



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS DE ARAGUAÍNA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO ACADÊMICO EM
ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

RICARDO SOUSA SANTOS

**O LABORATÓRIO DE ROBÓTICA DA ESCOLA SESI: UM
AMBIENTE CONSTRUCIONISTA DE APRENDIZAGEM
MATEMÁTICA**

Araguaína/TO
2021

RICARDO SOUSA SANTOS

**O LABORATÓRIO DE ROBÓTICA DA ESCOLA SESI: UM
AMBIENTE CONSTRUCIONISTA DE APRENDIZAGEM
MATEMÁTICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática. Foi avaliada para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática e aprovada em sua forma final pelo orientador e pela Banca Examinadora.

Orientador: Prof^o. Dr. Deive Barbosa Alves

Araguaína/TO
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

- S2371 Santos, Ricardo Sousa.
O Laboratório de Robótica da Escola SESI: um Ambiente Construcionista de Aprendizagem Matemática . / Ricardo Sousa Santos. – Araguaína, TO, 2021.
126 f.
Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Araguaína - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Ensino de Ciências e Matemática, 2021.
Orientador: Deive Barbosa Alves
1. Tecnologias digitais. 2. Robótica Educacional. 3. Construcionismo. 4. Micromundos de Aprendizagem. I. Título

CDD 510

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

FOLHA DE APROVAÇÃO

RICARDO SOUSA SANTOS

O LABORATÓRIO DE ROBÓTICA DA ESCOLA SESI: UM AMBIENTE CONSTRUCIONISTA DE APRENDIZAGEM MATEMÁTICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática. Foi avaliada para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática e aprovada em sua forma final pelo orientador e pela Banca Examinadora.

Data de aprovação: 30 / 04 / 2021

Banca Examinadora



Prof. Dr. Deive Barbosa Alves, PPGecim - UFT
Orientador



Prof.^a Dra. Elisangela Aparecida Pereira de Melo, PPGecim – UFT
Examinadora Interna



Prof. Dr. Fernando da Costa Barbosa, UFCAT
Examinador Externo

Araguaína, 2021

*Dedico este trabalho a minha querida esposa
Iolanda e a meus dois amados filhos João
Paulo e Antonio Emanuel, cada passo adiante
é dedicado à nossa família, AMO VOCÊS!*

*Mas é claro que o sol vai voltar amanhã
Mais uma vez, eu sei
Escuridão já vi pior, de endoidecer gente sã
Espera que o sol já vem
Quem acredita sempre alcança
(Renato Russo/Flavio Venturini)*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pelo dom da vida e pela oportunidade de concretizar este sonho de me tornar mestre, peço-lhe que nenhum nível de conhecimento ou título acadêmico me afaste do trabalho em sua messe, pois “Eu e minha casa serviremos ao Senhor” (Josué 24:15).

Agradeço também a minha esposa Iolanda, pela compreensão, paciência e dedicação a mim e a nossos filhos, pois, durante as noites, finais de semana e madrugadas de estudo, ela é quem cumpria o papel de pai e mãe. Para nós foram dois anos de muita luta, pois no ano de 2019 as viagens para o tratamento de saúde de nosso primogênito nos consumiam, física e mentalmente, a preocupação estava estampada em nossos rostos. No ano de 2020, mais surpresas, quando as crianças precisaram estudar em casa, eu professor de Matemática, não conseguia tempo para ensinar-lhes, mas ela estava lá e o fez muito bem.

Agradeço aos meus pequenos, João Paulo e Antônio Emanuel, que em tudo são minha inspiração, neste trabalho não foi diferente, nossas brincadeiras com os Lego Ninja go, Lego Marvel, Lego Star Wars e tantos outros, me conduziram ao tema de pesquisa e posso afirmar com todas as letras, valeu muito a pena.

Agradeço também a minha mãe Roselice, companheira e amiga, (acho que não preciso falar sobre a educação que recebi na minha formação de caráter), que além de dar suporte com meu filho caçula durante as viagens da minha esposa com o João Paulo, sempre esteve presente em todos os momentos, de minha vida.

Aos meus amigos e irmãos, aqui destaco Dalmir, pois, as fugas do trabalho para participar das aulas, ou quaisquer outras atividades do mestrado sempre foram cobertas por ele, que fique registrado aqui para que eu nunca me esqueça das vezes que trabalhou mais de 30 horas seguidas para me ajudar.

Ainda falando de amigos, quero agradecer aos meus irmãos e amigos, Ana Paula e Glauco, que sempre me incentivaram na busca por este título. Também não posso deixar de mencionar os participantes da pesquisa, especialmente ao colega Ulisses, que sempre que precisei me ajudou prontamente.

Agradeço ao meu orientador Deive, que me conduziu a um crescimento “Qualitativo, que não pode ser mensurado estatisticamente [...] rrsrs”, posso afirmar que hoje tenho outra concepção do ensino e aprendizagem de matemática graças as nossas conversas, orientações e “puxões de orelha”. Lembro também aqui do caro professor Fernando Barbosa, avaliador externo deste trabalho, que com suas contribuições precisas colaborou significativamente com a melhora deste trabalho.

Por fim, agradeço a todo corpo docente do PPGecim, na pessoa da professora Elisangela Melo, que também contribui diretamente com esta construção, sempre atenciosa e disponibilizando diversos materiais (separa o HD externo porque no Pen drive não vai caber [...] rrsrs), dos quais, muitos compõem a lista de referências para este trabalho. Ao corpo docente, nas pessoas de Getúlio, Patrícia e Raimundo, sem as discussões durante as aulas, não seria a mesma coisa, os momentos de divergência me fizeram melhorar em diversos aspectos, obrigado por compartilhar comigo as experiências de vocês.

RESUMO

A constante transformação da sociedade pode ser atribuída a evolução tecnológica digital, da qual a geração atual usufrui das benesses, mas também sofre com o ônus. Este ônus é causado em vertentes distintas, que vão desde a falta de acesso a recursos tecnológicos como a dificuldade em manipulá-los. Ao reconhecer esta dificuldade, defende-se a tese de que, tanto a inclusão tecnológica como o desenvolvimento de habilidades para utilizá-las, deve passar pela Educação Escolar. Neste sentido, o matemático e cientista da computação sul-africano Seymour Papert defende a utilização de recursos tecnológicos digitais como instrumentos potencializadores da aprendizagem, desde a década de 60. Seu trabalho, com o computador e “objetos de pensar com” culminou no desenvolvimento da teoria de aprendizagem denominada Construcionismo, e no nascimento do que se conhece atualmente como Robótica Educacional (RE). Ao observar a RE como um dos principais recursos tecnológicos presente na escola atual, desenvolveu-se esta pesquisa fundamentada na teoria do Construcionismo de Papert com o objetivo de identificar quais as proximidades da Robótica Educacional praticada na escola SESI de Araguaína com o Construcionismo. Com abordagem qualitativa e adotando como método de pesquisa o Estudo de Caso, definiu-se como unidades de análise: O Ambiente Construcionista de Aprendizagem (ACA); A interação Professor-Objetos de Aprendizagem-Estudante construída no ACA, e; A Afetividade suscitada no ACA. A partir da teoria Construcionista identificou-se alguns padrões teóricos: A formulação de Micromundos de Aprendizagem Matemática; Professor orientador autônomo e Estudante protagonista, e; Aprendizagem Afetiva; que foram combinados aos padrões evidenciados nos dados. As evidências apontam para uma proximidade entre teoria e prática, quando considerados estes aspectos, em que se pode constatar a construção de conhecimentos científicos-tecnológicos-matemático com o desenvolvimento das atividades que compreende a construção, programação e apresentação dos robôs. Conclui-se que as atividades de RE em estudo, tem seus pontos de interseção com o Construcionismo e que nestes pontos a aprendizagem acontece de forma, afetiva com o estudante como protagonista da aprendizagem.

Palavras-chaves: Tecnologias Digitais. Robótica Educacional. Construcionismo. Micromundos de Aprendizagem. Ensino de Matemática.

ABSTRACT

The constant transformation of society can be attributed to the digital technological evolution, of which the current generation enjoys the benefits, but also suffers from the burden. This burden is caused by different aspects, ranging from the lack of access to technological resources such as the difficulty in handling them. When recognizing this difficulty, the thesis is defended that, both technological inclusion and the development of skills to use them, must pass through School Education. In this sense, the South African mathematician and computer scientist Seymour Papert has advocated the use of digital technological resources as tools to enhance learning since the 1960s. His work, with the computer and “objects of thinking with”, culminated in the development of learning theory called Constructionism, and at the birth of what is currently known as Educational Robotics (RE). When observing RE as one of the main technological resources present in the current school, this research based on Papert's theory of Constructionism was developed with the objective of identifying which are the proximity of Educational Robotics practiced in the SESI school in Araguaína with Constructionism. With a qualitative approach and adopting the Case Study as a research method, the following units of analysis were defined: The Constructionist Learning Environment (ACA); The Teacher-Learning Objects-Student interaction built at the ACA, and; The Affectivity raised in the ACA. Based on the Constructionist theory, some theoretical patterns were identified: The formulation of Micromonds for Mathematical Learning; Autonomous supervising professor and leading student, and; Affective Learning; which were combined with the patterns evidenced in the data. The evidence points to a proximity between theory and practice, when considering these aspects, in which the construction of scientific-technological-mathematical knowledge can be seen with the development of activities that include the construction, programming and presentation of robots. It is concluded that the RE activities under study, have their points of intersection with Constructionism and that in these points the learning happens in an affective way, with the student as protagonist of the learning.

