-se-ia que estão nas linhas 1 e 3 da Tabela de Vendas sendo somente elas os alvos da consulta. Neste caso hipotético o total de produtos P3 comprados pelo cliente C3 seria zero.

Fato é que o esforço representado pelo número de acessos à memória é menor quando implementa-se essa "inteligência", o que resulta em um menor tempo de consulta. Imagine-se então quando tratam-se de tabelas com bilhões de linhas e não somente algumas poucas delas. É evidente que tais estatísticas mudam, já que nem sempre o percentual de clientes com código C3 será o mesmo na Tabela de Vendas, assim como o percentual de produtos P3 também não será o mesmo, podendo mudar a cada transação de venda realizada. A estatística (metadado), portanto, teria que ser coletada e gerada periodicamente, o que poderia, certamente, fazer com que o otimizador de acesso (algoritmo do banco de dados) pudesse optar, futuramente, por realizar esta mesma pesquisa somente fazendo uso do Índice de Produtos e não do Índice de Clientes. Ao contrário, portanto, do que optou por fazer no passado.

Em termos pedagógicos, é evidente a incipiência das formas como podemos trazer para a Educação Básica tais conceitos e implementações. Torna-se necessária a criação de abordagens e conteúdos que permitam que o estudante se aproxime e se aproprie dessas formas matemáticas e algorítmicas que se apresentam atualmente como "pensamento" e "aprendizagem" de máquina.

Em nosso exemplo, o aprendizado consiste precisamente na análise estatística, e a inteligência consiste no processo algorítmico utilizado. Novamente faz-se uso de estruturas de dados adequadas e construídas para esses propósitos<sup>95</sup>.

#### **7.3.4.3 Neurônios artificiais**

Os dois exemplos anteriores, ainda que não possam ser considerados como aprendizado de máquina ou inteligência artificial, são formas didáticas de se fazerem as primeiras aproximações com este tema. Nesta seção, ao contrário, será sugerida uma forma de aproximação com um conceito de inteligência artificial constituinte das chamadas redes neurais: um neurônio artificial.

Na presente pesquisa buscou-se analisar como os tópicos introdutórios de inteligência artificial são abordados. Como mencionado, isso não esteve presente no *corpus* documental, mas pode ser encontrado, ainda que não tão facilmente, em pesquisas específicas em materiais voltados à Educação Superior, geralmente cursos de computação.

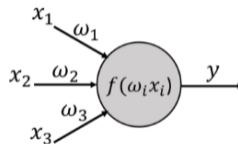
Os dois algoritmos mais comumente referenciados em abordagens

95 Os processos de coletas de estatísticas sobre os dados das tabelas são, por vezes, apenas estimados e não coletados na íntegra, já que consomem processamento da máquina, fazendo com que, tanto por estimativas como por varredura integral, sejam realizados em momentos de menor utilização do servidor nos grandes sistemas de bancos de dados, com vistas a não prejudicar a performance de maneira geral.

introdutórias para o tema são o Minimax<sup>96</sup> e o Perceptron<sup>97</sup>. Se quisermos optar entre um dos dois para iniciar conceitos de inteligência artificial, o segundo seria mais indicado já que pode ser implementado, de maneira simplificada, sem uso de recursividade, ao contrário do primeiro. No decorrer desta pesquisa, a fim de abordar o tema, foram construídos experimentos utilizando-se ambos os algoritmos, sendo que apenas o segundo, por sua relativa simplicidade, será abordado aqui<sup>98</sup>.

O Perceptron é apresentado por seu autor como um modelo probabilístico para o armazenamento e para a organização de informações no cérebro. (ROSENBLATT, 1958). Haykin (2001, p. 143) complementa explicando que o Perceptron é a forma mais simples de uma rede neural usada para a classificação de padrões linearmente separáveis, consistindo de um único neurônio com pesos sinápticos ajustáveis e *bias*. Também explica que o referido modelo neuronal é reconhecido como um filtro adaptativo suficientemente genérico para ampla aplicação. A Figura 42, tal qual exibida anteriormente, mostra o modelo de um neurônio artificial.

Figura 42 - Neurônio artificial



Fonte: Prova Teórica da Olimpíada Brasileira de Robótica de 2016

96 Para introdução ao Minimax: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Minimax>

97 Para introdução ao Perceptron: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Perceptron>

98 Demonstrações do funcionamento de um jogo da velha que utiliza o algoritmo Minimax, implementado no Arduino para esta pesquisa, podem ser acessados em <https://www.youtube.com/watch?v=SDLiu8zbn-U> e <https://www.youtube.com/watch?v=u-s341IptyA>. Nestes casos, por analisar de maneira recursiva todas as possibilidades, o robô nunca perde.



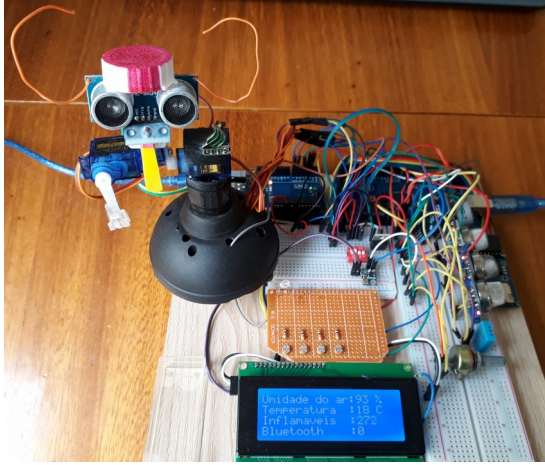
Neste caso, são 3 entradas de distintas variáveis ( $x_n$ ) com seus respectivos pesos distintos ( $w_n$ ). À saída  $y$  é aplicada uma chamada função de ativação (sigmóide, linear, etc.). Tem-se, após o processamento, um valor de saída que, para um neurônio isoladamente, é capaz de classificar todas as entradas como pertencentes a um de dois estados distintos. Combinados, formam redes que, segundo Haykin (2001), desenvolvem seu poder computacional através de estruturas maciças paralelamente distribuídas, assim como através de suas habilidades de aprender e, portanto, de generalizar. Essa generalização, segundo o autor, refere-se ao fato de as redes neurais produzirem saídas adequadas para entradas não presentes durante as chamadas fases de treinamento, momentos, estes, em que elas aprendem.

O mais interessante é que a partir da implementação de um único neurônio artificial, já é possível entender uma das formas através das quais o aprendizado de máquina ocorre. No protótipo de exemplo criado, apresentado pela Figura 43, foram inseridos quatro sensores de luminosidade (na placa de fenolite perfurada, bem ao centro), e que representam as entradas para um microcontrolador Arduino. Elas correspondem às quatro entradas para um neurônio artificial. Poderiam ser menos ou mais entradas, conforme necessário. Foram escolhidas quatro arbitrariamente. O objetivo é que uma pessoa escolha um ou dois sensores de luminosidade quaisquer que, se tapados com os dedos, façam o robzinho acenar com a mão.

O problema é que ele não tem, de início, a menor ideia de qual(is) sensor(es) a pessoa escolheu como "senha" para que ele acene. O robô, em outras palavras, terá que descobrir, ou aprender, isso. Para tanto, a cada tentativa, ele pergunta se sua atitude (de acenar ou de permanecer parado, sem acenar) foi correta ou não, devendo receber uma confirmação como resposta<sup>99</sup>.

99 Uma demonstração do funcionamento deste protótipo criado encontra-se em <https://www.youtube.com/watch?v=MXQ39eHKgoc>

*Figura 43 - Protótipo robótico com Arduino que implementa um neurônio artificial*



Fonte: elaborado pelo autor

São necessárias cerca de 15 iterações, apenas, para que o robô aprenda qual é o sensor de luminosidade que, se tapado, e portanto gerando um valor alto de leitura, implica em fazê-lo acenar com o braço. Quando se escolhe dois sensores para isso e não somente um, são necessárias cerca de 150 iterações. Neste caso, por exemplo, uma possível "senha" seria quando o primeiro e o último sensor estivessem tapados pelos dedos. Qualquer outra combinação poderia ser escolhida. O trecho de código exibido pela Figura 44 corresponde ao núcleo de processamento utilizado na implementação do algoritmo. Basicamente, o valor de saída (*Output*) é calculado com base nos valores de entrada ( $v_0$ ,  $v_1$ ,  $v_2$  e  $v_3$ ) e, caso a classe sugerida não seja a correta, novos pesos para os valores de entrada (variáveis) são calculados, levando em conta os próprios pesos e os próprios valores anteriores.

*Figura 44 - Código Arduino para implementação de um neurônio artificial*

```

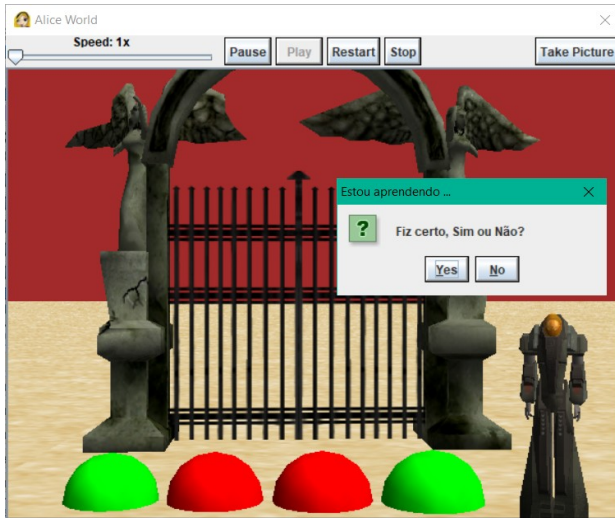
Output = peso0*v0 + peso1*v1 + peso2*v2 + peso3*v3 + Bias;
if(Output >= 0)
{
  L= 1;
  while(!BT.available());          Valor=BT.parseInt();
  if(Valor == 5)
  {
    ClasseEsperada=-1; Erro = ClasseEsperada - L;
    p0new = peso0 + n*Erro*v0;    p1new = peso1 + n*Erro*v1;
    p2new = peso2 + n*Erro*v2;    p3new = peso3 + n*Erro*v3; BiasNew = Bias + n*Erro;
    peso0 = p0new; peso1 = p1new; peso2 = p2new; peso3 = p3new; Bias = BiasNew;
  }
  else Acertos++;
}
else
{
  L=-1;
  while(!BT.available());          Valor=BT.parseInt();
  if(Valor == 5)
  {
    ClasseEsperada=1; Erro = ClasseEsperada - L;
    p0new = peso0 + n*Erro*v0;    p1new = peso1 + n*Erro*v1;
    p2new = peso2 + n*Erro*v2;    p3new = peso3 + n*Erro*v3; BiasNew = Bias + n*Erro;
    peso0 = p0new; peso1 = p1new; peso2 = p2new; peso3 = p3new; Bias = BiasNew;
  }
  else Acertos++;
}
}

```

Fonte: elaborado pelo autor

Este código, tal qual implementado, pode parecer difícil, mas há que se considerar que foram 4 variáveis de entrada utilizadas e há interfaceamento entre o robô e um smartphone via *bluetooth*. Poderiam ser menos variáveis de entrada e as confirmações poderiam ser feitas por um simples botão, o que tornaria o código mais simplificado. Prova disso é a possibilidade de implementar algo parecido em aplicativos voltados ao ensino de programação para crianças e adolescentes. A Figura 45 mostra o mesmo algoritmo implementado para demonstração no software Alice. Neste caso, o objetivo é similar, ficando a pessoa responsável por criar um padrão qualquer clicando nas domas vermelhas do chão. Ao serem clicadas, elas mudam de cor para verde. O robô, então, tentará descobrir qual o padrão escolhido que deve significar uma "senha" para abrir o portão.

*Figura 45 - Algoritmo Perceptron implementado no Alice*



Fonte: elaborado pelo autor

Nesta Figura 45, o robô está perguntando, em um dos momentos da execução, se agiu corretamente tendo mantido o portão fechado estando a primeira doma na cor verde e a última também<sup>100</sup>.

Algoritmos que envolvem neurônios artificiais e redes neurais poderiam ser melhor estudados depois de conhecidos conteúdos introdutórios através de exemplos como estes. Aprofundamentos poderiam inclinar-se a tentativas de reconhecimento de cores, de caracteres (números e letras), ou construção de modelos pluviométricos, abrindo espaço para um grande leque de outras possibilidades<sup>101</sup>.

100 Uma demonstração completa deste objeto de aprendizagem em funcionamento por ser vista em [https://www.youtube.com/watch?v=Zx\\_FtaBWjsE](https://www.youtube.com/watch?v=Zx_FtaBWjsE)

101 Não é necessário que, nos processos que envolvam aprendizado de

#### 7.3.4.4 Análise preliminar da categoria

Há uma evidente necessidade investigativa com relação a formas pedagógicas adequadas para se abordar um tema como a inteligência artificial na Educação Básica. Primeiro porque elas são praticamente inexistentes, e segundo porque não há conhecimento de como os conteúdos curriculares se relacionam ao tema. Também é claro que os processos que tenham intenção de tratar desse assunto deverão respeitar pré-requisitos como conhecimentos em lógica da programação e estruturas de dados, tópicos distantes ou ainda muito incipientes em escolas públicas brasileiras. O risco que se corre, caso contrário, enquadra-se no que foi anteriormente mencionado quanto a uma possível polarização ou aversão à lógica da programação se ela for entendida pelos estudantes como algo para além das suas capacidades.

#### 7.3.5 Pragmatismo

É pertinente lembrar que foram duas as categorias *a priori* estabelecidas no andamento da pesquisa, a segunda delas esta que será aqui apresentada. Foi defendido anteriormente que, se permanecem dúvidas quanto às relações entre conteúdos e tecnologias, seria possível que a educação tecnológica, se é que estivesse sendo objetivada, viesse a ser abordada de maneira fragmentada e orientada a um pragmatismo que assumiria como válido somente o conhecimento científico aplicável, e que, se isso ocorresse, também seria possível que os egressos de cursos

máquina, haja interação com seres humanos. O aprendizado pode se dar por leituras de arquivos-texto, bancos de dados ou mesmo coletando-se informações do ambiente. Um outro protótipo foi criado no âmbito desta pesquisa com o objetivo de identificar se a janela do ambiente em que o robô se encontrava estava aberta ou não. Assim, o robô coletava automaticamente dados diversos como temperatura, umidade do ar, luminosidade do ambiente, etc., a fim de modelar matematicamente os estados de "janela aberta" e "janela fechada". Uma demonstração do protótipo em funcionamento pode ser vista em <https://www.youtube.com/watch?v=x5gFVTvKf0>

superiores continuassem limitados à utilização e à implantação de tecnologias, e não orientados a atitudes de protagonismo frente a processos de inovação tecnológica.