Key-words: Digital Technologies. Educational Robotics. Constructionism. Learning Micro Worlds. Mathematics teaching.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1: LABORATÓRIO DE RE DA ESCOLA SESI	65
FIGURA 2: COMPOSIÇÃO DO KIT LEGO EV3	68
FIGURA 3: KITS LEGO EV3.....	69
FIGURA 4: VISUALIZAÇÃO DOS CASOS E SUAS UNIDADES DE ANÁLISE	72
FIGURA 5: COMBINAÇÃO DE PADRÃO PARCIAL	78
FIGURA 6: PADRÕES DO REINO TEÓRICO DE SEYMOUR PAPERT	79
FIGURA 7: ORGANIZAÇÃO GERAL DO DEPARTAMENTO REGIONAL DO TOCANTINS.....	81
FIGURA 8: TIPOS DE REDES DE BARAN (1964).....	83
FIGURA 9: AS REDES DOS ESPAÇOS COMUNICACIONAIS LOCAIS DA ESCOLA SESI DE ARAGUAÍNA	84
FIGURA 10: CONCEITOS DE ÂNGULO.....	89
FIGURA 11: INTERAÇÃO PROFESSOR-ESTUDANTE- OBJETOS DE APRENDIZAGEM	103
FIGURA 12: MÉDIA, PROPORÇÃO E ROTAÇÃO NA PROGRAMAÇÃO DO SEGUIDOR DE LINHA	108
FIGURA 13: AFETIVIDADE NO LABORATÓRIO DE RE.....	111

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: <i>CORPUS</i> DA REVISÃO DE LITERATURA	46
QUADRO 2: QUESTÕES DE IDENTIFICAÇÃO DO PADRÃO	72
QUADRO 3: PROPOSIÇÕES DO ESTUDO DE CASO	73
QUADRO 4: CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO - PROFESSOR	74
QUADRO 5: CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO - ESTUDANTES	74
QUADRO 6: PARTICIPANTES DA PESQUISA	75
QUADRO 7: PADRÃO OBSERVADO DO APRENDER FAZENDO	87
QUADRO 8: O ERRO NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM	91
QUADRO 9: O PROFESSOR ENQUANTO ARTICULADOR DO MATERIAL DIDÁTICO DA ROBÓTICA EDUCACIONAL	96
QUADRO 10: PROFESSOR COMO ORIENTADOR AUTÔNOMO	98
QUADRO 11: O PAPEL DO ESTUDANTE	100
QUADRO 12: INTERAÇÃO PROFESSOR-ESTUDANTE- OBJETOS DE APRENDIZAGEM: O PLANEJAMENTO	103
QUADRO 13: GOSTAR DE ROBÓTICA	112
QUADRO 14: AFETIVIDADE NA RELAÇÃO PROFESSOR-ESTUDANTE	114
QUADRO 15: SATISFAÇÃO COM OS RESULTADOS	117

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EE	Educação Escolar
RE	Robótica Educacional
OBR	Olimpiada Brasileira de Robótica
SESI	Serviço Social da Indústria
ACA	Ambiente Construcionista de Aprendizagem
MIT	Massachussetts Institute of Tecnology
ZDP	Zona de Desenvolvimento Proximal
3D	Três dimensões
CTD	Catalogo de Teses e Dissertações
Capes	Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
IES	Instituição de Ensino Superior
UEPB	Universidade Estadual da Paraíba
UFOPA	Universidade Federal do Oeste do Pará
TA	Teoria da Atividade
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação
EM	Educação Matemática
EF	Ensino Fundamental
EM	Ensino Médio
CEP	Comitê de Ética e Pesquisa
DICOMM	Diretoria de Comunicação Marketing e Mercado
DIREC	Diretoria Corporativa
UCI	Unidade de Comunicação Institucional
UNIMARKETING	Unidade de Marketing
UNIMERCADO	Unidade de Mercado
UNICON	Unidade Corporativa de Contabilidade
UNIFIN	Unidade Corporativa Financeira
UNIAD	Unidade Corporativa Administrativa
UNIJUR	Unidade Jurídica
UNIGEP	Unidade Corporativa de Gestão de Pessoas
UNITI	Unidade Corporativa de Tecnologia da Informação
AGE	Assessoria de Gestão da Estratégia
UNIPLAN	Unidade de Planejamento, Orçamento e Gestão
UNEX	Unidade Executiva de Negócio
PPGecim	Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática

Sumário

1	INTRODUÇÃO	19
2	O CONSTRUCIONISMO DE SEYMOUR PAPERT E A ROBÓTICA EDUCACIONAL	24
2.1	O CONSTRUCIONISMO DE SEYMOUR PAPERT	24
2.2	O INSTRUCIONISMO E O CONSTRUCIONISMO	32
2.3	O CONSTRUCIONISMO E A ROBÓTICA EDUCACIONAL	38
3	DA REVISÃO DE LITERATURA – OS CENÁRIOS DA ROBÓTICA EDUCACIONAL	44
3.1	A FORMAÇÃO DO <i>CORPUS</i> PARA A REVISÃO	45
3.2	DA LEITURA DO MATERIAL SELECIONADO	47
3.3	OS CENÁRIOS DA ROBÓTICA EDUCACIONAL NAS REGIÕES EM ESTUDO.....	48
3.4	CONTRIBUIÇÃO PARA A PESQUISA	57
4	DOS PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	59
4.1	ABORDAGEM	60
4.2	O MÉTODO DE ESTUDO DE CASOS	62
4.3	OS INSTRUMENTOS PARA PRODUÇÃO DOS DADOS.....	63
4.3.1	<i>Produção de documentos</i>	64
4.3.2	<i>Observação direta</i>	64
4.3.3	<i>Entrevistas</i>	66
4.4	O PROCEDIMENTO PARA A ANÁLISE DE DADOS.....	67
4.5	APRESENTAÇÃO DO CASO ESTUDADO: ROBÓTICA EDUCACIONAL DA ESCOLA SESI	67
4.5.1	<i>Enquadramento ao Método de Estudo de Caso</i>	70
4.5.2	<i>Critérios de Seleção dos Participantes</i>	73
4.6	ASPECTOS ÉTICOS DA PESQUISA.....	75
5	ANÁLISE DE DADOS.....	77
5.1	O AMBIENTE CONSTRUCIONISTA DE APRENDIZAGEM (ACA)	80
5.1.1	<i>Objetos de Aprendizagem: a aprendizagem por meio da interação prática</i>	86

5.1.2	<i>O erro como articulador de novos saberes</i>	90
5.2	A INTERAÇÃO PROFESSOR – OBJETOS DE APRENDIZAGEM - ESTUDANTE CONSTRUÍDA NO ACA	94
5.2.1	<i>O Papel do professor no ACA</i>	94
5.2.2	<i>O Papel do Estudante no ACA</i>	100
5.2.3	<i>A Interação Professor-Objetos de Aprendizagem- Estudante construída no ACA</i>	102
5.3	AFETIVIDADE SUSCITADA NO ACA	109
5.3.1	<i>Primeiro estágio afetivo no ACA: gostar de robótica</i>	111
5.3.2	<i>Segundo estágio afetivo no ACA: afetividade na relação professor estudante</i>	114
5.3.3	<i>Terceiro estágio afetivo no ACA: a satisfação com o desempenho do robô</i>	117
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	120
7	REFERÊNCIAS	124

1 INTRODUÇÃO

A necessidade de se aprender lidar com recursos tecnológicos digitais transcende a mera busca por uma profissão, pois, assim como a leitura e a escrita, a tecnologia digital está presente nos mais diversos contextos da sociedade e seu domínio se torna cada vez mais necessário. Basta olhar ao redor para reconhecer alguns destes instrumentos que contribuem com o desenrolar das atividades cotidianas, portanto, a inclusão tecnológica passa a ser uma necessidade cada vez mais evidente.

É notório que a sociedade como um todo vem se transformando em uma velocidade sem precedentes, neste sentido, Amiel; Amaral (2013, p. 3) afirmam que “Diante das transformações tecnológicas do nosso tempo e da ubiquidade de novas mídias, o desenvolvimento de competências e habilidades nesta área é visto como primordial”. Pode-se afirmar que é a tecnologia que move a sociedade e a faz avançar, seja nos meios de comunicação, transporte, saúde ou produção de alimentos. No entanto, é necessário reconhecer que a tecnologia digital que inclui, aproxima e contribui com o desenvolvimento é também a mesma que exclui certos grupos da sociedade. Nesta perspectiva, Santos (2019, p. 19) afirma que “não é raro nos depararmos com a justificativa de que estamos vivendo em plena era tecnológica, ou que a nossa é uma civilização tecnológica”, como forma de generalização do acesso e utilização dos recursos tecnológicos.

Entretanto, o referido autor lembra que “as condições de acesso e de utilização variam drasticamente de um país para outro, de uma região para outra” (SANTOS, 2019, p. 19-20), isso evidencia a fragilidade do argumento da “civilização tecnológica”. Reconhecendo-se a necessidade da integração tecnológica, principalmente no contexto brasileiro, acredita-se que esta pode acontecer por meio da Educação Escolar (EE), pois, segundo a Constituição Federal (1988) em seu Artigo 205 “A educação, direito de todos e dever do Estado e da família, será promovida e incentivada com a colaboração da sociedade, visando ao **pleno desenvolvimento da pessoa**, seu preparo para o **exercício da cidadania** e sua **qualificação para o trabalho**” (BRASIL, 1988, grifo nosso).

Diante disso, observando os objetivos da EE – em destaque -, segundo nossa Constituição Federal (1988), e ao considerar o cenário em que nos encontramos - a depender de recurso tecnológicos para desenvolver, da tarefa mais simples à mais complexa - assim

como a leitura e a escrita, o processo de fluência tecnológica¹ deve passar pela EE, deste modo enxerga-se a escola como um poderoso canal de integração, principalmente das camadas da sociedade em que se tem pouco acesso a estas ferramentas.

A escola atual, mesmo que lentamente, vive um momento de incorporação da tecnologia digital, fato que pode ser utilizado como catalisador da aprendizagem, uma vez que os estudantes da atualidade são definidos por Prensky (2001) como “nativos digitais²”, ou seja, estando em seu ambiente natural ou nativo, o desenvolvimento e o interesse pelas aulas, principalmente de Matemática, pode ser motivado espontaneamente.

Neste sentido, algumas ações que buscam explorar esta oportunidade podem ser notadas. Nota-se como iniciativa que reconhece e busca suprir esta carência do sistema educacional brasileiro, o fato de que nos anos de 2013 a 2017 houve um crescente número de programas de aperfeiçoamento docente se estabelecendo no Brasil, alguns buscam constituir um vínculo entre: as tecnologias digitais, o despertar do interesse de estudantes para com as metodologias de ensino e o pensar (CAPES, 2017).

Dentre os modos de inserção das tecnologias nas escolas destacamos a Robótica Educacional – RE, que segundo Silva (2019, p. 13) “é atualmente uma das principais e mais relevantes vertentes no que se refere ao uso de tecnologias em ambientes de aprendizagem”, porém esta é uma área que, somente a partir do ano 2002 tem ganhado força no Brasil (BARBOSA et al. 2018).

O fato da RE ser uma área que atualmente está em destaque no processo de ensino e de aprendizagem expõe vários fatores que precisam ser aprimorados, mas este é um problema complexo, que envolve diversos aspectos. Pode-se elencar alguns destes aspectos: a formação inicial de professores para lidar com a RE; a implementação de espaços adequados para desenvolvimentos das atividades; aproximação com teorias que possibilitem a melhor compreensão da influência da RE na aprendizagem, dentre outros.

Neste sentido diversas publicações confirmam o poder da RE como ferramenta que provoca o despertar dos estudantes (OLIVEIRA, 2015; ARAÚJO, 2015; OLIVEIRA, 2017;

¹Fluência tecnológica: expressão referente às tecnologias que equivale a alfabetização. “Pessoas fluentes em tecnologia da informação conseguem se expressar criativamente, reformular o conhecimento e sintetizar novas informações” (AMIÉL; AMARAL, 2013 p. 3).

²Nativos digitais: denominação cunhada por Prensky (2001, p. 1) ao afirmar que “Nossos estudantes de hoje são todos ‘falantes nativos’ da linguagem digital dos computadores, vídeo games e internet”.

GALVÃO, 2018; TOLEDO, 2018), principalmente para a aprendizagem de Ciências e Matemática, pois as atividades desenvolvidas nesta perspectiva, se distanciam do método tradicional³ de ensino e os estudantes acabam sendo motivados pelas novas metodologias de ensino, entretanto, o caminho da RE como ferramenta metodológica ainda vem sendo construído.

Porém, constata-se a partir do trabalho de Barbosa et al. (2018) que a região norte do país apresenta um déficit considerável, quando comparada às demais. De forma geral, os trabalhos publicados nos últimos 16 anos, destacam que “a produção de pesquisa em Robótica Educacional no país teve uma grande concentração na região sudeste”, (BARBOSA et al. 2018, p. 348). Esses autores encontraram apenas um trabalho no norte do país, isso denota a escassez de pesquisa dessa área nesta região.

Todavia, como evidencia Toledo (2018) há na região norte do país cenários de atividades de Robótica Educacional não explorada, pois a Escola SESI de Araguaína foi a melhor instituição de ensino dentre 50 outras, consagrando-se campeã da etapa nacional da Olimpíada Brasileira de Robótica - OBR 2018 (TOLEDO, 2018). Esse fato nos permite vislumbrar que nessa região, em especial na cidade de Araguaína, localizada ao Norte do estado de Tocantins, encontra-se contexto favorável ao desenvolvimento de pesquisa sobre o tema.

Assim, justifica-se e necessita-se, com urgência, de pesquisa na área de Robótica Educacional, com destaque na e para a região Norte, que incentive a criação de grupos de estudo sobre o tema e que observe os efeitos dos trabalhos já desenvolvidos na área. Pesquisas locais na área de Robótica Educacional tem, ainda, o potencial de colaborar com a formação de docentes dos cursos de Licenciatura em Ciências e Matemática configurando-se como mais uma linha de trabalho e ferramenta de difusão de conhecimento. Desse contexto, nosso trabalho tem como objetivo geral: Identificar a relação de proximidade da Robótica Educacional da Escola SESI com o Construcionismo de Seymour Papert. A partir dessa construção passamos a compreender como objetivos específicos:

Compreender a teoria de Seymour Papert, no que tange a RE;

Compreender os cenários da RE nas produções acadêmicas;

³Entende-se como método tradicional de ensino de matemática aquele que predominantemente adota o ciclo conceitos-exemplos-exercícios e tem o professor como centro do processo e detentor do saber, enquanto o estudante é o sujeito passivo no processo de aprendizagem.

Identificar micromundos de aprendizagem Matemática nas atividades no laboratório da escola Sesi;

Construir e percorrer os "caminhos" para Identificar a relação de proximidade da Robótica Educacional da Escola SESI (Serviço Social da Indústria) com o Construcionismo de Seymour Papert;

Analisar as produções dos participantes da pesquisa.

Acredita-se que ao alcançar os objetivos específicos, que consiste em buscar evidências que podem coincidir ou não com o padrão estabelecido pela teoria que fundamenta a pesquisa poder-se-á alcançar o objetivo geral, logo, responder à questão de pesquisa.

Sabe-se que o desafio a ser superado é imenso, então é necessário ter consciência de que os avanços na área da Educação Escolar acontecem gradativamente, deste modo buscamos com este trabalho trazer contribuição para esta construção, logo um caminho que acreditamos ser favorável é a compreensão do processo de aprendizagem que vem ocorrendo durante atividades de RE em um contexto real, o que possibilitaria a identificação do vínculo entre teoria e prática, portanto definiu-se a questão de pesquisa: *Como a Robótica Educacional, da Escola SESI de Araguaína, se aproxima do Construcionismo de Seymour Papert?*

Para responder tal indagação e, conseqüentemente, alcançar o objetivo proposto, este trabalho está organizado em sete capítulos, sendo este o primeiro, onde apresenta-se a urgência de estudar a RE em nosso estado, trouxemos, ainda, os objetivos e problematização da investigação.

O segundo capítulo compõe a fundamentação teórica, onde descreve-se a teoria do Construcionismo a partir dos escritos de Seymour Papert e outros autores que contribuem com o entendimento da teoria. Nesta descrição buscou evidenciar fatores que pudessem ser observados em atividades de RE, tendo como destaque: A formulação de Ambiente Construcionista de Aprendizagem (ACA) a partir de micromundos; o papel do professor e do estudante no ACA; a Afetividade no processo de ensino e aprendizagem. Todavia, também pode-se observar outros aspectos construcionistas explorados nas atividades pesquisadas.

A revisão de literatura encontra-se no terceiro capítulo. Neste percorre-se os trabalhos publicados nas regiões Norte e Nordeste do Brasil nos últimos 5 anos descrevendo as perspectivas em que são desenvolvidas as pesquisas, no sentido de aplicação da RE e embasamento teórico. A partir disto identificou-se o cenário destas publicações, o que nos possibilitou encontrar o nicho onde desenvolveu-se a pesquisa.