A afirmação número 30 do questionário desta pesquisa (média=2,4; moda=2; DP=1,1) afirmou que, com vistas a otimizar o tempo dedicado ao aprendizado em sala de aula, o ensino de ciências deve focar-se nos resultados das conquistas científicas e não nos processos que levaram a esses resultados. Excluídas as 6 pessoas que responderam "Não sei", 77,3% delas discordam ou discordam fortemente disso, entendendo que os processos históricos que levaram a descobertas e teorias científicas também são importantes de serem estudados e criticados. É interessante observar que, se divididos os substratos docente e técnico, o percentual de técnicos que entende como válido o estudo de processos que levaram ao desenvolvimento científico é ainda maior que o de docentes. Excluídas as respostas "Não sei", para os técnicos a taxa é de 87,5% e para os professores 75,0%.

Ainda que pareça haver preocupação quanto à valorização de conhecimentos não necessariamente ou imediatamente aplicáveis, quando as questões mudam para o que foi afirmado nas afirmativas 27 e 29, o entendimento dos participantes também muda significativamente. Na afirmativa 27 (média=3,8; moda=4; DP=0,9) foi afirmado que a ciência deve ser eficiente e orientada para a resolução de algum problema. Na afirmativa 29 (média=3,8; moda=4; DP=0,8) foi afirmado que a educação científica deve valorizar a eficiência e ser orientada para a resolução de algum problema. Excluídas as respostas "Não sei", para o primeiro caso, responderam que concordam ou concordam fortemente 80% das pessoas, enquanto que para o segundo caso responderam que concordam ou concordam fortemente 78% delas.

Uma hipótese para o que esteja acontecendo é que os participantes estejam assumindo que o conhecimento científico avança e pode ser implementado na mesma velocidade que o conhecimento tecnológico, devendo ser, por consequência, orientado à eficiência. Prova disso é que

88% deles entende que a tecnologia é a ciência aplicada (afirmativa 25, anteriormente analisada). Outra hipótese é a de que os processos de desenvolvimento do conhecimento científico, abordados nas disciplinas de História da Ciência, não sejam de conhecimento deles, já que, se fossem, haveria de se constatar que a produção do conhecimento científico e a produção do conhecimento tecnológico têm características próprias que os tornam diferentes. Tais hipóteses encontram respaldo nas construções desenvolvidas no capítulo sobre Filosofia da Tecnologia, desta mesma tese.

As duas subcategorias oriundas das unidades de análise e que mais se aproximam desta categoria serão discutidas a seguir.

### **7.3.5.1 Mercado de trabalho**

São comuns a esta subcategoria elementos que evidenciam uma salutar preocupação em mostrar e em desenvolver nos estudantes habilidades importantes e necessárias a qualquer exercício profissional. Entre elas podemos citar a cooperação, a autonomia, o trabalho em equipe, a valorização do debate, a resolução de problemas, o desenvolvimento de habilidades e competências, a inserção ativa, crítica, criativa e responsável no mundo do trabalho, bem como a liderança e o empreendedorismo.

Fica mais fácil entender tais manifestações com relação à amplitude deste tema quando partimos da análise de documentos oficiais como as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica e a Base Nacional Comum Curricular, chegando às análises dos outros documentos buscando encontrar o que vem sendo produzido e defendido neste aspecto.

As diretrizes já apontam que

Está ficando cada vez mais evidente que o que está mudando, efetivamente, é a própria natureza do trabalho. Está adquirindo importância cada vez

mais capital o conhecimento científico e a incorporação de saberes em detrimento do emprego de massa, sem qualificação profissional e desempenho intelectual. O valor do Conhecimento passa a assumir significativa centralidade na nova organização da sociedade pós-industrial, onde o mundo se apresenta como mais instável e carregado de incertezas. (BRASIL, 2013, p. 210).

A BNCC, que também reconhece a importância de desenvolver nos jovens competências necessárias para o mundo do trabalho, toca em um ponto importante que denomina profissionalização precoce. Segundo o documento, torna-se importante "explicitar que a preparação para o mundo do trabalho **não está diretamente ligada à profissionalização precoce** dos jovens, uma vez que eles viverão em um mundo com profissões e ocupações hoje desconhecidas e caracterizado pelo uso intensivo de tecnologias", sugerindo fazer compreender não só a abertura de possibilidades de atuação imediata como a médio e a longo prazos e ainda para a solução de novos problemas. (BRASIL, 2017, p. 465, grifos meus).

De uma maneira mais sistêmica, será sempre fácil concordar com essas proposições. No entanto, a carência de conhecimentos relacionados às maiores dificuldades atualmente enfrentadas pela robótica não permitirá ao estudante compreender possibilidades de atuação a médio e a longo prazos ou ainda para a solução de novos problemas. Essa carência manifesta-se quantitativamente nos exemplos, nos protótipos e nas questões da OBR, inclinando-se a aplicações dos mesmos nas esferas da domótica e da facilitação do trabalho doméstico.

A mesma carência também pode ser verificada em documentos que afirmam que

a aplicação da robótica se expandiu muito rapidamente, tornando-se cada vez mais comum



em nosso cotidiano. Podemos encontrar aplicações de robótica em elevadores, no controle de carros, smartphones, sistemas inteligentes de vigilância, no controle de semáforos e até mesmo dentro de nossas casas, como em sistemas de ar condicionado. [...] a cada dia, uma **infinitude** de novas aplicações surge, tornando nossas vidas cada vez mais dependentes da tecnologia. Com a rápida disseminação da robótica **nos mais diversos campos de estudo**, novas áreas de trabalho surgiram com propostas inovadoras. Uma dessas propostas é a automação residencial, que nada mais é do que controlar todos os dispositivos tecnológicos dentro de nossas casas utilizando aplicações de robótica. Esse ramo de aplicação de robótica tem como objetivo não somente integrar o controle de todos os dispositivos eletromecânicos dentro de uma residência, mas também criar uma fácil interação do usuário com esses dispositivos por meio de uma interface amigável, seja dentro de casa, ou até mesmo a grandes distâncias. Dentro de automação residencial, boa parte das aplicações é voltada à segurança, como por exemplo, em sistemas de câmera e sistemas de alarme. (GUIA, 2015c, p. 1, grifos meus).

Em documento dedicado a explicar o funcionamento de um sensor de chuva conectado ao Arduino<sup>102</sup>, o autor afirma que "o sensor de chuva tem o intuito de detectar chuva, onde poderá ser utilizado em automação residencial, como fechamento de janelas, fechamento de teto solar, etc."

É preciso um esforço para mostrar que a utilidade do sensor de chuva não se limita a isso. É claro que talvez o foco do referido tutorial não tenha sido este, mas seria importante que professores, quando

102 **Como utilizar o sensor de chuva com Arduino**. Disponível em:

<<https://www.tecnotronics.com.br/como-utilizar-o-sensor-de-chuva-com-arduino>>. Acesso em: 18 jan. 2018.

mediarem tais atividades educativas, considerem esta ampliação do leque de possibilidades. Para exemplificar, um sensor de chuva como coadjuvante em uma rede de sensores que objetivam detectar variações climáticas, para além de quantificar a precipitação pluviométrica em estações meteorológicas, pode ser usado em pesquisas científicas que buscam obter respostas e confirmar ou refutar hipóteses com relação ao desmatamento, ao aquecimento global e aos impactos da ação do homem sobre os ecossistemas. Isso se consegue pela análise de dados que podem ser obtidos a partir dos sensores e posteriormente validados em modelos matemáticos computacionais<sup>103</sup>.

De maneira alguma, domótica e facilitação de trabalhos domésticos são coisas irrelevantes, mas há evidente carência de exemplos que se aproximem, como citado anteriormente, de possibilidades profissionais de médio e longo prazo, como aquelas vinculadas a pesquisas científicas e a pesquisas tecnológicas, ao desenvolvimento de novos materiais, ao desenvolvimento e ao aprimoramento de sensores, a formas mais eficientes de coletar e armazenar energia, e ainda a aprimoradas formas de possibilitar a comunicação entre os dispositivos robóticos.

Se analisarmos as manifestações nos documentos que fazem referência ao mercado de trabalho, encontraremos certa proporcionalidade com relação a inclinações pragmatistas, que defendem, sobretudo, a necessidade de aplicação dos estudos e dos protótipos criados. Essa proporcionalidade é ainda paralela a uma economia conceitual, que diminui a necessidade de se aprofundar nos conteúdos, afinal de contas, é possível criar coisas sem conhecimentos prévios. Mas se isso for verdade, onde se consegue chegar com essa estratégia?

103 Camarero e Catalan (2012) explicam que o aumento no depósito de nitrogênio atmosférico de origem humana tem causado mudanças no padrão nutricional de lagos do hemisfério norte. Sua pesquisa levou em consideração dados coletados de conjuntos de sensores como termistores e sensores de chuva para auxiliá-los em suas conclusões.

Freitas (2016) afirma que

a Física é uma ciência fundamental no desenvolvimento tecnológico, porém, na maioria das vezes, os estudantes são totalmente alheios às contribuições que ela nos tem dado durante séculos, e essas contribuições são tantas que é impossível conhecer a todas durante o Ensino Médio, sendo, portanto, importante a **escolha de conteúdos com aplicações diretas para a sociedade**. (FREITAS, 2016, p. 1, grifos meus).

No entanto o que se constata é que a falta de aprofundamento, orientada frequentemente por posturas pragmatistas, conduz a alguns equívocos limitadores. De fato, não é necessário saber como funciona um sensor de luminosidade para utilizá-lo lançando mão da programação, de alguns contatos elétricos, de uma *proto-board* e de um microcontrolador. Baião (2016), ao explicar a lógica de funcionamento de um programa que controla um sensor de luminosidade, explica que o mesmo

inicia em um loop infinito na captura de fótons de luz pelo do sensor de luminosidade. Quando a captura de fótons fica menor que 100 o LED acende, quando maior que 100 o LED apaga. Como o sensor de luminosidade está conectado na porta Analog0 a leitura de quantos fótons o sensor de luminosidade está captando deve ser feita no canto superior direito da tela do Scratch for Arduino. (BAIÃO, 2016, p. 90).

Não se trata, de modo algum, de uma captura de fótons, e nem mesmo de uma contabilização dos mesmos. A resistência das células fotocondutivas feitas de material semicondutor, naquele caso provavelmente o sulfeto de cádmio, diminui com o aumento da intensidade luminosa. A tensão elétrica lida na referida porta analógica

é, então, convertida para um número dentro da resolução binária em que a placa microcontroladora opera. Por exemplo, no caso de um Arduino Uno, um número entre 0 e 1023, já que a mesma opera em 10 bits.

Há que se reconhecer que as pessoas têm diferentes formações e dão diferentes ênfases às suas abordagens, agregando maior valor em alguns aspectos e menor valor em outros. Também não deveria ser obrigatório o domínio de todos os conteúdos envolvidos na construção de um protótipo robótico, mas tratam-se de exemplos de importante reflexão.

Em outro exemplo, na explicação quanto ao retorno de valor lido por um "sensor de obstáculo", o equívoco vem na forma de uma nova unidade de medida, sendo afirmado que

o leitor do sensor de obstáculo lerá as medidas e a **distância em bits**, e quanto mais próximo for do obstáculo, maior será a leitura, por isso então, devemos selecionar um valor, clicando em "Numero" e depois inserindo o valor "100", para dizer que o sensor só irá ser ativado quando sua leitura, em bits, for maior que 100. (GUIA, 2015d, p. 8, grifos meus).

O aprendizado da programação é também, por vezes, muito prejudicado nesses contextos. Tome-se por exemplo alguns tutoriais de vídeo disponíveis na internet voltados ao ensino da utilização de microcontroladores, e pode-se constatar descasos com relação ao conceito de funções, regras léxicas, sintáticas e semânticas, operações binárias e inclusão de bibliotecas.

Complementam a visão de mercado de trabalho presente no *corpus* as menções à robótica industrial, às aplicações de robôs para serviços complexos ou perigosos, e as raras menções à importância do empreendedorismo.

### 7.3.5.2 Responsabilidade sócio-filosófico-ambiental

Esta subcategoria, analisada do ponto de vista de seu potencial contributivo a um viés pragmatista, agrupa elementos que escapam à esfera substancialista dessas tecnologias, por vezes até mesmo contrapondo-se a ela. E é justamente por carregarem elementos críticos e reflexivos que eles detêm a mesma importância que as questões sobre as quais se debruçam, ou seja, relativas aos avanços científicos e tecnológicos.

A exemplo da subcategoria anteriormente analisada, fica mais fácil entender a presença de preocupações sócio-filosófico-ambientais quando partimos da análise de documentos oficiais. Neles manifestam-se as maiores amplitudes temáticas desse assunto, ainda que nenhum dos tópicos seja aprofundado. Com relação a isso, deve-se levar em conta o caráter propositivo desses documentos.

Dentro de uma seção voltada à elucidação de "pressupostos e fundamentos para um Ensino Médio de qualidade social", as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica defendem que o respeito aos direitos humanos seja um princípio norteador da educação. (BRASIL, 2013, p. 164). A BNCC pulveriza essa temática em diferentes áreas de conhecimento, tornando-as mais evidentes na abordagem das competências específicas e habilidades em Ciências Humanas e Sociais aplicadas no Ensino Médio. Ao defendê-las, reconhece que devem ser, dentre outras, desenvolvidas nos estudantes habilidades como

Analisar e avaliar os impactos das tecnologias na estruturação e nas dinâmicas das sociedades contemporâneas (fluxos populacionais, financeiros, de mercadorias, de informações, de valores éticos e culturais etc.), bem como suas interferências nas decisões políticas, sociais, ambientais, econômicas e culturais. (BRASIL, 2017, p. 561).

Debater e avaliar o papel da indústria cultural e das culturas de massa no estímulo ao consumismo, seus impactos econômicos e socioambientais, com vistas a uma percepção crítica das necessidades criadas pelo consumo. (BRASIL, 2017, p. 562).

Analisar os impactos socioambientais decorrentes de práticas de instituições governamentais, de empresas e de indivíduos, discutindo as origens dessas práticas, e selecionar aquelas que respeitem e promovam a consciência e a ética socioambiental e o consumo responsável. (BRASIL, 2017, p. 562).

Identificar e analisar as relações entre sujeitos, grupos e classes sociais diante das transformações técnicas, tecnológicas e informacionais e das novas formas de trabalho ao longo do tempo, em diferentes espaços e contextos. (BRASIL, 2017, p. 563).

Analisar e comparar indicadores de emprego, trabalho e renda em diferentes espaços, escalas e tempos, associando-os a processos de estratificação e desigualdade socioeconômica. (BRASIL, 2017, p. 563).

Analisar e avaliar os impasses ético-políticos decorrentes das transformações científicas e tecnológicas no mundo contemporâneo e seus desdobramentos nas atitudes e nos valores de indivíduos, grupos sociais, sociedades e culturas. (BRASIL, 2017, p. 564).

Só que essas compreensões amplas da importância de se levar em conta nos processos educativos as questões éticas, filosóficas, sociais e humanas não deveriam se concentrar em áreas de conhecimento

supostamente mais e essas questões relacionadas. Deveriam espalhar-se com igual intensidade em todas as áreas de conhecimento.

Nesse sentido, as respostas ao questionário desta pesquisa demonstraram um grau de maturidade das pessoas participantes. A afirmativa 17 (média=2,4; moda=2; DP=0,9) apresentou como resposta significativa discordância com a ideia de que somente os cientistas deveriam ter poder de decisão quanto ao desenvolvimento de tecnologias já que elas podem ser perigosas. Somente 18% das pessoas concordaram com isso. Da mesma forma, na afirmativa 20 (média=1,9; moda=2; DP=0,7) foi exposta a ideia de que questões quanto aos impactos sociais da tecnologia devem ser abordadas somente por professores das ciências humanas e sociais, já que eles têm melhor formação na área. Somente concordaram com isso 6% dos participantes.

Por fim, cabe mencionar que em documentos com viés mais técnico, há uma certa confusão que, acima de tudo, evidencia a complexidade do tema e certo nível de descaso. Há, em boa medida, reconhecimento de que "a robótica tornou-se muito importante atualmente e isso resulta em consequências boas e ruins" (GUIA, 2015e, p. 1, grifos meus). Ao mesmo tempo, os mesmos documentos que demonstram vez ou outra preocupações inclusivas explicam que

Hoje em dia, a robótica vem sendo aplicada cada vez mais nas fábricas para a construção de robôs que visam reduzir custos e aumentar a produtividade, substituindo a mão humana. Seu emprego é lucrativo para as empresas, pois o robô trabalha 24 horas por dia, não descansa, não falta e não recebe salário ou direitos. (GUIA, 2015c, p. 1).

### 7.3.5.3 Análise preliminar da categoria

Se nos aspectos da prática pedagógica em atividades com robótica educativa já podem ser identificadas algumas inclinações pragmatistas,

nos aspectos teóricos e nas formas através das quais a robótica tem sido apresentada ao campo educacional tais inclinações ficam um pouco mais evidentes. As análises das subcategorias anteriores desvelam alguns elementos convincentes e passíveis de reflexão.

No tocante às questões sociais, filosóficas, ambientais, éticas e humanas, o problema aumenta. Prova disso é que tais questões são meramente tangenciadas, quando muito, não tendo sido encontrada nenhuma atividade que tratou dos referidos temas com profundidade. É claro que poderia-se argumentar que o foco dos trabalhos, dos manuais e dos tutoriais não era esse, especificamente. Também deve-se reconhecer que a complexidade de temas como a Filosofia da Tecnologia podem esmorecer iniciativas voltadas a debater sobre o assunto, mas exigem enfrentamento. Há, ainda, a possibilidade de trabalhos estarem sendo realizados e bem conduzidos mas não sendo publicizados.

Um apanhado mais geral e propositivo sobre esta e sobre as outras categorias será feito na conclusão do presente estudo, no capítulo a seguir.



## 8 CONCLUSÕES

*Uma produção escrita reconstrutiva pressupõe que as aprendizagens e as reconstruções de conhecimentos e discursos sociais se concretizam a partir da confrontação com outras vozes, a partir do questionamento reconstrutivo propiciado pelo diferente, que é a voz do outro sujeito.*

*Roque Moraes*

São aqui apresentadas as conclusões do presente estudo, compreendidas pela confrontação de hipóteses expostas ao longo do texto bem como por reconstruções reflexivas a partir dos fenômenos investigados. De certa forma, como antecipado, o próprio processo de categorização já encaminhou-se de forma brevemente conclusiva, restando para esta seção uma elaboração metatextual que toma por base as relações evidenciadas nesse referido processo. Faz parte das conclusões o reconhecimento de alguns limites da pesquisa que, muito antes de serem deficiências ou falhas, representam novas oportunidades de investigações ou sugestões de trabalhos futuros.

O texto desta tese foi conduzido sob uma perspectiva hipotética de que, de modo geral, somos meros usuários de tecnologias. Isso partiu de constatações pessoais do pesquisador expostas na introdução. A esfera investigativa ainda engloba a problemática da relação entre os conteúdos curriculares e as tecnologias, já que são publicadas pesquisas afirmando que crianças e adolescentes não veem relação entre eles e o mundo tecnológico que os cerca. Também afirmou-se que há deficiências formativas que impedem aprofundamentos conceituais na educação superior.

No entanto, no percurso investigativo desta pesquisa constatou-se que os professores não só reconhecem as relações de suas áreas de

conhecimento com a criação de tecnologias como reconhecem que os conteúdos por eles abordados contribuem para a formação de indivíduos com capacidade de criar novos produtos tecnológicos.

Sentem-se, ainda, capazes de exemplificar de que forma a criação de tecnologias como tablets, computadores, smartphones, internet, inteligência artificial, robôs e games, é dependente dos conteúdos por eles abordados em suas atividades docentes. Esse potencial para formar indivíduos dotados de um suposto protagonismo tecnológico pode ser questionado quando são aproximadas dos professores as pesquisas e os desenvolvimentos recentes nas áreas de ciência e tecnologia, incluindo-se as questões filosóficas inerentes a esses progressos, a exemplo daquelas abordadas no capítulo 2. Tais aproximações foram realizadas nos cursos de capacitação em robótica educativa constituintes dos trabalhos desta pesquisa, e evidenciaram que eles conhecem superficialmente ou desconhecem tais avanços e conseqüentemente as formas de transpor as complexidades deles decorrentes para conteúdos curriculares.

Ainda que não tenham sido foco desta pesquisa, tal constatação não responde por completo, apenas aproxima-se, de respostas com relação às percepções dos estudantes no que diz respeito a conteúdos e tecnologias, afinal de contas quais seriam os argumentos que permitem a eles afirmar que não há relação entre os conteúdos curriculares e as tecnologias que os cercam? Faria bem mais sentido concordar que estamos apenas nos adaptando às novas tendências da tecnologia visando a novas colocações profissionais oriundas da inicialmente referida trajetória helicoidal de oportunidades.

No que se refere aos entendimentos dos professores com relação aos artefatos robóticos em âmbito pedagógico, a robótica educativa, para além de uma suposta obrigação de ser voltada a algo conectado às necessidades das pessoas, é igualmente vista com potencial para promover a aprendizagem de algum conteúdo sendo abordado. Em contrapartida, o desconhecimento em certo nível do que poderia vir a ser

a educação mediada por tecnologias, faz com que esse mesmo professor entenda que a criação de um protótipo robótico funcional seja uma forma completa de avaliar o aluno, pois mostra que ele conseguiu colocar em prática conhecimentos que aprendeu.

Faz-se pertinente lembrar que aqui defende-se que tanto professores quanto os próprios estudantes não podem pensar, em âmbito pedagógico, na tecnologia somente como um fim, em sua dimensão prática, aplicada. O risco, como prévia e hipoteticamente enunciado, é de uma possível limitação da busca pelo conhecimento, que poderia somente tornar-se necessário sob medida, na medida em que fosse útil a uma colocação profissional ou à criação de alguma solução tecnológica que representasse somente retorno financeiro.

Este mesmo professor, que discorda majoritariamente que deva-se otimizar o tempo dedicado ao aprendizado voltando-se o ensino de ciências somente aos resultados das conquistas científicas, e não aos processos que levaram a esses resultados, não encontra respaldo para esse importante e salutar entendimento já que as relações entre os progressos científicos e a robótica não são evidentes em documentos sobre o assunto, tenham eles inclinação profissional ou pedagógica.

A complexidade dos temas e a sobreposição das atividades científicas e tecnológicas levam os professores a demonstrarem maturidade em alguns aspectos e desconhecimento em outros. Eles já compreendem que os rumos que a tecnologia deve tomar devem ter embasamento democrático, discordando que somente cientistas deveriam ter poder de decisão quanto ao desenvolvimento de tecnologias. Da mesma forma, demonstram coerência ao entender que questões quanto aos impactos sociais da tecnologia devem ser abordadas por professores de qualquer área de conhecimento, não devendo as mesmas ficarem atreladas prioritariamente aos estudos realizados em disciplinas de ciências humanas e sociais.

Por outro lado, há evidente postura substantivista na análise das

questões que relacionam-se às compreensões quanto aos avanços científicos e tecnológicos, bem como manifestações de reconhecimento da neutralidade da ciência e da tecnologia. Os participantes desta pesquisa entendem como sendo necessário adaptar-se à ciência que, por sua conta, avançaria a partir da exploração do mundo em que vivemos. Concordam na mesma proporção que devemos nos adaptar à tecnologia na medida em que a mesma avança a partir dos avanços da ciência, confirmando este posicionamento ao compreender a tecnologia como sendo a ciência aplicada.

As tendências à aceitação da neutralidade evidenciam-se na interpretação das concordâncias proporcionalmente maiores com afirmativas de que armas são instrumentos tecnológicos neutros, podendo ser usados para coisas boas e coisas ruins. Também aceitam que erros possam ocorrer em decorrência de avanços tecnológicos, compreendendo-os como inevitáveis e aceitáveis quando em prol do avanço da humanidade.

Em exemplos mais facilmente compreensíveis, que envolvem o uso diário de tecnologias, os participantes também expõe seus reconhecimentos de que a tecnologia pode ter caráter autônomo, pois quando afirma-se que é normal a necessidade frequente de substituição de artefatos tecnológicos como computadores e smartphones, já que supostamente tal substituição ocorreria em função da rápida evolução tecnológica, a expressiva maioria concorda com o afirmado, não levando em conta, aparentemente, questões econômicas e estratégias de negócio envolvidas que reduzem, indiretamente, aspectos sociais e culturais e meras externalidades.

Ainda com relação ao que vem a ser a educação tecnológica, e corroborando as interpretações anteriores acerca dos níveis de entendimento sobre o assunto, os participantes concordam majoritariamente que tanto estudantes que criam robôs quanto estudantes que criam apresentações de *slides*, acessam a internet, montam planilhas eletrônicas e utilizam aplicativos de computador

estão, assim, aprendendo tecnologia. Essa visão que dissocia a tecnologia de toda sua complexidade filosófica, é coerente com a expressiva concordância com afirmações de que a ciência e a tecnologia devem ser eficientes e orientadas para a resolução de algum problema. O pragmatismo descortina-se na medida em que, inclusive, tanto a **educação** tecnológica quanto a **educação** científica, segundo o entendimento dos participantes, devem ser igualmente voltadas à eficiência e à resolução de problemas.

O professor da Educação Básica, com o perfil ora explicitado e emergente desta pesquisa, ao desafiar-se na importante e entusiasmante tarefa de realizar abordagens pedagógicas mediadas pela robótica educativa, irá se deparar com uma variedade de materiais que exigirão vigilância e ponderação como características norteadoras de seus estudos. Isso decorre das carências e dos excessos que caracterizam tais materiais que abordam o tema, e que foram nesta tese analisados.

Em outras palavras, abordagens pedagógicas com robótica educativa que tomarem por base os tipos de materiais que foram objeto de estudo deste trabalho, tenderão a ser influenciados pelas mesmas características que levaram à composição do sistema de categorias apresentado. As conclusões aqui sendo construídas devem ser entendidas como digressões reflexivas constituintes dos comportamentos vigilantes e ponderados mencionados anteriormente, e que estão aqui sendo propostos para as condutas pedagógicas.

A robótica educativa, ainda que pese sua natureza interdisciplinar, acaba por apresentar-se de um modo mais inclinado às áreas da Física e da Matemática, ao mesmo tempo que manifesta dependência de conhecimentos básicos destas duas áreas. Entendido de outro modo, ainda que a robótica dependesse somente da Física e da Matemática, há evidentes demandas e carências por conhecimentos básicos destas duas áreas para que possa haver adequada compreensão das relações entre os conhecimentos científicos e o desenvolvimento tecnológico. Como se não bastasse, a visão utilitarista por vezes presente acaba por sobrepor-

se a novas abordagens que permitiriam avanços harmonizadores das demandas conceituais de eletrônica, de mecânica, de programação e de comunicação de dados geralmente envolvidas nas construções robóticas.

Seria difícil propor que somente um ou outro tipo de material documental disponível sobre robótica fosse usado como embasamento para a criação de propostas pedagógicas. O equívoco seria justamente tomar por base somente um ou outro.

Dos tipos de documentos analisados, pode-se afirmar, em síntese, que os tutoriais de texto e de vídeo têm como ponto positivo a exemplificação rápida de implementações pontuais, esclarecendo, a título de exemplo, dúvidas quanto a problemas de programação e de construção de circuitos elétricos dos componentes robóticos. Tal objetividade faz com que os mesmos, isoladamente, estejam longe de servirem de exemplos didáticos e pedagogicamente adequados. Os *kits* de robótica comercializados possuem como característica positiva o fato de permitirem a construção de dispositivos móveis articulados mais avançados, já que possuem peças pré-fabricadas isentando o estudante de dificuldades mecânicas intrínsecas às suas construções, e que podem vir a ser motivo de grande frustração. No entanto, cabe ao professor avaliar uma vez que tais dificuldades podem, elas próprias, serem exatamente o objeto de estudo.