No quarto capítulo descreve-se o percurso metodológico, apresentando a abordagem utilizada, o método de Estudo de Caso, empregado na pesquisa, e seus instrumentos de

produção de dados, e o apontamento da estratégia de análise das evidências. Finalizando o capítulo fez-se uma apresentação do caso estudado, suas unidades de análise com as respectivas hipóteses e questões de definição do padrão a ser observado.

O quinto capítulo traz a análise dos dados em três seções, sendo que, em cada uma delas exploramos as unidades de análise do estudo de caso. Na primeira seção analisamos o Laboratório de Robótica da Escola SESI como Ambiente Construcionista de Aprendizagem, no contexto escolar; a segunda seção apresenta A interação Professor-Estudante-Objetos de aprendizagem a partir dos papéis por eles desenvolvidos no ACA; na terceira e última seção faz-se análise da Afetividade suscitada no ACA. A descrição é feita a com a combinação dos padrões descritos na fundamentação teórica e dos padrões observáveis, conforme estabelecido na técnica de análise adotada.

Por fim, no sexto capítulo, expõe-se as considerações finais onde retomou-se a questão de pesquisa e os objetivos, dando destaque ao objetivo geral que nos possibilitou uma aproximação a resposta da questão de pesquisa trazendo uma melhor compreensão da RE da escola SESI, vista à luz do Construcionismo de Seymour Papert e a contribuição da robótica na formação do cidadão fluente tecnologicamente. No sétimo capítulo apresentamos as referências utilizadas nesta construção.

2 O CONSTRUCIONISMO DE SEYMOUR PAPERT E A ROBÓTICA EDUCACIONAL

Neste capítulo apresenta-se a teoria de aprendizagem que constitui o pressuposto teórico deste trabalho. Em nossa descrição buscamos construir uma sequência que corrobore com o entendimento da teoria, para posteriormente extrair das falas do próprio Papert e de alguns autores como José Armando Valente (1998), Vinicius Maltempi (2004), Sylvia Libow Martinez e Gary Stager (2013), Ana Paula Giacomassi Luciano (2017), Celia Hoyles (2012) dentre outros, o que enxergamos como: definições dos micromundos de aprendizagem, papel do professor e do estudante no Ambiente Construcionista de Aprendizagem, Afetividade no processo de ensino e aprendizagem além de outros aspectos da teoria que podem ser explorados em laboratório de RE.

Por fim, na última seção do capítulo, apresentamos a aspectos que compreendemos corroborar com a vinculação entre a Robótica Educacional e o Construcionismo, buscando esclarecer a relação entre esta área que se encontra em ascensão nos últimos anos e a teoria de aprendizagem que acreditamos favorecer o processo de ensino e de aprendizagem, não só de Ciências e Matemática como de outros temas.

2.1 O Construcionismo de Seymour Papert

Nascido em 28 de março de 1928 na cidade de Pretória na África do Sul, Seymour Papert (1928 – 2016) deu início a carreira acadêmica na University of the Witwatersrand, em Johannesburgo, também na África do Sul, onde segundo Raabe; Zorzo; Blikstein (2020) obteve o título de bacharel em Filosofia no ano de 1949. Pela mesma universidade tornou-se Ph.D. em matemática em 1952, o que indicaria uma mudança em sua área de atuação, confirmada com a conclusão do seu segundo Ph.D. agora com pesquisa na área de inteligência artificial na University of Cambridge, Inglaterra (RAABE; ZORZO; BLIKSTEIN, 2020).

Entre os anos de 1958 e 1963 Papert trabalhou com Jean Piaget (1896 – 1980) em Genebra - Suíça, neste período buscava-se compreender o pensamento matemático de crianças (RAABE; ZORZO; BLIKSTEIN, 2020; MARTINEZ; STAGER, 2013). Então, no ano de 1964 migrou para os Estados Unidos, para atuar como pesquisador associado no laboratório de inteligência artificial do Massachusetts Institute of Technology – (MIT), convidado pelo também Ph.D. em matemática Marvin Minsky e um dos principais nomes da área de inteligência artificial (RAABE; ZORZO; BLIKSTEIN, 2020). Adquirida alguma experiência, a partir da

chegada no MIT começaram as produções que contribuíram para formulação de sua teoria de aprendizagem.

Após breve apresentação do idealizador do Construcionismo, iniciamos a discussão reconhecendo que atualmente é fácil observar o desenvolvimento da Ciência pelo mundo, principalmente no âmbito tecnológico, estes avanços, potencializados nos últimos anos, têm possibilitado melhorias em diversas áreas, inclusive na área educacional.

Estudiosos do mundo inteiro buscam o aperfeiçoamento de teorias e métodos de ensino, para um melhor aproveitamento da aprendizagem, porém as dificuldades inerentes a este tema ainda são evidentes não só no Brasil, mas também em nações que apresentam melhor desenvolvimento científico e tecnológico assim como em diversas áreas. Papert (1988, 1994), ainda na década de 1960, já dedicava seu trabalho à busca da inserção de novas tecnologias no ambiente de aprendizagem, pois via nelas um grande potencial para estimular a cognição.

Neste sentido, Papert (1994, p. 5) afirma que “a abrupta quantidade de aprendizagem que está ocorrendo no mundo já é muitas vezes maior do que no passado”, e ainda chama a atenção para o fato de que as mudanças fizeram com que as pessoas ocupem empregos que nem mesmo existia quando nasceram. Isso nos mostra a velocidade com que a evolução tecnológica impacta a sociedade e nos põe em alerta quando se diz respeito ao “o que” e “como” se ensina os aprendizes da atualidade.

Sem ignorar o ano de publicação do texto referenciado acima, o que denota uma percepção prematura da importância dos meios tecnológicos na sociedade, podemos realocar esta ideia ao nosso contexto, onde o salto tecnológico acontece em uma frequência que nem mesmo podemos perceber ou acompanhar. Logo, a partir desta percepção reconhecemos como uma das exigências da atualidade: capacidade de aprender novas coisas.

Como um visionário Papert (1994) aponta para uma importante habilidade que será muito útil - para ele no futuro, para os estudantes, crianças e/ou jovens da atualidade, o presente - em suas palavras:

A habilidade mais importante na determinação do padrão de vida de uma pessoa já se tornou a capacidade de aprender novas habilidades, de assimilar novos conceitos, de avaliar novas situações, de lidar com o inesperado. Isso será crescentemente verdadeiro no futuro: a habilidade competitiva será a habilidade de aprender (PAPERT, 1994, p. 5).

Assim, Papert (1994) atribui à revolução tecnológica a necessidade de aprender melhor mas, por outro lado, afirma que a tecnologia também oferece meios para que ações eficazes relacionadas a aprendizagem sejam adotadas. Nesta perspectiva, aponta que “As tecnologias de informação, desde a televisão até os computadores e todas suas combinações abrem

oportunidades sem precedentes para a ação a fim de melhorar a qualidade do ambiente de aprendizagem”, o autor enfatiza que estas ações contribuem com a aprendizagem, tanto no trabalho, como na escola e até nos brinquedos (PAPERT, 1994, p. 6).

Concentrando nossa atenção na aprendizagem escolar, é comum encontramos ao redor do mundo as teorias de Jean Piaget (1896 – 1980) – Construtivismo - e de Lev Vygotsky (1896 – 1934) – Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) - sendo empregadas em diversos métodos de ensino e de aprendizagem, inclusive na RE, com o objetivo de alcançar resultados positivos em relação ao tema. Neste sentido, Santos; Costa; Alves (2020, p. 253) afirmam que “com menor notoriedade, mas bastante sólida, temos a teoria do Construcionismo”, formulada por Seymour Papert que se dedicou à compreensão do pensamento objetivando contribuir com o entendimento das formas de aprendizagem de crianças, logo, seu trabalho resultou na teoria de aprendizagem que estamos a descrever.

Sendo sua preocupação central a aprendizagem, Papert (1994) tece seu pensamento e organiza suas ideias a partir de suas experiências pessoais de aprendizagem, com base na teoria do Construtivismo desenvolvida pelo psicólogo e epistemólogo suíço Jean Piaget (1896 – 1980). Podemos também observar uma relação com a ZDP de Vygotsky, que afirma que a aprendizagem acontece da interação com o mundo, necessitando de um instrumento mediador (GALVÃO, 2018).

Em seu trajeto para a formulação da teoria, Papert (1994) utilizou-se de algumas situações vividas, que foram acumuladas desde seus primeiros anos de vida, experiências nas escolas onde estudou, passando pelo tempo que trabalhou com Piaget, até suas atividades no MIT, onde, segundo Martinez; Stager (2013) iniciou seus trabalhos com o computador.

A experiência marcante que trouxe contribuição para a formulação da teoria de aprendizagem de Papert, foi a que teve com engrenagens. Em prefácio do livro *Mindstorms: Children, Computer and Powerfull Ideas*, publicado na década de 80, e traduzido por José Armando Valente, em 1988, com o título *LOGO: computadores e educação*, ele fala dessa experiência e enfatiza a importância dela em sua vida acadêmica, mesmo sendo este primeiro contato em seus primeiros anos vida.