Os manuais de *kits* de robótica assim como os tutoriais de texto e de vídeo têm em comum um grande distanciamento do que corresponde a tópicos científicos e tecnológicos atuais. Restringem-se prioritariamente à automação industrial e à domótica, com foco mais evidente na inserção de indivíduos no mercado de trabalho. Pecam ao isentarem-se dos debates filosóficos e sociais acerca do desenvolvimento tecnológico e da presença de robôs na sociedade.

Os documentos oficiais são os materiais que melhor amparam a amplitude de complexidade da temática tecnológica, pois levam em conta aspectos pedagógicos, filosóficos, humanos e sociais. Suas

características mais sintéticas e menos analíticas, por outro lado, fazem com que os processos de aprendizagem dependam do esforço docente na interpretação dessas temáticas para a construção de planos de aula e de abordagens pedagógicas.

O docente, por sua vez, precisará conciliar criticamente as características positivas da documentação disponível. Ele encontrará nos documentos acadêmicos (artigos, teses, dissertações) as formas de abordagens mais alinhadas com aquilo que aqui está sendo proposto. Tais abordagens, de maneira geral, são voltadas à construção de instrumentos em prol do próprio aprendizado, utilizando-se de mediação tecnológica com níveis de profundidade que permitem, entende-se aqui, harmonizar as complexidades envolvidas, de maneira escalável. Esses materiais acadêmicos, ainda que se apresentem como os que melhor transpõe complexidades técnicas e teóricas, ainda estão um pouco distantes do que vem sendo produzido e divulgado em nível mundial com relação a tópicos avançados em ciência e tecnologia. Caberia ao docente cobrir esta lacuna através do acesso a periódicos científicos nacionais e internacionais.

Por fim, o docente pode tomar por base nos processos avaliativos os conteúdos exigidos nas provas teóricas da OBR. Os materiais analisados têm se aproximado cada vez mais dos referidos tópicos avançados em ciência e tecnologia, ainda que o foco da OBR na construção de protótipos para competição possa induzir o docente a uma compreensão mais pragmática dos conhecimentos de que depende a robótica.

Se conhecimentos teóricos e leis da Física podem ser postos em prática com a robótica educativa, não se deve entender que deva-se dar preferência à experimentação de modo a subvalorizar a teoria, já que os controles e a organização desses fenômenos naturais acabam sendo regidos por estruturas abstratas computacionais e matemáticas. Como explicado, se por um lado a sobrevalorização da experiência faz sentido, já que o acesso a tecnologias educativas nunca foi tão fácil, por outro esta sobrevalorização não pode acabar resultando em abordagens

pedagógicas empiristas. Deve-se entender que processos e comportamentos podem ser representados de maneira algorítmica, visando criar simulações e modelos abstratos compreendidos à luz das estruturas de programação e da matemática. Não se trata, portanto, de fazer com que o pensamento computacional imponha um comportamento determinístico aos seres humanos.

Torna-se imperativo nesse aspecto trabalhar desde cedo com crianças e adolescentes em direção à compreensão dos limites dos conhecimentos científicos e tecnológicos, tentando fazê-los entender que não há soluções únicas para os problemas e que os erros e as controvérsias são inerentes às descobertas e aos processos criativos.

A inteligência artificial, que mereceu destaque no processo de categorização, chamou a atenção por se fazer presente nas referências e por mostrar-se explicitamente distante das experiências realizadas. Pela intensa relação que possui com a temática da robótica, será necessário estudar formas de aproximá-la da Educação Básica, iniciando-se pela valorização da matemática, da estatística, do pensamento computacional e do conhecimento abstrato.

Tal valorização, por sua vez, terá que ser consequência da presença desses assuntos em cursos de formação de professores. Não há como um professor defender a necessidade do pensamento abstrato, da matematização e da explicação racional dos fenômenos se ele próprio não estiver convencido disso. No entanto, caberá ao professor igualmente compreender que ele deverá ser protagonista dessas mudanças, uma vez que não existem metodologias ou receitas prontas para se fazer crianças e adolescentes constatarem as relações dos conteúdos e dos problemas com as habilidades que serão deles exigidas no futuro tecnológico que os espera.

Uma visão sistemática das categorias e subcategorias nesta tese construídas conduz à conclusão de que é prevalente um caráter pragmatista nas atividades pedagógicas e nos documentos que abordam



robótica educativa. Ao mesmo tempo em que essa visão pragmática de curto prazo apresenta-se preocupada em desenvolver nos estudantes habilidades importantes e necessárias aos exercícios profissionais e também em preparar as pessoas para o mercado de trabalho, apresenta-se restrigente ao limitar o horizonte de oportunidades a ocupações bem mais voltadas ao uso e à aplicação de tecnologias prontas. Melhor seria ampliar o leque de oportunidades profissionais contemplando aquelas que envolvem pesquisas e inovações científicas e tecnológicas, e que, além disso, possam ser desenvolvidas de uma maneira indissociável das preocupações sociais, éticas e humanas.



## REFERÊNCIAS

- ALQAHTANI, M. M.; POWELL, A. B. Mediatlional activities in a dynamic geometry environment and teachers' specialized content knowledge. **The Journal of Mathematical Behavior**, v. 48, p. 77-94, 2017.
- ALMEIDA, M. E. B. Tecnologias na Educação: dos caminhos trilhados aos atuais desafios. **Bolema - Boletim de Educação Matemática**, v. 21, n. 29, p. 99-129, 2008.
- ANGOTTI, J. A. P. **Fragmentos e totalidades no conhecimento científico e ensino de ciências**. 1991. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.
- ANGOTTI, J. A. P. **Ensino de Física com TDIC**. Florianópolis: UFSC/EAD/CFM/CED, 2015.
- ARAUJO, S. C. **Desenvolvimento de uma unidade de ensino potencialmente significativa para o conteúdo de eletrodinâmica orientada por um protótipo interativo que utiliza a plataforma Arduino para controle de dispositivos e medidas elétricas**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufjf.br/jspui/handle/ufjf/4616>>. Acesso em: 20 jan. 2018.
- AUTOR, D. H. Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation. **The Journal of Economic Perspectives**, v. 29, n. 3, p. 3-30, 2015.
- BACHELARD, G. **O racionalismo aplicado**. Rio de Janeiro: Zahar, 1977.

BACHELARD, G. *A filosofia do não*. São Paulo: Abril Cultural. **Coleção Os Pensadores**, 1978.

BACHELARD, G. **O materialismo racional**. São Paulo: Edições 70, 1990.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BACHELARD, G. **O novo espírito científico**. 3. ed. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 2000.

BAIÃO, E. R. **Desenvolvimento de uma metodologia para uso do Scratch for Arduino no Ensino Médio**. 2016. 101 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.

BARROS, L. G.; ASSIS, A; LANGHI, R. Proposta de construção de espectroscópio como alternativa para o ensino de Astronomia. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 33, n. 3, p. 1026-1046, 2016.

BASTOS, B. L. **Fluência estética e fluência tecnológica no ensino fundamental**. 2016. Dissertação (Mestrado em Artes Visuais) - Programa de Pós-Graduação do Instituto de Artes da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/321701>>. Acesso em: 26 jan. 2018.

BEAUCHAMP, J.; SILVA, J. C. **Guia de tecnologias educacionais**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria da Educação Básica, 2008.

BERROCOSO, J. V.; SÁNCHEZ, M. R. F.; ARROYO, M. C. G. El pensamiento computacional y las nuevas ecologías del aprendizaje.

**Revista de Educación a Distancia**, n. 46, 2015. Disponível em: <<http://revistas.um.es/red/article/view/240311>>. Acesso em: 23 jan. 2018.

BESSEN, J. E. How computer automation affects occupations: technology, jobs, and skills. **Boston University School of Law Web Site**, Boston, 2016. Disponível em: <<http://www.bu.edu/law/faculty-scholarship/working-paper-series>>. Acesso em: 19 out. 2017.

BETAL et al. Core-shell magnetoelectric nanorobot – A remotely controlled probe for targeted cell manipulation. **Nature Scientific Reports**, v. 8, p. 1755, 2018.

BORDIN, L; BAZZO, W. A. Sobre as muitas variáveis - e incógnitas - que se articulam em torno da complexa e não linear relação entre engenharia e vida. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 13, n. 28, p. 224-239, 2017.

BRABHAM, D. C. **Crowdsourcing**. Cambridge: MIT Press, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica**. Brasília, DF, 2013. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br>>. Acesso em: 02 out. 2017.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/#/site/inicio>>. Acesso em: 07 abr. 2017.

BRYNJOLFSSON, E.; MCAFEE, A. **The second machine age: work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies**. WW Norton & Company, 2014.

CALDERBANK, R. Big data, big insights. **Duke Engineering Research Magazine**, Durham, v. 13, p. 6-7, jun. 2013.

CALISKAN, A; BRYSON, J. J.; NARAYANAN, A. Semantics derived automatically from language corpora contain human-like biases. **Science**, v. 356, n. 6334, p. 183-186, 2017.

CALLEGARI, J. H. **A robótica educativa com crianças/jovens: processos sociocognitivos**. 2015. Dissertação (Mestrado em Educação) - Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ucs.br/handle/11338/1091>>. Acesso em: 13 jan. 2018.

CAMARERO, L; CATALAN, J. Atmospheric phosphorus deposition may cause lakes to revert from phosphorus limitation back to nitrogen limitation. **Nature Communications**, v. 3, p. 1118, 2012. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/ncomms2125>>. Acesso em: 12 fev. 2018.

CANDELAS, F. A. et al. Experiences on using Arduino for laboratory experiments of automatic control and robotics. **IFAC – Papers OnLine**, v. 48, n. 29, p. 105-110, 2015.

CARVALHO, J. C.; COUTO, S. G.; BOSSOLAN, N. R. Algumas concepções de alunos do ensino médio a respeito das proteínas. **Revista Ciência e Educação**, v. 18, n. 4, p. 897-912, 2012.

CASTELLS, M. **A sociedade em rede**. São Paulo: Paz e Terra, 1999.

CASTI, J. **O colapso de tudo**. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2011.

CASTRO, L. H. **O uso do Arduino e do Processing no ensino de Física**. 2016. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da UNIRIO, 2016.

CHOUNTA, I.; MANSKE, S; HOPPE, H. From Making to Learning: introducing Dev Camps as an educational paradigm for re-inventing problem-based learning. **International Journal of Educational Technology in Higher Education**, v. 14, n. 1, p. 21, 2017.

COGETEC. **Guia de tecnologias educacionais 2011/12**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria da Educação Básica, 2011.

CORDOVA, H.; TORT, A. C. Medida de g com a placa Arduino em um experimento simples de queda livre. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 38, n. 2, p. e2308, 2016.

COULING, W. J. **Using Minecraft to Integrate Common Core Activities across Elementary School Curriculum**. Monterey, 2016. California State University Web Site. Disponível em: <[https://digitalcommons.csumb.edu/caps\\_thes\\_all/40](https://digitalcommons.csumb.edu/caps_thes_all/40)>. Acesso em: 11 jun. 2018.

CRESSEY, D. The DIY electronics transforming research. **Nature News**, v. 544, n. 7648, p. 125, 2017.

CUPANI, A. A tecnologia como problema filosófico: três enfoques. **Scientiae Studia**, v. 2, n. 4, p. 493-518, 2004.

CUPANI, A. **Filosofia da Tecnologia**: um convite. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2017.

DA ROSA, C. T. W. et al. Experimento de condução térmica com e sem uso de sensores e Arduino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 33, n. 1, p. 292-305, 2016.

DAGNINO, R. **Neutralidade da ciência e determinismo tecnológico**: um debate sobre a tecnociência. Campinas: Unicamp, 2008.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P. **Metodologia do Ensino de Ciências**. São Paulo: Cortez, 1994.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. Cortez Editora, 2002.

DEMO, P. Inclusão digital: cada vez mais no centro da inclusão social. **Inclusão Social**, Brasília, v. 1, n. 1, p. 36-38, 2005. Disponível em: <<http://repositorio.unb.br/handle/10482/9652>>. Acesso em: 23 set. 2017.

DWORAKOWSKI, L. A. et al. Uso da plataforma Arduino e do software PLX-DAQ para construção de gráficos de movimento em tempo real. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 38, n. 3, 2016.

ENK, M. **Teaching quantum mechanics using qCraft. Trabalho de Conclusão de Curso**. University of Twente. Enschede, 2015.

FEENBERG, A. **Transforming technology: a critical theory revisited**. Oxford University Press, 2002.

FEENBERG, A. What is philosophy of technology? **Andrew Feenberg Web Site**. Burnaby, jun. 2003. Disponível em: <[https://www.sfu.ca/~andrewf/books/What\\_is\\_Philosophy\\_of\\_Technology.pdf](https://www.sfu.ca/~andrewf/books/What_is_Philosophy_of_Technology.pdf)>. Acesso em: 17 jul. 2017.

FEENBERG, A. **Tecnologia, modernidade e democracia**. Lisboa: IST, 2015.

FEITOSA, J. G. (Org.). Manual Didático-Pedagógico. Curitiba: ZOOM Editora Educacional, 2013.

FERNANDES, M. B. **Eletricidade: uma sequência didática para o Ensino Médio integrado**. 2015. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2015. Disponível



em: <<http://dspace.unipampa.edu.br:8080/jspui/handle/rii/1248>>.  
Acesso em: 23 jan. 2018.

FERRER, E. et al. Personal Food Computer: a new device for controlled-environment agriculture. **Cornell University Library**, Ithaca, 2017. Disponível em: <<https://arxiv.org/abs/1706.05104>>.  
Acesso em: 11 set. 2017.

FETZNER FILHO, G. **Experimentos de baixo custo para o ensino de Física em nível médio usando a placa Arduino Uno**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/127987>>. Acesso em: 12 jan. 2018.

FOURNIER, A; FUSSELL, D; CARPENTER, L. Computer rendering of stochastic models. **Communications of the ACM**, v. 25, n. 6, p. 371-384, 1982.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. 50. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2011.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 29. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FREITAS, S. K. Física da Alface? Uma proposta para o ensino de Física aplicada aos cursos técnicos de informática e fruticultura. 2016. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física do Instituto de Física da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2016.