Logo aos dois anos de idade Seymour Papert (1988) se interessava bastante por automóveis, o que o fez conhecer e adquirir o hábito de brincar com engrenagens, então passou a estabelecer um *link* entre o funcionamento das engrenagens e a Matemática ensinada na escola. Isso fez com que as equações, que para muitos eram difíceis, para ele se tornasse mais compreensíveis, o que poderia propiciar um aprendizado com maior facilidade. Nas palavras de Papert, “imaginando quantos dentes cada uma delas (engrenagens) necessitava, a equação

se tornava um ser mais amigável” (PAPERT, 1988, p. 12), neste excerto o autor evidencia um dos pontos que se apoia na fundamentação do Construcionismo, a conexão com a “coleção de modelos”, que será descrita mais adiante.

Neste sentido, Papert escreve sobre algumas percepções que influenciaram no desenvolvimento da teoria:

No decorrer desse processo, me defrontei várias vezes com muitos aspectos de meu encontro com as engrenagens do diferencial: primeiro, eu me lembro que ninguém me pediu para estudar as engrenagens; segundo, lembro que havia sentimento, amor, além de compreensão, no meu relacionamento com as engrenagens; terceiro, meu primeiro contato com elas se deu em meu segundo ano de vida (PAPERT, 1988, p. 13).

Deste fragmento extraímos algumas ideias que podem contribuir para nossa compreensão da teoria do Construcionismo: Primeiro, para aprender sobre o funcionamento das engrenagens Papert não precisou ser ensinado, logo podemos inferir que o ato de aprender pode ser independente do ato de ser ensinado; Segundo, a presença da Afetividade que motiva a busca pelo conhecimento, fazendo com que o aprendiz identifique pequenos ambientes de aprendizagem e assuma o protagonismo em seu aprendizado; Terceiro, um dado ou informação constante na memória, ao que o autor chama de “coleção de modelos”, pode ser acionado para que ocorresse aprendizagem, e esta informação veio de sua experiência com as engrenagens.

Vamos agora discorrer sobre estes três aspectos, que para Papert (1988, 1994) contribuem com o processo de aprendizagem. Entendemos estes como os pontos principais da teoria Construcionista e acreditamos que são vinculados não podendo ser dissociados, porém trataremos uma explanação buscando evidenciar cada um destes aspectos - Aprender com o mínimo de ensino; Afetividade no processo de aprendizagem, e; Conexão com os modelos advindos da experiência – para melhor entendimento.

Da primeira constatação supracitada, Papert afirma que a partir de uma brincadeira, com algo que não necessariamente seria um brinquedo, ele passou a aprender algo do seu interesse, sem que precisasse ser ensinado. Neste aspecto da teoria é relevante frisar que não se trata de deixar que estudante busque o conhecimento que quiser a qualquer tempo. A proposta, segundo a teoria de Papert, não extingue a instrução ou o ensino, “a meta é ensinar de forma a produzir a maior aprendizagem a partir do mínimo de ensino” (PAPERT, 1994, p. 125).

Nesta perspectiva começamos a visualizar a necessidade de uma mudança de postura, tanto do professor como do estudante que estejam inseridos em um Ambiente Construcionista de Aprendizagem. Este tópico será tratado mais adiante, onde pontuaremos algumas posturas que acreditamos estar próximas às destes agentes no ACA.

No segundo trecho, onde Papert insere a Afetividade no processo de aprendizagem, os escritos de Matinez; Stager (2013) denotam que, o contato com engrenagens de automóveis foi responsável pela percepção de Papert que se podia aprender: com sentimento, prazer e amor. O afeto é o elemento que Papert afirma sentir falta na teoria de Piaget, “Ele praticamente só fala sobre os aspectos cognitivos da assimilação, sem levar em conta o componente afetivo” (PAPERT, 1988, p. 12). Não que a aprendizagem só aconteça com, mas, se algo tem um valor afetivo, o ato de aprender se torna mais fácil, atrativo e prazeroso.

Neste sentido Papert (1988, p. 14) expõe sua paixão pelas engrenagens que o fizeram aprender a Matemática escolar ao estabelecer a conexão com sua coleção e modelos “eu me apaixonei pelas engrenagens. Isso é algo que não pode ser reduzido a termos meramente cognitivos”. Assim, segundo o Construcionismo, se confirma a presença da Afetividade, no processo de ensino e aprendizagem e ainda nos aproxima da terceira constatação destacada anteriormente, a “coleção de modelos”.

A “coleção de modelos”, por sua vez, é composta pelo conhecimento empírico, que o indivíduo é capaz de recorrer, conhecimento este acumulado em experiências passadas, podendo dar novos sentidos e significados às coisas que acabara de conhecer. Papert (1988) afirma que, ao ler a obra de Piaget, volta à experiência de sua infância e nota que, ao estabelecer relação entre suas brincadeiras com engrenagens e a Matemática da escola ajudou a compreender a noção de assimilação proposta por Piaget. Ao descobrir que alguns adultos não entendiam ou se importavam com a “magia” das engrenagens, se perguntava: “como poderia algo ser tão simples para mim e incompreensível para outras pessoas?” (PAPERT, 1988, p. 13).

Uma possível resposta ao autoquestionamento de Papert seria a diferença dos dados constantes na “coleção de modelos”, pois cada indivíduo viveu suas próprias experiências e, da mesma situação ou problema pode haver ligações a dados específicos e individuais, a depender destas experiências. O aprendiz precisa estabelecer um *link* entre a situação e suas experiências. A simplificação da questão depende da ligação entre o problema e os modelos, assim Papert expõe que “qualquer coisa é simples se a pessoa consegue incorporá-la ao seu arsenal de modelos; caso contrário tudo pode ser extremamente difícil” (PAPERT, 1988, p. 13).

O autor (1988, p. 14) afirma que “Uma Montessori⁴ dos dias atuais poderia propor, se convencida pela minha história, a criação de um conjunto de engrenagens para crianças”, porém deixa claro que tal proposição não condiz com a essência de sua história, pois acredita-se que a aprendizagem é individual e o contexto em que o estudante encontra-se vai causar influência em sua aprendizagem.

Tratando das experiências vividas pelos estudantes e levando-se em consideração os aspectos sociais de uma turma, onde mesmo os estudantes de uma escola pública podem habitar em realidades muito distantes, podemos inferir que cada indivíduo vive experiências distintas, de acordo com a realidade em que está inserido, logo sua “coleção de modelos” é individual, por isso se fez necessário uma ferramenta que pudesse se adaptar à realidade de cada aprendiz.

Considerando que alguns estudantes, de uma instituição de ensino pública ou privada frequentam ambientes mais uniformes, não se pode afirmar, que todas as crianças sentirão a mesma paixão que Papert pelas engrenagens, ou outro instrumento. Tendo consciência disto o autor afirma que em sua paixão pelas engrenagens “alguma coisa muito especial aconteceu e não se deve presumir que a experiência se repetiria com outras crianças exatamente da mesma forma” (PAPERT, 1988, p. 14).

Isso nos remete a uma aprendizagem muito particular, cada aprendiz traz consigo suas próprias experiências, o que impossibilita a generalização da ideia de um “kit de engrenagens”, pois a ideia defendida por Papert é que cada criança deve buscar sua forma de resolver problemas, e aprender com a resolução.

Com a impossibilidade de um *kit* que pudesse contemplar a imensurável heterogeneidade dos estudantes Papert (1988, p. 14) crava:

Minha tese pode ser resumida assim: o que as engrenagens não conseguem fazer o computador consegue. Ele é o Proteu das máquinas. Sua essência é sua universalidade, seu poder de simulação. Por poder assumir milhares de formas e servir a milhares de finalidades, pode atrair milhares de gostos.

Deste modo vemos Papert como um visionário ousado que, segundo Martinez; Stager (2013, p. 14) “numa época em que poucos adultos tinham visto um computador, Papert

⁴Maria Montessori (1870-1952) foi a primeira médica italiana que também se destacou no campo pedagógico. Seu método de ensino parte do concreto para o abstrato o que acarretou no desenvolvimento dos primeiros materiais concretos para a aprendizagem voltado para crianças (FERRARI, 2008).

procurava fazê-los para as crianças”. Esta proposta de utilização do computador na educação com as ideias de aprendizagem defendidas por Papert iniciaram a constituição do que chamamos de Ambiente Construcionista de Aprendizagem.

Sendo utilizado em uma perspectiva de estudante ativo que constrói o conhecimento, o computador seria manipulado pelo estudante que ao desenvolver atividade estimulada pelo professor, percorre um caminho que possibilita o exercício do pensamento em como resolver os problemas que emergem no percurso de desenvolvimento da atividade.

A partir deste ponto podemos notar mais um argumento que incrementa a teoria de Papert, para o autor a aprendizagem ocorre se o aprendiz se dispõe a fazer/construir algo. Neste sentido Papert (1994, p. 127), afirma que

Um dos meus princípios matéticos⁵ centrais é que a construção que ocorre “na cabeça” com frequência ocorre de modo especialmente venturoso quando é apoiada pela construção de um tipo mais público “no mundo” – um castelo de areia ou uma torta, uma casa Lego ou uma empresa, um programa de computador, um poema ou uma teoria do universo.

Portanto o autor defende que a construção de algo concreto, seja um castelo de areia ou um texto, corrobora com a aprendizagem, funcionando como apoio ao processo de cognição. Neste sentido Hoyles (2012) afirma que por meio do Construcionismo busca-se a construção do conhecimento no âmbito cognitivo amparado de estruturas físicas ou virtuais externos à mente.

Posteriormente a teoria de aprendizagem desenhada por Seymour Papert foi sendo incrementada, então apresentamos a visão de alguns autores que descrevem o Construcionismo de Papert.

Segundo Maltempi (2004, p. 265) o Construcionismo é “[...] tanto teoria de aprendizado quanto uma estratégia para a educação” onde as estruturas mentais são (re)construídas de forma ativa, sendo necessário que o aprendiz ponha a “mão na massa” e desenvolva seu projeto, o que culminará na aprendizagem no decorrer deste processo.

Matinez; Stager (2013, p. 27) definem que “O Construcionismo é uma teoria de aprendizagem – uma postura sobre como você acredita que a aprendizagem ocorre. Não é um

⁵Termo cravado por Papert (1994) que faz referência a “arte de aprender”, o que a palavra *Pedagogia* é para o ensino a *Matética* é para a aprendizagem.

currículo ou um conjunto de regras”. Observamos que o Construcionismo pode ser dinâmico e constituído de diferentes formas a depender dos materiais disponíveis, não estando limitado ao uso do computador.

Entende-se que o Construcionismo busca contribuir com o processo de ensino e aprendizagem, prestando suporte àqueles docentes que tem o desejo de ir além do método tradicional de ensino. Em nossa compreensão a teoria de Papert (1988, 1994) pode ser aplicada para aprendizagem não só de Matemática, mas de outras disciplinas que possibilitem a manipulação de algum tipo de material pelo aprendiz.

Vale ressaltar que, toda teoria é passível de críticas, deste modo trazemos também uma das mais comuns à teoria de Papert (1988, 1994), onde se chega a afirmar que ele apenas reescreveu a teoria de Piaget, como é o caso de Mota (2014, p. 102) “Para Papert não há transmissão de conhecimento, mas há construção de novos sentidos e significados. Piaget já tinha suposto isso dentro dos processos de assimilação e acomodação”. Porém, segundo Matinez; Stager (2013, p. 27), mesmo com algumas características em comum o Construcionismo de Papert, “leva a teoria construtivista de Piaget um passo adiante, em direção à ação”.

Corroborado com esta ideia Valente (1998) aponta que no Construcionismo de Papert existem duas ideias que contribuem para que o tipo de construção do conhecimento proposto em sua teoria seja diferente daquela proposta por Piaget. Segundo Valente:

Primeiro, o aprendiz constrói alguma coisa, ou seja, é o aprendizado através do fazer, do colocar a “mão na massa”. Segundo, o fato de o aprendiz está construindo algo de seu interesse e para o qual ele está bastante motivado. O envolvimento afetivo torna a aprendizagem mais significativa. (VALENTE, 1998, p. 40).

Enxerga-se que as contribuições destes autores apontam para diferenças significativas entre o Construcionismo de o Construtivismo, portanto, acarretando em um processo de ensino e aprendizagem em perspectivas distintas, mesmo com alguns pontos de intersecção. Em relação ao método tradicional de ensino o Construcionismo também tem suas divergências.

Para Luciano (2017, p. 28) “o Construcionismo vem ao encontro da insatisfação e o descontentamento pelo ensino tradicional, e apresenta uma mudança no paradigma atual de ensino”. Neste sentido, Martinez; Stager (2013, p. 14) afirmam que o próprio Papert desde a década de 70 vem sendo crítico a forma de utilização da tecnologia na educação: “a frase ‘tecnologia e educação’ geralmente significa inventar novos *gadgets* (aparelhos) para ensinar as mesmas coisas antigas em uma versão mal disfarçada do mesmo jeito antigo”. Em muitos casos o computador é utilizado para projeção das informações que devem ser transmitidas aos

estudantes, poupando o professor da escrita na lousa, ou da explicação sobre o conteúdo, que em alguns casos termina por ser transmitida em vídeos. No entanto, o docente continua sendo o detentor do saber que será depositado na mente do estudante.

Esta crítica constitui um tema extenso, muito discutido por Papert em diversas ocasiões, inclusive em encontro com o escritor brasileiro Paulo Freire (1921 – 1997), que pode ser acessado na plataforma online *Youtube.com*. Neste diálogo, tema da tese de doutorado que foi amplamente discutido por Campos (2008), os dois estudiosos se posicionam acerca das práticas educativas e as tecnologias.

Conhecidos os preceitos da teoria de aprendizagem de Seymour Papert, apresentamos na próxima seção algumas ideias do autor relacionadas aos atos de ensinar e aprender, para posteriormente apresentar alguns aspectos que acreditamos contribuir com a formação de um Ambiente Construcionista de Aprendizagem vinculado à Robótica Educacional.

2.2 O Instrucionismo e o Construcionismo

Esta seção é dedicada a apresentação do pensamento de Papert sobre ensinar e aprender, onde fazemos uma descrição a partir de falas do autor que evidenciam seu posicionamento quanto a instrução das atividades que buscam levar o estudante à aprendizagem. Neste sentido caminhamos rumo a identificação dos papéis do professor e do estudante em um ambiente de aprendizagem fundamentado na Teoria Construcionista.

Os traços da teoria foram descritos por Papert em seus livros e diversos artigos, e, de acordo com a visão de Maltempo (2004), Matinez; Stager (2013), Valente (1998), Luciano (2017) dentre outros, o Construcionismo foge aos preceitos do ensino tradicional e isso exige algumas alterações tanto no ambiente de aprendizagem, como nos afazeres do professor e do estudante em busca da construção de conhecimento. Dos escritos destes mesmos autores e do próprio Papert podemos extrair algumas informações que, em nossa concepção, corroboram com a constituição do ACA.

Partindo do princípio que não se constitui tarefa fácil, a compreensão dos meios pelos quais a mente humana é capaz de converter uma informação em conhecimento, que seria o ato de aprender, reconhecemos este como um campo onde há muita divergência de ideias entre os pensadores da educação, deste modo, esclarecemos o que se entende por Ensino e Aprendizagem, afim de, contextualizar as ideias que conduziram Papert às suas concepções de ensinar e aprender.

Neste sentido, compreendemos que a construção de conhecimento por crianças, mesmo aqueles considerados simples, passam por um processo de amadurecimento das ideias até atingir o estágio da cognição. Como exemplo, citamos o simples fato de atravessar a rua: um pai não ensina, ou transmite esse conhecimento à criança, pois, não basta falar uma única vez que ela precisa olhar para ambos os lados antes de atravessá-la. Um pai cuidadoso põe seu filho a praticar isso diariamente até que ele amadureça e isso se torne um hábito, só então que o pai passa a confiar que a criança aprendeu atravessar a rua.

Tradicionalmente o processo de ensino e de aprendizagem, é visto da seguinte forma: o professor ensina e o estudante aprende, o que o professor ensina. Os significados dos termos deste processo nos remetem justamente a esta ideia. O dicionário Michaelis (2020) atribui como significado à palavra “*Ensinar*” o ato de “Transmitir a alguém conhecimentos sobre alguma coisa ou sobre como fazer algo” a este ato associa-se o termo *pedagogia* que, também pode ser traduzido como a “arte de ensinar” (PAPERT, 1994, p. 77). No mesmo dicionário “*Aprender*” é o ato de “Ficar sabendo, reter na memória, tomar conhecimento [...] Passar a compreender (algo) melhor graças a um depuramento da capacidade de apreciação, empatia, percepção etc.” porém não se encontra um termo que possa ser associado a “arte de aprender”, com isso Seymour Papert (1994, p. 77) afirma que “a arte de aprender é um órfão acadêmico”, isso o motiva a dedicar-se à compreensão de como se aprende.

Todavia, no processo de aprendizagem uma das preocupações de Papert (1994) é a tendência de supervalorização do abstrato, ele enxerga isso como um obstáculo para o avanço da educação. Neste sentido o autor (1994, p. 123) propõe que “[...] uma inversão epistemológica para formas mais concretas de conhecer” pode tornar a concepção de aprender diferente do que se defende atualmente, minimizando o abstrato e dando lugar ao concreto⁶ no processo de aprendizagem.