FREY, C. B.; OSBORNE, M. A. The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation? **Technological Forecasting and Social Change**, v. 114, p. 254-280, 2016.

GOMES, A. R. A mecanização do prazer: sexualidade e corpo no ciberespaço. **Albuquerque**: revista de história, v. 7, n. 13, 2017.

GONZÁLEZ et al. Desarrollo de competencias emprendedoras mediante iniciativas de aprendizaje basado en proyectos. **Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información**, v. 17, n. 4, 2016.

GRAETZ, J. Martin. The origin of spacewar. **Creative Computing**, v. 7, n. 8, p. 56-67, 1981.

GRINIAS, J. P. et al. An inexpensive, open-source USB Arduino data acquisition device for Chemical Instrumentation. **Journal of Chemical Education**, v. 93, n. 7, p. 1316-1319, 2016.

GUERIN, S. et al. Control of piezoelectricity in amino acids by supramolecular packing. **Nature materials**, 2017.

GUIA do professor: orientações de uso do kit. São Paulo: Modelics Robotics, [2015a?].

GUIA do professor: patinete dirigível motorizado sem programação - polias. São Paulo: Modelics Robotics, [2015b?].

GUIA do professor: a evolução da robótica. São Paulo: Modelics Robotics, [2015c?].

GUIA do professor: manual de programação - patinete motorizado dirigível. São Paulo: Modelics Robotics, [2015d?].

GUIA do professor: a evolução da robótica – atividades de fixação. São Paulo: Modelics Robotics, [2015e?].

GUZMÁN, T. et al. Sensores Tortuga 2.0: Cómo el hardware y software abiertos pueden empoderar a las comunidades de aprendizaje Turtle. **Revista de Educación a Distancia**, n. 46, 2015. Disponível em: <<http://revistas.um.es/red/article/view/240231>>. Acesso em: 23 jan. 2018.

GWEON, H; SCHULZ, L. 16-month-olds rationally infer causes of failed actions. **Science**, v. 332, n. 6037, p. 1524-1524, 2011.

HAYKIN, S. **Redes Neurais: princípios e prática**. 2ª edição. Trad: Paulo Martins Engel. Bookman, 2001.

HAZARI, Z. et al. Interest in STEM is contagious for students in biology, chemistry, and physics classes. **Science advances**, v. 3, n. 8, p. e1700046, 2017.

HERNÁNDEZ, A. M.; CERÓN, N.; PÁEZ, J. R. **Uso de métodos químicos para sintetizar nanopartículas de SnO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub>**. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia, n. 44, p. 43-51, 2008.

HIRDES, A. R. **Projeto, construção e avaliação de um termômetro eletrônico com aquisição automática de dados e aplicações no ensino de físico-química experimental**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2015. Disponível em: <<http://dspace.unipampa.edu.br/handle/rii/1259>>. Acesso em: 13 jan. 2018.

HOFFMAN, D. D.; SINGH, Manish; PRAKASH, Chetan. The interface theory of perception. **Psychonomic bulletin & review**, v. 22, n. 6, p. 1480-1506, 2015.

IRION, H. S et al. **Effect of Pr<sub>6</sub>O<sub>11</sub> doping in electrical and microstructural properties of SnO<sub>2</sub>- based varistors**. Acta Scientiarum. Technology, v. 36, n. 2, 2014.

JOSÉ, M. A.; PIQUEIRA, J. R. C.; LOPES, R. Introdução à programação quântica. **Revista Brasileira do Ensino de Física**, São Paulo, v. 35, n.1, 2013.

KHATIB, F. et al. Crystal structure of a monomeric retroviral protease solved by protein folding game players. **Nature structural & molecular biology**, v. 18, n. 10, p. 1175-1177, 2011.

KOKA, A; SODANO, H. A. High-sensitivity accelerometer composed of ultra-long vertically aligned barium titanate nanowire arrays. **Nature communications**, v. 4, p. 2682, 2013.

LÉVY, P. **A inteligência coletiva: por uma antropologia do ciberespaço**. São Paulo: Loyola, 2007.

LOPES, A. R. C. Contribuições de Gaston Bachelard ao ensino de ciências. **Revista Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, n. 3, p. 324-330, 1993.

LOPES, A. R. C. Bachelard: o filósofo da desilusão. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 13, n. 3, p. 248-273, 1996.

LÓPEZ, J. M.; GUTIÉRREZ, R. C. Pensamiento computacional y programación visual por bloques en el aula de Primaria. **Educar**, v. 53, n. 1, p. 129-146, 2017.

LUCIANO FILHO, A. **Laboratório Didático Investigativo: o ensino de Física com uso do Arduino**. 2016. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, São Paulo, 2016.

MACIEL, A. P. et al. Dióxido de estanho nanoestruturado como sensor de NOx. **Cerâmica**, v. 49, p. 163-167, 2003.

MADDOX, J. **O que falta descobrir**: explorando os segredos do universo, as origens da vida e o futuro da espécie humana. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

MAGNUS, V. S. **A implementação de um projeto de robótica com o apoio dos conceitos de ciências e matemática**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2015. Disponível em: <<http://ppgecim.ulbra.br/teses/index.php/ppgecim/article/view/247>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

MARTINAZZO, C. A. et al. Arduino: uma tecnologia no ensino de física. **Perspectiva**, v. 38, n. 143, p. 21-30, 2014.

MARTINS, M. R. **O uso da plataforma microcontrolada Arduino no ensino de eletrodinâmica**. 2016. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2016. Disponível em: <<http://dspace.unipampa.edu.br/handle/rii/703>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

MATTOS, F. A. M.; CHAGAS, G. J. N. Desafios para a inclusão digital no Brasil. **Perspectivas em Ciência da Informação**, Belo Horizonte, v. 13, n. 1, p. 67-94, 2008.

MERCER, C.; LEECH, D. Inexpensive miniature programmable magnetic stirrer from reconfigured computer parts. **Journal of Chemical Education**, v. 94, n. 6, p. 816-818, 2017.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. Análise Textual Discursiva. 3. ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2016.

MOSKAL, B.; LURIE, D.; COOPER, S. Evaluating the effectiveness of a new instructional approach. **Proceedings of the 35th SIGCSE technical symposium on Computer science education**, 2004. Norfolk, Virginia, EUA. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=971328>>. Acesso em: 08 set. 2017.

NARAYANAN, N. H.; HEGARTY, M. Multimedia design for communication of dynamic information. **International journal of human-computer studies**, v. 57, n. 4, p. 279-315, 2002.

NOVACOSKI, M. P. **O Arduino na programação de experiências em termodinâmica e em física moderna**. 2016. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2016. Disponível em: <<http://tede2.uepg.br/jspui/handle/prefix/2141>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

NUDELMAN, N. S. Urgência de transformar a educação em ciências na Argentina. **Revista CTS**, v. 12, n. 34, p. 161-178, 2017.

OLIVEIRA, R. **Informática educativa**. Campinas: Papirus, 2007.

OSHIMA, Y; NAKAMURA, A; MATSUNAGA, K. **Extraordinary plasticity of an inorganic semiconductor in darkness**. *Science*, v. 360, n. 6390, p. 772-774, 2018.

PADMANABHAN, P. et al. Supersymmetric many-body systems from partial symmetries - integrability, localization and scrambling. **Journal of High Energy Physics**, v. 2017, n. 5, p. 1-40, 2017.

PARK, K. S. et al. Rapid identification of health care-associated infections with an integrated fluorescence anisotropy system. **Science Advances**, v. 2, n. 5, p. e1600300, 2016.

PEREIRA, A. M.; SANTOS, A. C. F.; AMORIM, H. S. Estatística de contagem com a plataforma Arduino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 38, n. 4, 2016.

PEREIRA, W. R. F. **Altas habilidades/superdotação e robótica: relato de uma experiência de aprendizagem a partir de Vygotsky**. 2016. Dissertação (Mestrado em Educação e Novas Tecnologias) - Centro Universitário Internacional UNINTER, Curitiba, 2016.

PESSIS-PASTERNAK, G. **Do caos à inteligência artificial**. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista - Unesp, 1993.

POPPER, K. R. **Conjecturas e Refutações**. Brasília: Editora da UNB, 1980.

POWELL, A. B., GRISI-DICKER, L. Toward collaborative, discourse-focused learning with dynamic geometry environments. **Proceedings of the 12th International Congress on Mathematical Education**, Seoul, p. 3918-3927, 2012.

PRATA, L. A. Espectroscopia: tirando a carteira de identidade estelar. **I Simpósio Nacional de Educação em Astronomia**, Rio de Janeiro, 2011.

PRENSKY, M. **Digital Game-Based Learning**: practical ideas for the application of digital game-based learning. St. Paul: Paragon House, 2007.

RANGEL, J. G. et al. **Síntese e caracterização estrutural de SnO<sub>2</sub> dopado com Ni**. *Holos*, v. 4, 2011.

RIBAS, E.; BIANCO, G.; LAHM, R. A. Programação visual para introdução ao ensino de programação na Educação Superior: uma análise prática. **RENOTE – Revista Novas Tecnologias em Educação**, v. 14, n. 2, 2016.

RICARDO, E. C.; CUSTÓDIO, J. F.; REZENDE JÚNIOR, M. F.. O Ensino da Tecnologia nas Ciências do Nível Médio: concepções dos professores e perspectivas teóricas. **X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, 2006.

ROCHA, F. S.; MARANGHELLO, G. F.; LUCCHESI, M. M. Acelerômetro eletrônico e a placa Arduino para ensino de física em tempo real. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 31, n. 1, p. 98-123, 2013.

RODRIGUES, R. F.; CUNHA, S. L. S. Arduino para físicos: Uma ferramenta prática para aquisição de dados automáticos. **Textos de Apoio ao Professor de Física**, Instituto de Física da UFRGS, v. 25, n. 4, 2014.

RODRÍGUEZ, F. M.; CUESTA, F. Andruino: low-cost educational mobile robot based on Android and Arduino. **Journal of Intelligent and Robotic Systems**, v. 81, n. 1, p. 63-76, 2016

ROSEMANN, M. The internet of things: new digital capital in the hands of customers. **Business Transformation Journal**, v. 2013, n. 9, p. 6-15, 2013.

ROSENBLATT, F. The perceptron: a probabilistic model for information storage and organization in the brain. **Psychological Review**, v. 65, n. 6, p. 386, 1958.

SAKAGAMI, Y. et al. The intelligent ASIMO: System overview and integration. In: **Intelligent Robots and Systems, 2002. IEEE/RSJ International Conference on**. IEEE, 2002. p. 2478-2483.

SANTOS, J. A. S. **Instrumentação eletrônica com o Arduino aplicada ao ensino de Física**. 2015. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação em



Ensino de Física da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015.

SANTOS, B. P. et al. Internet das coisas: da teoria à prática. **Anais do SBRC 2016 - Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos**, 2016. Disponível em: <<http://www.sbrc2016.ufba.br/minicurso/chamada>>. Acesso em: 28 feb. 2018.

SANTOS, A. A. M. **Ilha de calor urbana: uma proposta de atividade investigativa baseada na utilização da placa Arduino**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

SCARADOZZI, D. et al. Teaching robotics at the primary school: an innovative approach. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 174, p. 3838-3846, 2015.

SCHUHMACHER, V. R. N. **Limitações da Prática Docente no uso das Tecnologias da Informação e Comunicação**. 2014. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) - Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/129032>>, 2014.

SEGOVIA, M. V.; SOUZA, A. Robótica educacional como ferramenta lúdica para o ensino de língua inglesa. **RENOTE - Revista Novas Tecnologias em Educação**, v. 15, n. 1, 2017.

SILVA, I. B. **Inter-relação: a pedagogia da ciência**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2007.

SILVA JÚNIOR, A. F. et al. Inclusão Social e Inclusão Digital em tempos de globalização: um estudo em uma escola rural. **Em extensão**, Uberlândia, v. 9, n. 1, p. 83-98, 2010.

SILVER, D. et al. Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search. **Nature**, v. 529, n. 7587, p. 484-489, 2016.

SOARES, R. C. **Utilização da plataforma de prototipação de hardware Arduino como apoio à aprendizagem de conceitos do componente curricular de programação**. 2016. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Educacionais em Rede) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Educacionais em Rede da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/handle/1/12307>>. Acesso em: 02 fev. 2018.

SOUZA, L. C. A. B. **A problematização do Princípio da Precaução na formação do técnico agrícola: reflexões para o enfrentamento da racionalidade instrumental a partir de uma questão sociocientífica**. 2016. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em: <<http://tede.ufsc.br/teses/PECT0282-T.pdf>>, 2016.

TURING, A. Computing machinery and intelligence. **Mind**, v. 59, n. 236, p. 433-460, 1950.

WANG, D. et al. Deep learning for identifying metastatic breast cancer. **Cornell University Library**, Ithaca, 2016. Disponível em: <<https://arxiv.org/abs/1606.05718>>. Acesso em: 26 nov. 2017.

WANG, P. et al. Energy and spectrum-aware MAC protocol for perpetual wireless nanosensor networks in the Terahertz Band. **Ad Hoc Networks**, v. 11, n. 8, p. 2541-2555, 2013.

WANG, T; KAYE, J. Inventive leisure practices: understanding hacking communities as sites of sharing and innovation. In: **CHI'11 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems**. ACM, 2011. p. 263-272.

WANG, T. Big data needs thick data. **Ethnography Matters Web Site**, v. 13, 2013. Disponível em: <<http://ethnographymatters.net/blog/2013/05/13/big-data-needs-thick-data>>. Acesso em: 25 set. 2017.

WIENER, N. **Cibernética e sociedade**: o uso humano de seres humanos. São Paulo: Cultrix, 1968.

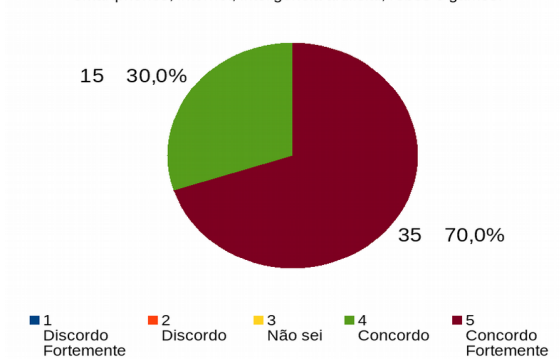
YUAN, Y. et al. **Effect of Unsaturated Sn Atoms on Gas-Sensing Property in Hydrogenated SnO<sub>2</sub> Nanocrystals and Sensing Mechanism**. Nature Scientific reports, v. 7, n. 1, p. 1231, 2017.