Para que isso ocorra não basta que se ensine melhor pois “A aprendizagem não é o resultado direto de ter sido ensinado [...] Um robô pode entregar currículo; grandes professores fornecem muito mais” (MARTINEZ; STAGER, 2013, p. 36), então Papert (1994, p. 124) classifica o Construcionismo como “uma filosofia de uma família de filosofias que nega esta

⁶O termo concreto não se refere a utilização de materiais concretos na perspectiva dos materiais de Montessori, mas de materiais que estão presentes no cotidiano ou podem vir a fazer parte da vida dos estudantes.

“verdade óbvia””, mas deixa claro que sua teoria também não é uma objeção ao ensinar, porém, defende que o ensino deve estar sobre controle e que “a meta é ensinar de forma a produzir a maior aprendizagem a partir do mínimo de ensino” (PAPERT, 1994, p. 125). Atendida esta proposição o ACA começa a ser moldado, e a sala de aula deve sofrer mudanças, principalmente nas posturas assumidas pelo professor e pelo estudante.

Divergindo da estrutura da sala de aula “tradicional” o ambiente Construcionista afasta o professor do centro das atenções no processo e abre espaço para um estudante ativo que deve buscar a melhor forma de aprender a partir das orientações do professor. Deste modo Papert (1994, p. 125) propõe mais uma alteração no ambiente, que julga principal e necessária, onde faz uso de um provérbio africano para exemplificar seu pensamento: “se um homem tem fome, você pode dar-lhe um peixe, mas é melhor dar-lhe uma vara e ensiná-lo a pescar”. Para Papert a melhor forma de aprender é buscando o que precisamos aprender, “O Construcionismo é gerado sobre a suposição de que as crianças farão melhor descobrindo (pescando) por si mesmas o conhecimento específico de que precisam” (PAPERT, 1994, p. 125), desta afirmação substituindo a expressão “farão” por “aprenderão” aproximamo-nos da concepção de aprendizagem do autor.

No caso exposto acima, fazendo-se analogia com o processo de ensino e de aprendizagem, o peixe representa as informações, ou para muitos, conhecimento, que é transmitido, o que não acreditamos que aconteça. O recebimento do peixe vai suprir a fome naquele instante, mas ela voltará, assim como a necessidade de conhecimento, nas mais diversas situações de nossa vida escolar, acadêmica ou cotidiana. Portanto dar ao estudante a vara, que será o estímulo ou ferramentas, como o computador, e ensinar-lhe a pescar, explorar algumas e deixar que ele busque as inúmeras possibilidades de aprendizagem, isso vai fazer dele um pescador de conhecimento.

Segundo a teoria de Papert (1994) durante todo processo de “pesca do conhecimento” o estudante ainda vai se deparar com situações e problemas que irão lhe propor desafios, e oportunidades de aprendizagem, inclusive o “erro”, que no Construcionismo é visto como uma oportunidade de aprendizagem. Sobre o “erro”, Valente (1993, p. 42) afirma que o “o processo de achar e corrigir o erro constitui oportunidade única para o aluno aprender sobre um determinado conceito envolvido na solução do problema ou de estratégias de resolução de problemas”.

Nesta perspectiva observamos que o “erro”, que em muitos casos da educação tradicional, é visto como um problema ou motivo para penalização do estudante, no Construcionismo propõe-se que a situação em que o aprendiz erre também seja explorada, pois

pode contribuir com a aprendizagem. Enxerga-se este como mais um fator que provoca alteração na abordagem do professor em relação ao estudante, pois este não deverá apenas julgar o que pode estar errado, mas compreender o que levou ao erro e estimular o estudante a identifica-lo, podendo ser feito através e uma revisão do que já foi estudado até a identificação do erro.

Retomando a discussão acerca da aprendizagem através do fazer do aluno, observamos que isso impacta diretamente no papel desenvolvido pelo professor que deve assumir a postura de orientador das ações, buscando estimular o pensamento, pois, segundo Papert “Não é usar a regra que resolve o problema; é pensar sobre o problema que promove aprendizagem” (PAPERT, 1994, p. 81), logo, no caso da aprendizagem Matemática, não basta identificar qual formula deve ser aplicada para resolução de um determinado problema, mas buscar a composição de tal formula, e isso se dará pensando em possíveis soluções para o problema em questão.

Em nossa compreensão é neste momento do processo que, sendo apresentada como objeto de “pensar com”, a RE pode exercer papel importante no processo de aprendizagem, pois, tanto a montagem como a programação dos robôs vão exigir que o estudante encontre suas próprias maneiras para superação dos obstáculos, seja em pensamento individual ou em troca de ideias com os colegas que também buscam o mesmo objetivo.

Faz se necessário reconhecer que dar oportunidade para que o estudante possa construir seu conhecimento, não é uma tarefa fácil, pois o próprio autor afirma que isso gera mais trabalho tanto para o professor como para seus aprendizes. Nesta perspectiva chama a atenção dizendo que “a sociedade não pode dar-se o luxo de manter atrás seus potencialmente melhores professores apenas porque alguns, ou até mesmo a maioria, não estão dispostos” (PAPERT, 1994, p. 76). O Construcionismo é um convite aos professores para deixarem a zona de conforto, neste sentido, Luciano (2017, p. 26) entende que

O professor deve ser submerso nesta nova proposta, precisa se resgatar a sua essência de um docente reflexivo, que apresenta suas potencialidades para a realização do trabalho e que compreende o momento e a melhor forma de modificar sua prática docente.

Martinez; Stager (2013, p. 24) corroboram afirmando que “é tarefa de todo professor aprender como observar as crianças em busca de sinais de pensamento e apontar essa criança na direção de um aprendizado mais profundo”, como já mencionamos, isso acarreta em mais trabalho tanto para os professores como para os estudantes, porém os mesmo autores apontam que “Quando as crianças podem pensar em problemas, elas podem inventar caminhos diferentes

para uma resposta adequada. O objetivo da escola deve ser incentivar as crianças a desenvolver tais habilidades” (MARTINEZ; STAGER, 2013, p. 37). A escola cumprirá este papel por intermédio do professor.

Martinez; Stager (2013, p. 36) resumem o papel do professor como o de “criar e facilitar esses contextos poderosos e produtivos para o aprendizado. Uma maneira simples de fazer isso é fazer o seu mantra de ensino, ‘Menos nós, mais eles’”. Assumindo esta postura, entende-se que o ambiente Construcionista será favorecido e a aprendizagem potencializada.

Ainda sobre o os papéis do professor em uma sala de aula Construcionista os mesmos autores escrevem, que este pode ser:

Etnógrafo - Descubra o que as crianças já sabem; Documentarista - Coletar evidências de aprendizado que tornam visível o pensamento invisível das crianças; Gestor de estúdio - Disponibilize ferramentas, materiais e recursos adequados para que as crianças possam dar vida às suas ideias; Líder sábio - Guie o inquérito das crianças em direção a grandes ideias sem coerção (MARTINEZ; STAGER, 2013, p. 38-39).

Entendemos que as alterações propostas têm por objetivo estimular a adoção de ações que possibilitem a criação de um ambiente propício à aprendizagem e que envolva o aprendiz no processo. O estudante deve estar motivado, interessado pelo que está estudando, assim como Papert (1988) ao relacionar as engrenagens, sua brincadeira preferida, às equações. Expressando seu pensamento sobre essa motivação o autor afirma que “se as crianças realmente desejam aprender algo e tem a oportunidade de aprender em uso, elas o fazem mesmo quando o ensino é fraco” (PAPERT, 1994, p. 125), citando como o exemplo a facilidade com que as crianças aprendem os jogos em videogames, para ilustrar este pensamento.

Como reconhecimento a esta dificuldade de trabalho na perspectiva Construcionista Papert (1994) afirma que, no processo de pesca do conhecimento não basta ter o conhecimento sobre pesca, ou seja, não é suficiente que o professor conheça os caminhos que possam potencializar a aprendizagem, se faz necessário que esteja munido com instrumentos que lhe possibilite a implementação de suas ideias e estratégias. Neste sentido o autor (1994, p. 125) confirma o “motivo pelo qual precisamos desenvolver uma gama de atividades matematicamente ricas, ou micromundos”.

O micromundo apresentado por Papert (1988, p. 151) consiste de “um ambiente de aprendizagem interativa que tem como base o computador, em que os pré-requisitos estão embutidos no sistema e em que os aprendizes podem tornar-se ativos arquitetos construtores de sua própria aprendizagem”. Entendemos que estes micromundos podem ser constituídos em situações diversas, mesmo sem a utilização do computador, e reconhecemos o laboratório de

robótica como um ambiente que por si só pode se constituir como um micromundo e ainda, que possibilita a criação de outros micromundos para a aprendizagem de ciências e matemática.

A proposição é que os aprendizes identifiquem na sala de aula, laboratório de informática, sala de música, laboratório de ciências, laboratório de robótica e etc. seus micromundos, de forma que este seja, segundo Carrilho (2013, p. 14), “um mundo enriquecido de conhecimentos, em especial de conhecimentos matemáticos - acessível e atraente, envolvendo as culturas matemáticas, no qual os alunos seriam imersos e da qual sairiam mais fluentes matematicamente”, tratando-se especificamente da aprendizagem matemática.