## APÊNDICE 1 – GRÁFICOS DE SETORES ORIGINADOS A PARTIR DAS RESPOSTAS AO QUESTIONÁRIO DE PESQUISA

*Gráfico 8 - Taxas de concordância com a afirmativa 1*

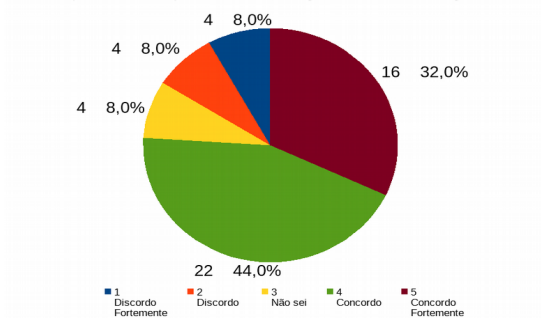
1) Os estudantes são fascinados por tecnologias como tablets, computadores, smartphones, internet, inteligência artificial, robôs e games.



Fonte: elaborado pelo autor

*Gráfico 9 - Taxas de concordância com a afirmativa 2*

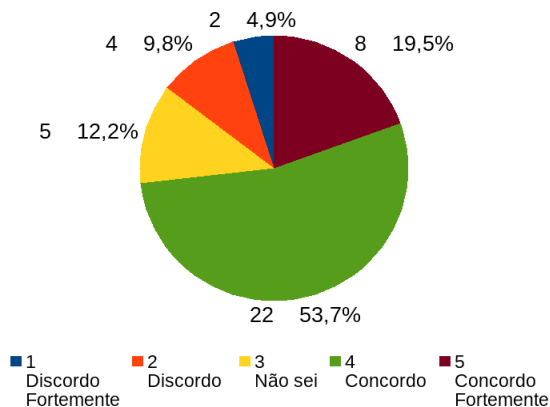
2) Minha área de conhecimento têm relação com a criação de tecnologias como tablets, computadores, smartphones, internet, inteligência artificial, robôs e games.



Fonte: elaborado pelo autor

*Gráfico 10 - Taxas de concordância com a afirmativa 3*

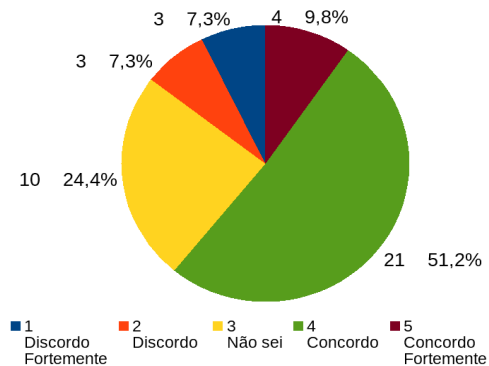
- 3) Os conteúdos por mim abordados em minha atividade docente contribuem para a formação de indivíduos com capacidade de utilizar produtos tecnológicos em suas futuras profissões.



Fonte: elaborado pelo autor

*Gráfico 11 - Taxas de concordância com a afirmativa 4*

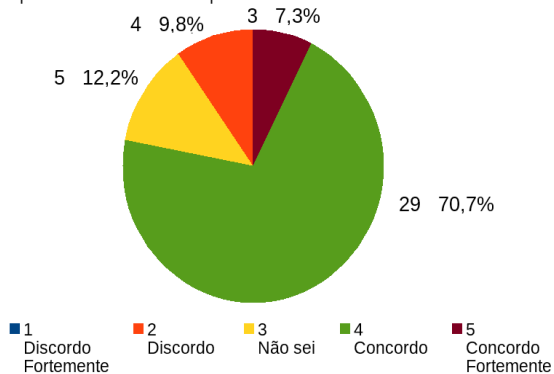
- 4) Os conteúdos por mim abordados em minha atividade docente contribuem para a formação de indivíduos com capacidade de criar novos produtos tecnológicos em suas futuras profissões.



Fonte: elaborado pelo autor

### Gráfico 12 - Taxas de concordância com a afirmativa 5

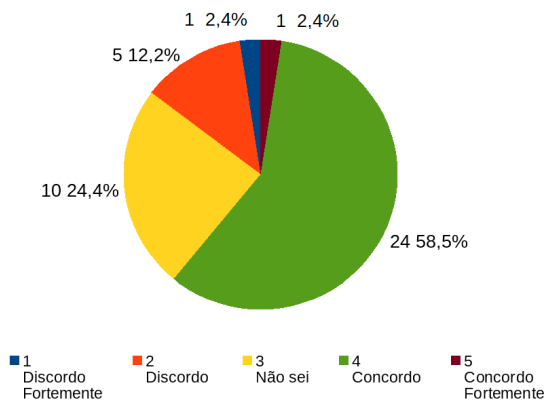
5) Sou capaz de exemplificar de que forma a utilização profissional de tecnologias como tablets, computadores, smartphones, internet, inteligência artificial, robôs e games, é dependente dos conteúdos por mim abordados em minha atividade docente.



Fonte: elaborado pelo autor

### Gráfico 13 - Taxas de concordância com a afirmativa 6

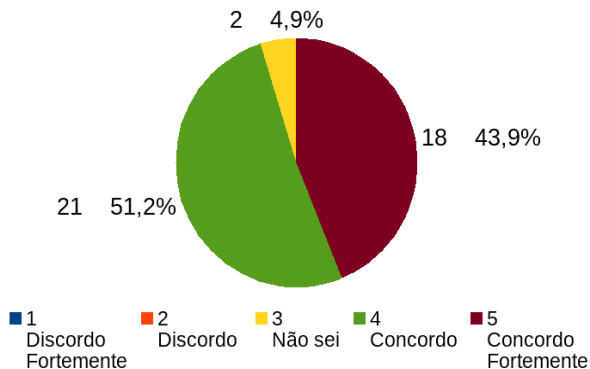
6) Sou capaz de exemplificar de que forma a criação de tecnologias como tablets, computadores, smartphones, internet, inteligência artificial, robôs e games, é dependente dos conteúdos por mim abordados em minha atividade docente.



Fonte: elaborado pelo autor

*Gráfico 14 - Taxas de concordância com a afirmativa 7*

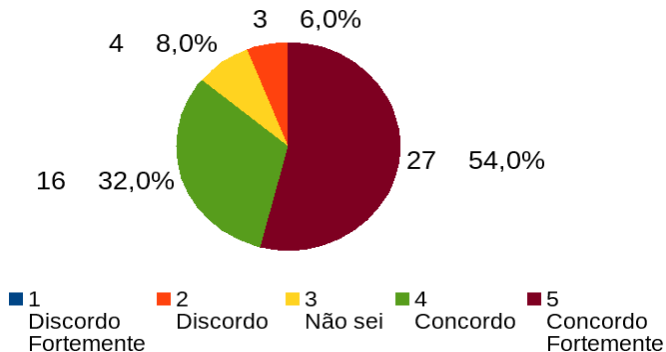
7) Tenho interesse em fazer uso da robótica educativa para favorecer o aprendizado dos conteúdos por mim abordados.



Fonte: elaborado pelo autor

*Gráfico 15 - Taxas de concordância com a afirmativa 8*

8) Um trabalho de robótica educativa deve ser, necessariamente, interdisciplinar, envolvendo professores de diferentes áreas.

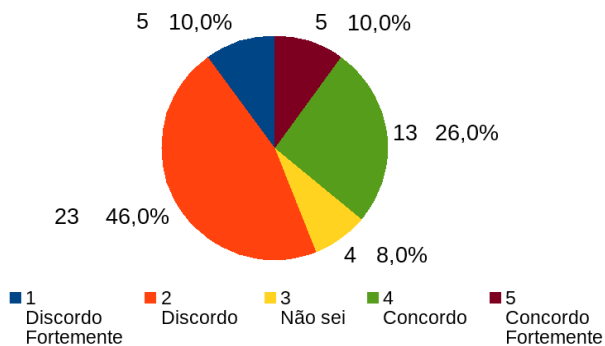


Fonte: elaborado pelo autor



*Gráfico 16 - Taxas de concordância com a afirmativa 9*

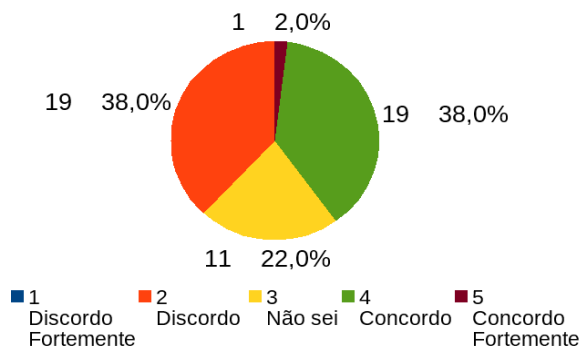
9) Um trabalho de robótica educativa deve ser voltado à criação de algo conectado às necessidades das pessoas, e não direcionado à aprendizagem de algum conceito científico ou de um conteúdo sendo abordado.



Fonte: elaborado pelo autor

*Gráfico 17 - Taxas de concordância com a afirmativa 10*

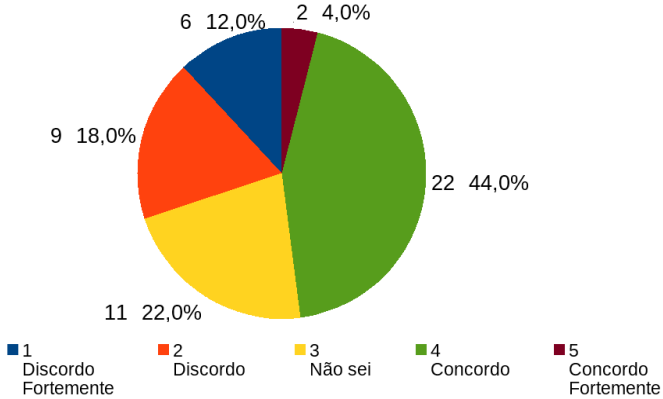
10) Uma calculadora é um instrumento tecnológico neutro, pois pode ser usada para calcular "coisas boas" e "coisas ruins".



Fonte: elaborado pelo autor

*Gráfico 18 - Taxas de concordância com a afirmativa 11*

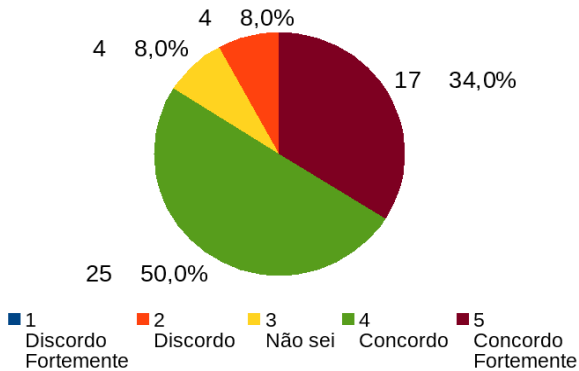
11) Uma arma é um instrumento tecnológico neutro, pois pode ser usada para "coisas boas" e "coisas ruins".



Fonte: elaborado pelo autor

*Gráfico 19 - Taxas de concordância com a afirmativa 12*

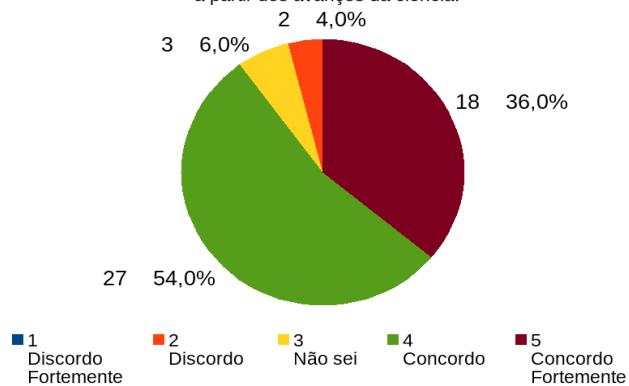
12) Devemos nos adaptar à ciência na medida em que a mesma avança a partir da exploração do mundo em que vivemos.



Fonte: elaborado pelo autor

*Gráfico 20 - Taxas de concordância com a afirmativa 13*

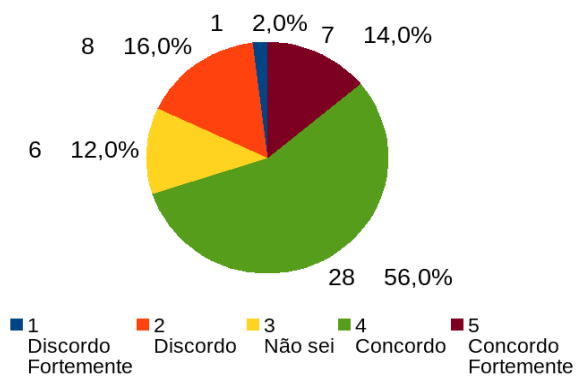
13) Devemos nos adaptar à tecnologia na medida em que a mesma avança a partir dos avanços da ciência.



Fonte: elaborado pelo autor

*Gráfico 21 - Taxas de concordância com a afirmativa 14*

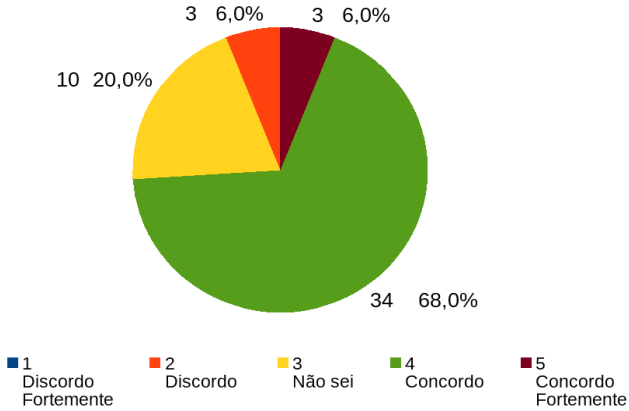
14) A tecnologia deve ser orientada para a satisfação das necessidades humanas



Fonte: elaborado pelo autor

*Gráfico 22 - Taxas de concordância com a afirmativa 15*

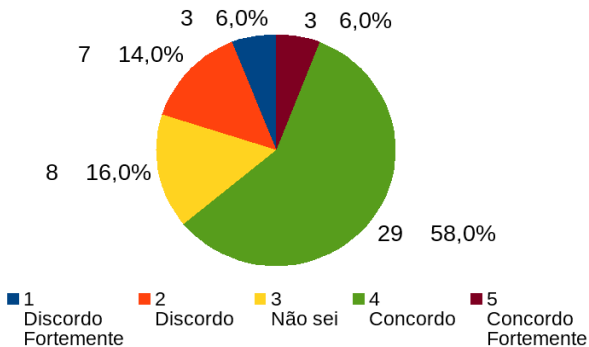
15) Pessoas sem conhecimento de processos de criação de artefatos tecnológicos podem participar de suas concepções através de sugestões e opiniões



Fonte: elaborado pelo autor

*Gráfico 23 - Taxas de concordância com a afirmativa 16*

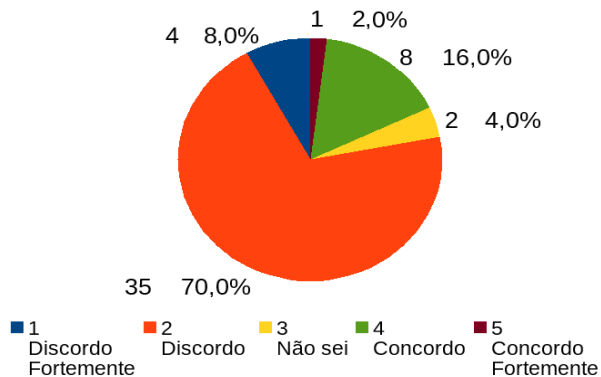
16) Erros podem ocorrer em decorrência de avanços tecnológicos, mas são inevitáveis e aceitáveis quando em prol do avanço da humanidade



Fonte: elaborado pelo autor

*Gráfico 24 - Taxas de concordância com a afirmativa 17*

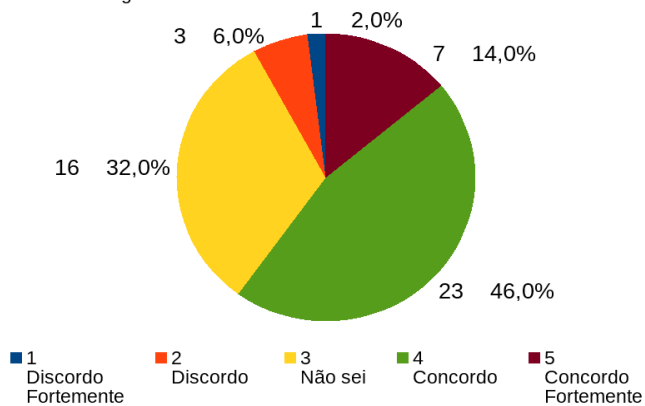
17) Somente os cientistas deveriam ter poder de decisão quanto ao desenvolvimento de tecnologias já que elas podem ser perigosas



Fonte: elaborado pelo autor

*Gráfico 25 - Taxas de concordância com a afirmativa 18*

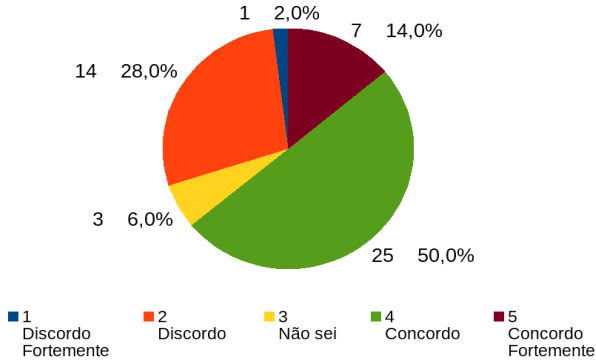
18) Sou capaz de exemplificar um caso de criação tecnológica que tenha origem em conhecimentos e necessidades coletivas



Fonte: elaborado pelo autor

*Gráfico 26 - Taxas de concordância com a afirmativa 19*

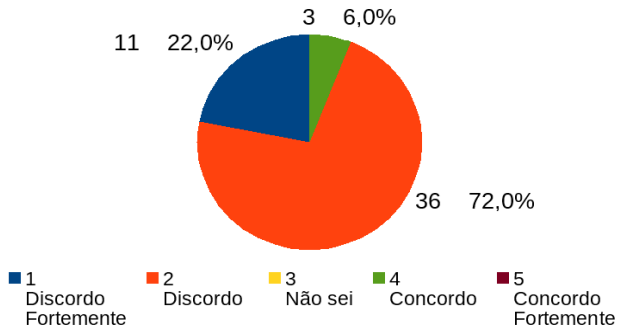
19) Considero normal a minha necessidade frequente de substituição de artefatos tecnológicos como computadores e smartphones já que essa substituição ocorre em função da rápida evolução da tecnologia



Fonte: elaborado pelo autor

*Gráfico 27 - Taxas de concordância com a afirmativa 20*

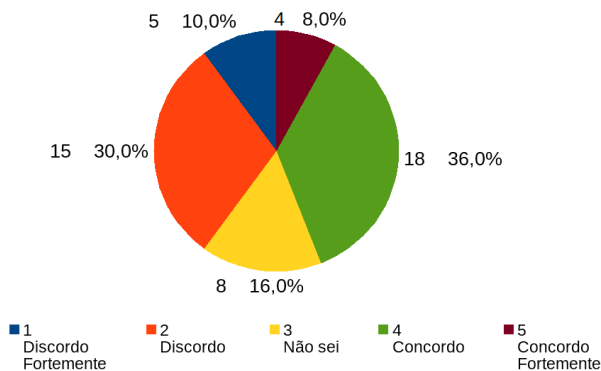
20) Questões quanto aos impactos sociais da tecnologia devem ser abordadas somente por professores das ciências humanas e sociais, já que eles têm melhor formação na área.



Fonte: elaborado pelo autor

### Gráfico 28 - Taxas de concordância com a afirmativa 21

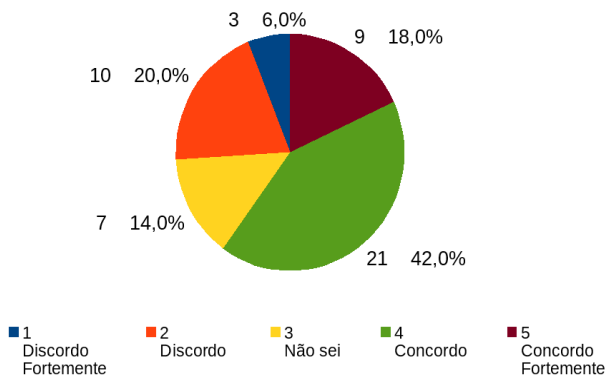
21) Construir um robô favorece o aprendizado do aluno já que trata-se de um processo em que se constrói algo concreto, não dependendo, portanto, de conhecimentos abstratos



Fonte: elaborado pelo autor

### Gráfico 29 - Taxas de concordância com a afirmativa 22

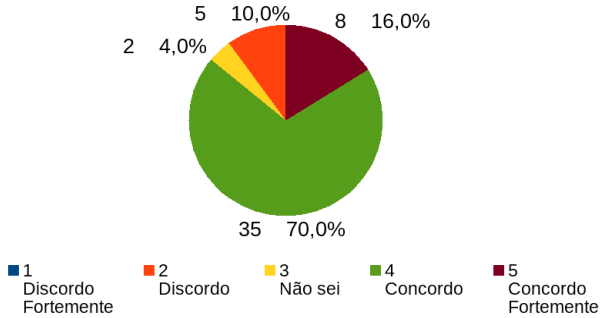
22) A criação de um protótipo robótico funcional é uma forma completa de avaliar o aluno, pois mostra que ele conseguiu colocar em prática conhecimentos que aprendeu



Fonte: elaborado pelo autor

*Gráfico 30 - Taxas de concordância com a afirmativa 23*

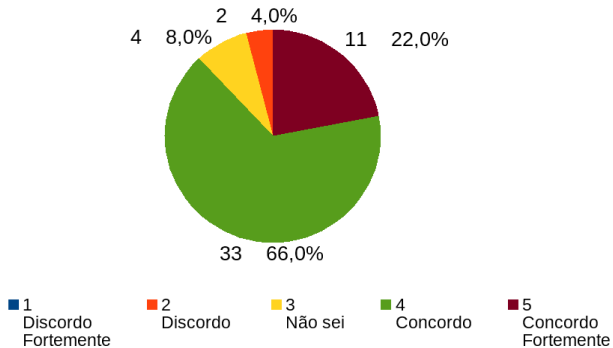
23) Alunos que criam apresentações de slides, acessam a internet, montam planilhas eletrônicas e utilizam aplicativos de computador vinculados a atividades de planos de aula, estão, assim, aprendendo tecnologia



Fonte: elaborado pelo autor

*Gráfico 31 - Taxas de concordância com a afirmativa 24*

24) Alunos que criam robôs que se utilizam de sensores programados algoritmicamente para perceberem e interagirem com o mundo real estão, assim, aprendendo tecnologia

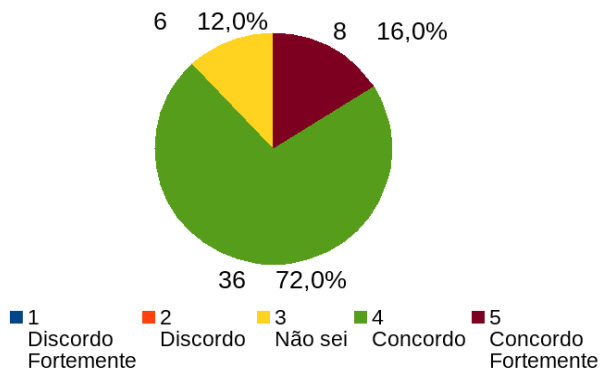


Fonte: elaborado pelo autor



Gráfico 32 - Taxas de concordância com a afirmativa 25

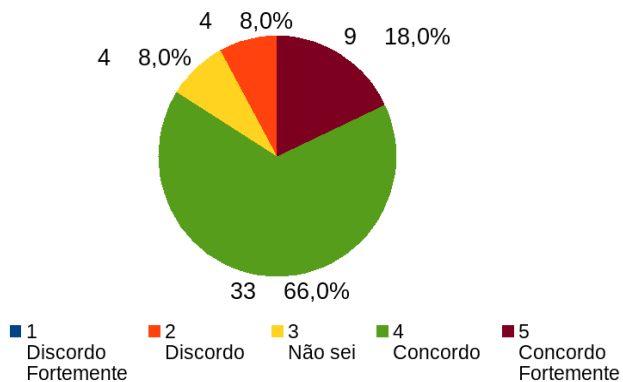
25) A tecnologia é a ciência aplicada



Fonte: elaborado pelo autor

Gráfico 33 - Taxas de concordância com a afirmativa 26

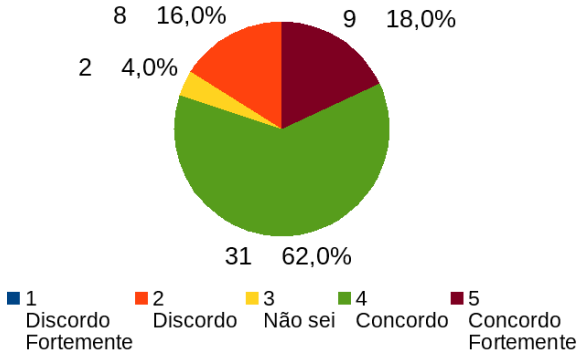
26) A tecnologia deve ser eficiente e orientada para a resolução de algum problema



Fonte: elaborado pelo autor

*Gráfico 34 - Taxas de concordância com a afirmativa 27*

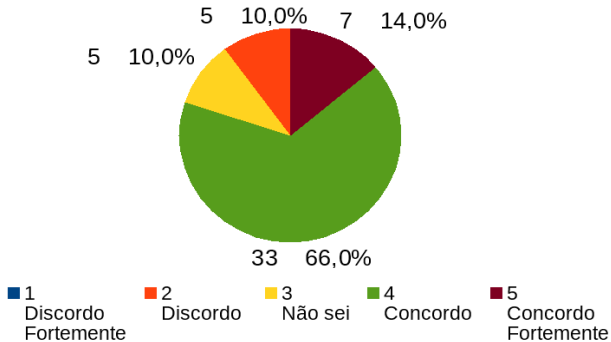
27) A ciência deve ser eficiente e orientada para a resolução de algum problema



Fonte: elaborado pelo autor

*Gráfico 35 - Taxas de concordância com a afirmativa 28*

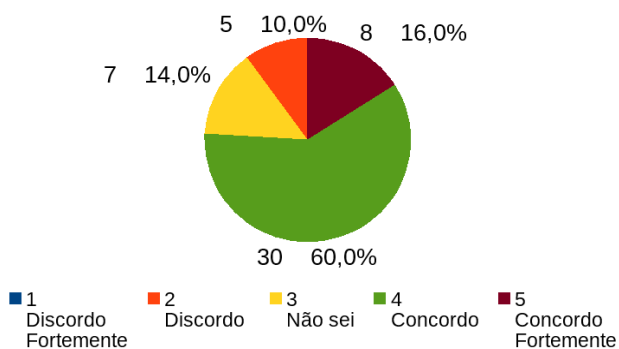
28) A educação tecnológica deve valorizar a eficiência e ser orientada para a resolução de algum problema



Fonte: elaborado pelo autor

*Gráfico 36 - Taxas de concordância com a afirmativa 29*

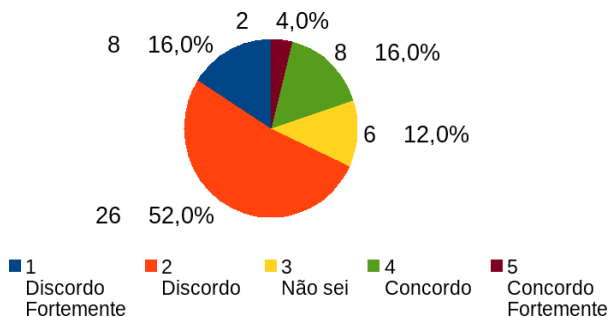
29) A educação científica deve valorizar a eficiência e ser orientada para a resolução de algum problema



Fonte: elaborado pelo autor

*Gráfico 37 - Taxas de concordância com a afirmativa 30*

30) Com vistas a otimizar o tempo dedicado ao aprendizado em sala de aula, o ensino de ciências deve focar-se nos resultados das conquistas científicas e não nos processos que levaram a esses resultados



Fonte: elaborado pelo autor



## **APÊNDICE 2 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Prezado(a) participante.

Você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa **EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA: A IDENTIFICAÇÃO DE RELAÇÕES A PARTIR DE ATIVIDADES PEDAGÓGICAS COM ROBÓTICA EDUCATIVA**.

Está sendo desenvolvida por André Gustavo Schaeffer, docente da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Erechim(RS).

O objetivo central do estudo é compreender a forma como você, professor, percebe a tecnologia. Mais especificamente, se percebe possibilidades de agregá-la a sua prática educativa, o que implicaria na existência de algum tipo de relacionamento do objeto tecnológico utilizado ou construído com o conteúdo por você abordado.

Será usado, para tanto, um questionário eletrônico preenchido via internet. Os trabalhos seguintes da pesquisa consistirão na reunião das informações coletadas bem como no levantamento estatístico das mesmas, e posterior análise textual discursiva das questões qualitativas por você respondidas. Os resultados da presente pesquisa poderão auxiliar os demais professores no intuito de facilitar a apropriação futura de conhecimentos sobre tecnologias educacionais.

Sua participação não é obrigatória e você tem plena autonomia para decidir se quer ou não participar, bem como desistir da colaboração neste estudo no momento em que desejar, sem necessidade de qualquer explicação e sem nenhuma forma de penalização. Você poderá continuar como cursista nesta capacitação ainda que não queira responder ao questionário. Contudo, suas respostas são muito importantes para a execução da pesquisa.

Você não receberá remuneração e nenhum tipo de recompensa, sendo sua participação voluntária. Serão garantidas a confidencialidade e a privacidade das informações por você prestadas. Qualquer dado que possa identificá-lo ou possa identificar a sua instituição de trabalho será omitido na divulgação dos

resultados da pesquisa.

A qualquer momento, durante a pesquisa ou posteriormente, você poderá solicitar ao pesquisador informações sobre sua participação e sobre a pesquisa, o que poderá ser feito através dos meios de contato explicitados neste Termo. Sua participação consistirá em completar um roteiro de perguntas acerca de sua prática profissional e formação. O tempo estimado para isso é de 25 minutos e todo o processo será feito aqui, na sala de nossa capacitação. A estimativa é de que o total de participantes desta pesquisa seja de 100 pessoas, todos professores.

As respostas serão armazenadas em arquivo digital, e somente terão acesso ao mesmo o pesquisador e seu orientador. Ao final da pesquisa, todo material será mantido por um período de 2 anos, sendo sumariamente excluído logo após. O benefício relacionado com sua colaboração nesta pesquisa ocorre pois o levantamento dessas informações poderá contribuir para aperfeiçoamentos pedagógicos futuros a partir de novos projetos de capacitações entre os pares (professores e professores) e até em atividades em sala de aula, nas relações estabelecidas entre alunos, professores e conhecimentos.

O pesquisador assegura, a fim de evitar qualquer constrangimento, que há garantia de que os dados informados não serão identificados ou ligados ao nome do professor, e que o professor ou a turma não sofrerá nenhum tipo de prejuízo com relação à qualidade do curso ministrado caso algum professor venha a não responder ao questionário. Se ainda assim você sentir algum tipo de constrangimento antes ou durante o preenchimento do formulário de pesquisa, não é necessário que continue a respondê-lo. Neste caso, apenas comunique o pesquisador sobre sua desistência que o mesmo irá proceder com o descarte das respostas até então dadas, demonstrando, em sua presença, a impossibilidade de qualquer acesso a elas. Também neste caso, você será convidado a aguardar que os demais participantes terminem de responder ao questionário para que possamos dar início à atividade formativa, sem que haja nenhum prejuízo a você ou à turma em função de sua desistência.

Os resultados serão divulgados e disponibilizados a você através da publicação da tese de doutorado que toma por base esta pesquisa, e também eventualmente em publicações científicas. Caso concorde em participar, uma via deste termo ficará em seu poder e a outra será entregue ao pesquisador.

Desde já agradeço!

Erechim , \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2018.

---

André Gustavo Schaeffer

**Tel:** 54 99103 3725

**E-mail:** andre\_schaeffer@uffs.edu.br

Em caso de dúvida quanto à condução ética do estudo, entre em contato com o

**Comitê de Ética em Pesquisa UFFS:**

**Tel e Fax:** (49)- 2049-3745    **E-mail:** cep.uffs@uffs.edu.br

<http://www.uffs.edu.br/institucional/pro-reitorias/pesquisa-e-pos-graduacao/comite-de-etica-em-pesquisa/apresentacao>

**Endereço para correspondência:**

Universidade Federal da Fronteira Sul

Comitê de Ética em Pesquisa da UFFS.

Rodovia SC 484 Km 02, bloco da biblioteca, sala 310.

Bairro Fronteira Sul, CEP 89815-899, Chapecó - SC

Declaro que entendi os objetivos e condições de minha participação na pesquisa e concordo em participar.

**Nome completo do (a) participante:**

---

**Assinatura do participante:** \_\_\_\_\_





## APÊNDICE 3 – INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

### Questionário de Pesquisa

Caro colega.

Este questionário eletrônico tem por objetivo obter suas respostas acerca do tema “Tecnologia”. As informações por ele obtidas serão usadas como parte de uma pesquisa de doutorado. A primeira parte consiste de algumas perguntas sobre sua formação e sobre suas atividades docentes. A segunda parte consiste de afirmativas para as quais sua resposta será uma entre 5 possíveis, e que corresponderá a seu grau de concordância com aquilo que está sendo afirmado. Os graus de concordância são:

- 1) discordo fortemente
- 2) discordo
- 3) não sei
- 4) concordo
- 5) concordo fortemente

Não há respostas corretas ou incorretas. Assim, você deve se sentir à vontade para sempre assinalar a alternativa que corresponde mais fielmente ao seu modo de pensar. Cabe mencionar que o grau de concordância "não sei" implica em não ter argumentos ou não perceber razões para concordar e nem para discordar.

Para cada pergunta respondida, na primeira parte do questionário, poderá ser feito algum tipo de esclarecimento ou observação sobre a resposta caso julgue necessário. Para isso haverá o campo “Obs.:" disponível.

Obrigado!

Prof. André Gustavo Schaeffer  
Universidade Federal da Fronteira Sul - Campus Erechim  
Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica - PPGECT  
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

**Parte 1 – Formação e Atividades Docentes**

**Questão 01) Qual é o seu tipo de formação?** Podem ser marcadas tantas quantas forem correspondentes, e, ao lado do tipo de formação, deve ser informada a área (Biologia, Física, Linguagens, Matemática, Química, etc).

<input type="checkbox"/>	Bacharelado em
<input type="checkbox"/>	Licenciatura em
<input type="checkbox"/>	Magistério (ensino médio)
<input type="checkbox"/>	Tecnólogo em

Obs.: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Questão 02) Qual é o seu tipo de pós-graduação?** Podem ser marcadas tantas quantas forem correspondentes, e, ao lado do tipo de pós-graduação, deve ser informada a área.

<input type="checkbox"/>	Não possuo pós-graduação
<input type="checkbox"/>	Especialização ou aperfeiçoamento em
<input type="checkbox"/>	Mestrado em
<input type="checkbox"/>	Doutorado em

Obs.: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Questão 03)** Com relação ao seu tempo de atuação como professor nos diferentes níveis de ensino, escreva ao lado de cada um deles o tempo, em anos, que atuou. Períodos parciais podem ser igualmente representados, isto é, 0,5 anos correspondem a 1 semestre, 2,5 anos correspondem a dois anos e um semestre, etc.

Nível de Ensino	Tempo de Atuação (anos)
Educação Infantil	
Ensino Fundamental – Anos Iniciais	
Ensino Fundamental – Anos Finais	
Ensino Médio	
Educação Superior	
Pós-Graduação	

Obs.: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**Questão 04)** Com relação à sua atividade docente considerada como base de resposta para a questão 03, com quais áreas de conhecimento você trabalhou? Podem ser marcadas tantas quantas forem correspondentes.

<input type="checkbox"/>	Artes
<input type="checkbox"/>	Biologia
<input type="checkbox"/>	Educação Física
<input type="checkbox"/>	Ensino Religioso
<input type="checkbox"/>	Filosofia
<input type="checkbox"/>	Física

<input type="checkbox"/>	Geografia
<input type="checkbox"/>	História
<input type="checkbox"/>	Língua Estrangeira Moderna
<input type="checkbox"/>	Língua Portuguesa
<input type="checkbox"/>	Matemática
<input type="checkbox"/>	Química
<input type="checkbox"/>	Sociologia
<input type="checkbox"/>	Outra área de conhecimento: _____

Obs.: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Parte 2 – Tecnologias

Esta segunda parte consiste de afirmativas para as quais sua resposta será uma entre 5 possíveis, que corresponderá a seu grau de concordância com aquilo que está sendo afirmado:

- |                        |      |
|------------------------|------|
| 1) Discordo Fortemente | - DF |
| 2) Discordo            | - D  |
| 3) Não Sei             | - NS |
| 4) Concordo            | - C  |
| 5) Concordo Fortemente | - CF |

Afirmativa	1 DF	2 D	3 NS	4 C	5 CF
1) Os estudantes são fascinados por tecnologias como tablets, computadores, smartphones, internet, inteligência artificial, robôs e games.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) Minha <b>área de conhecimento</b> têm relação com a <b>criação</b> de tecnologias como tablets, computadores, smartphones, internet, inteligência artificial, robôs e games.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) Os <b>conteúdos</b> por mim abordados em minha atividade docente contribuem para a formação de indivíduos com capacidade de <b>utilizar</b> produtos tecnológicos em suas futuras profissões.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) Os <b>conteúdos</b> por mim abordados em minha atividade docente contribuem para a formação de indivíduos com capacidade de <b>criar novos</b> produtos tecnológicos em suas futuras profissões.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) Sou capaz de exemplificar de que forma <b>a utilização profissional</b> de tecnologias como tablets, computadores, smartphones, internet, inteligência artificial, robôs e games, é dependente dos conteúdos por mim abordados em minha atividade docente.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) Sou capaz de exemplificar de que forma <b>a criação</b> de tecnologias como tablets, computadores, smartphones, internet, inteligência artificial, robôs e games, é dependente dos conteúdos por mim abordados em minha atividade docente.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) Tenho interesse em fazer uso da robótica educativa para favorecer o aprendizado dos conteúdos por mim abordados.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) Um trabalho de robótica educativa deve ser, necessariamente, interdisciplinar, envolvendo professores de diferentes áreas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

<b>Afirmativa</b>	<b>1 DF</b>	<b>2 D</b>	<b>3 NS</b>	<b>4 C</b>	<b>5 CF</b>
<b>9)</b> Um trabalho de robótica educativa deve ser voltado à criação de algo conectado às necessidades das pessoas, e não direcionado à aprendizagem de algum conceito científico ou de um conteúdo sendo abordado.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>10)</b> Uma calculadora é um instrumento tecnológico neutro, pois pode ser usada para calcular "coisas boas" e "coisas ruins".	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>11)</b> Uma arma é um instrumento tecnológico neutro, pois pode ser usada para "coisas boas" e "coisas ruins".	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>12)</b> Devemos nos adaptar à ciência na medida em que a mesma avança a partir da exploração do mundo em que vivemos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>13)</b> Devemos nos adaptar à tecnologia na medida em que a mesma avança a partir dos avanços da ciência.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>14)</b> A tecnologia deve ser orientada para a satisfação das necessidades humanas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>15)</b> Pessoas sem conhecimento de processos de criação de artefatos tecnológicos podem participar de suas concepções através de sugestões e opiniões.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>16)</b> Erros podem ocorrer em decorrência de avanços tecnológicos, mas são inevitáveis e aceitáveis quando em prol do avanço da humanidade.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>17)</b> Somente os cientistas deveriam ter poder de decisão quanto ao desenvolvimento de tecnologias já que elas podem ser perigosas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>18)</b> Sou capaz de exemplificar um caso de criação tecnológica que tenha origem em conhecimentos e necessidades coletivas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Afirmativa	1 DF	2 D	3 NS	4 C	5 CF
19) Considero normal a minha necessidade frequente de substituição de artefatos tecnológicos como computadores e smartphones já que essa substituição ocorre em função da rápida evolução da tecnologia.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20) Questões quanto aos impactos sociais da tecnologia devem ser abordadas somente por professores das ciências humanas e sociais, já que eles têm melhor formação na área.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21) Construir um robô favorece o aprendizado do aluno já que trata-se de um processo em que se constrói algo concreto, não dependendo, portanto, de conhecimentos abstratos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22) A criação de um protótipo robótico funcional é uma forma completa de avaliar o aluno, pois mostra que ele conseguiu colocar em prática conhecimentos que aprendeu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23) Alunos que criam apresentações de slides, acessam a internet, montam planilhas eletrônicas e utilizam aplicativos de computador vinculados a atividades de planos de aula, estão, assim, aprendendo tecnologia.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24) Alunos que criam robôs que se utilizam de sensores programados algoritmicamente para perceberem e interagirem com o mundo real estão, assim, aprendendo tecnologia.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25) A tecnologia é a ciência aplicada.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26) A tecnologia deve ser eficiente e orientada para a resolução de algum problema.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27) A ciência deve ser eficiente e orientada para a resolução de algum problema.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

<b>Afirmativa</b>	<b>1 DF</b>	<b>2 D</b>	<b>3 NS</b>	<b>4 C</b>	<b>5 CF</b>
<b>28)</b> A educação tecnológica deve valorizar a eficiência e ser orientada para a resolução de algum problema.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>29)</b> A educação científica deve valorizar a eficiência e ser orientada para a resolução de algum problema.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>30)</b> Com vistas a otimizar o tempo dedicado ao aprendizado em sala de aula, o ensino de ciências deve focar-se nos resultados das conquistas científicas e não nos processos que levaram a esses resultados.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>