Hoyles (2012, p. 2) entende que o Construcionismo, ao levar em consideração a Afetividade, apresentando um ambiente atraente, com o estudante como protagonista da aprendizagem ao construir um artefato, “levou ao design de micromundos, onde um micromundo de sucesso é um universo epistemológico e emocional, um lugar onde ideias poderosas (matemáticas, mas também científicas, musicais ou artísticas) podem ser exploradas”. Para ilustrar um micromundo em um laboratório de RE podemos citar, o software de programação, as mesas de testes dos robôs, o software de projetos para impressão em três dimensões (3D), dentre outros.

Diante do que foi exposto podemos afirmar que a reformulação do papel do professor causa influência direta no papel do estudante, fazendo-o um agente ativo no processo de aprendizagem. Assim o aprendiz deve relacionar o tema trabalhado com sua realidade e interesse pessoal, inserindo o componente afetivo no processo, fazendo com que ele esteja motivado e cada vez mais buscando o conhecimento, desta forma, tornando-o protagonista do aprendizado. Tudo isto, praticando assimilação do que se aprende com coisas que já sabe ou conhece e que estão presentes no seu cotidiano, ocorrendo com a formulação de seus micromundos para melhoria da aprendizagem.

Acreditando que os termos Instrucionismo e Construcionismo fazem referência direta ao papel do professor no processo de ensino e aprendizagem apresentamos a compreensão de Martinez; Stager (2013), que ilustra bem a distinção entre as duas vertentes de ensino dispostas por Papert (1994)

A distinção entre Instrucionismo e Construcionismo é bem clara. Se você acredita que a aprendizagem é o resultado direto de ter sido ensinado, então você é um instrutor. Se você procura “reformatar” a educação comprando um novo livro, administrando um novo teste ou aprimorando a prática do professor, então você é um instrutor. Os instrutores contam com um modelo de tratamento para explicar o aprendizado. "Eu fiz X e eles aprenderam Y." Se apenas a transmissão de conhecimento trabalhou de forma tão confiável. Os construtores acreditam que a aprendizagem resulta da experiência e que a compreensão é construída dentro da cabeça do aluno, muitas vezes em um

contexto social. Professores Construcionistas procuram maneiras de criar experiências para os alunos que valorizam o conhecimento existente do aluno e têm o potencial de expor o aluno a grandes ideias e momentos de “aha”. (MARTINEZ; STAGER, 2013, p. 37, tradução nossa).

Identificadas posturas que podem ser assumidas pelo professor, e conseqüentemente alterar o do estudante no ACA, buscou-se descrever alguns aspectos do Construcionismo que acredita-se esclarecer a vinculação entre a Robótica Educacional e o Construcionismo, afim de fundamentar a investigação que nos propomos a realizar, onde objetivou-se averiguar quais proximidades das atividades de Robótica com o Construcionismo, observando os papéis desenvolvidos pelo professor e pelo estudante, mas também levando em consideração outros aspectos da teoria Construcionista, como: a Afetividade, o *link* com a coleção de modelos, a identificação de micromundos de aprendizagem e a construção de artefatos, sejam eles físicos ou não.

2.3 O Construcionismo e a Robótica Educacional

De acordo com a descrição apresentada nas sessões anteriores observamos que o Construcionismo pode ser aplicado em ambientes distintos, porém, buscando uma aproximação com o objeto de estudo deste trabalho vamos descrever algumas abordagens em um laboratório de RE na perspectiva Construcionista, destacando a disposição de materiais, o papel do professor e do estudante, e a formação de micromundos de aprendizagem matemática neste ambiente.

Neste sentido, se faz necessário saber, que a RE pode ser trabalhada em diversas perspectivas, entretanto, a descrição apresentada aqui, segue nossa compreensão do Construcionismo de Papert e é feita de forma genérica, podendo ser reconhecida ou não por professores, estudantes ou admiradores da área. Objetivamos, nesta seção, evidenciar alguns pontos em que acreditamos apresentar uma vinculação entre a teoria de Papert e a Robótica Educacional (RE).

No desenvolvimento de sua teoria de aprendizagem, Papert (1994) apresentou ideias ao longo de alguns trabalhos, sempre fortalecendo seus argumentos e apontando os caminhos que acredita melhorar os meios de aprendizagem. Desde o princípio, o autor enfatiza a ideia que a aprendizagem pode ser impulsionada quando se tem um ambiente favorável, que possa estimular a criatividade e este ambiente deve estar munido de diversos materiais que devem ser manipulados pelos estudantes.

Iniciando com a identificação do Construcionismo no laboratório de RE, podemos destacar a disposição de materiais. Como visto nas seções de apresentação da teoria, ao desenvolver suas atividades em um ambiente Construcionista o estudante deve manipular materiais que lhe possibilitem a construção de um artefato concreto, neste sentido, é fácil identificar no laboratório de RE os materiais que estão disponíveis aos estudantes para manipulação e construção dos robôs. Dentre estes materiais podemos destacar um que foi defendido por Papert (1988) como aquele que pode potencializar a aprendizagem, por seu poder de simulação, o computador.

Ainda sobre os materiais presentes no laboratório de robótica, temos as peças de construção dos robôs, que podem ser encontradas de variadas formas. Estas formas, triângulos, quadrados, retângulos e outros, podem ser exploradas de maneiras distintas pelo professor, possibilitando a apresentação de diversos conceitos, como os de ângulos, congruência e semelhança das formas ou peças, unidades ou grandezas de medida. Estas peças também devem ser exploradas pelo professor para a formação de micromundos, onde os estudantes devem ser estimulados a relacionar as formas e conceitos com seu cotidiano, as unidades de medida, por exemplo, estão presentes em nossas vidas diariamente.

Não se pode limitar os materiais disponíveis em um laboratório de RE, pois os estudantes devem estar à vontade para pôr em prática a criatividade. À medida que esses estudantes vão se familiarizando com a robótica novas ideias vão surgindo, e mesmo com a utilização de kits proprietários de RE eles conseguem incrementar e utilizar outros tipos de materiais na construção dos robôs.

Pensando na formulação de um ambiente Construcionista, Martinez; Stager (2013) descrevem, o que chamam de “oito grandes ideias de Papert”, das quais destacamos algumas que acreditamos estabelecer uma ligação entre a RE e o Construcionismo. A partir da descrição observamos que Papert defende explicitamente a utilização de recursos tecnológicos para a criação de “coisas muito mais interessantes”, desta forma, na segunda “grande ideia” Papert evidência o papel da tecnologia na constituição do ambiente Construcionista

A segunda grande ideia é a tecnologia como material de construção. Se você pode usar a tecnologia para fazer coisas, você pode fazer coisas muito mais interessantes. E você pode aprender muito mais fazendo isso. Isso é especialmente verdadeiro para a tecnologia digital: computadores de todos os tipos, incluindo a LEGO controlada por computador em nosso laboratório (MARTINEZ; STAGER, 2013, p. 38, tradução nossa).

É impossível a visualização de um laboratório de robótica sem a presença de meios tecnológicos, pois a própria definição de robô trás o aspecto computacional para que seja reconhecido como tal.

Diante da impossibilidade de generalização da teoria por um “kit de engrenagens” Papert começa a enxergar no computador grande potencial como ferramenta de “pensar com”. Resume sua tese na frase “o que as engrenagens não conseguem fazer o computador consegue” (PAPERT, 1988, p 14). Segundo Papert (1988) a essência do computador é sua universalidade, seu poder de simulação, “pode assumir milhares de formas, servir a milhares de finalidades, pode atrair milhares de gostos” (PAPERT, 1988, p. 14). Maltempi (2004, p. 265) fala que “Papert posiciona o computador como algo que viabiliza a criação de situações, mais propícias, ricas e específicas para a construção do conhecimento”.

Outros dois aspectos que destacamos em nossa descrição do Construcionismo, foi o da necessidade do aluno colocar a “mão na massa” e a presença da Afetividade no processo de aprendizagem. A primeira e a terceira das ideias elencadas por Martinez; Stager (2013) nos remetem a estes fatores:

A primeira grande ideia é aprender fazendo. Todos aprendemos melhor quando a aprendizagem faz parte de algo que achamos realmente interessante. Aprendemos melhor quando usamos o que aprendemos para fazer algo que realmente queremos. [...] A terceira grande ideia é muito divertida. Nós aprendemos melhor e trabalhamos melhor se gostamos do que estamos fazendo. Mas diversão e diversão não significam “fácil”. A melhor diversão é muito divertida. Nossos heróis esportivos trabalham muito duro para melhorar seus esportes. O carpinteiro mais bem-sucedido gosta de fazer carpintaria. O empresário de sucesso gosta de trabalhar duro para fazer negócios (MARTINEZ; STAGER, 2013, p. 38, tradução nossa).

Em um laboratório de RE as atividades ao serem orientadas de um modo geral, e cada estudante ou equipe, buscando meios para superar os desafios propostos, tendo a sua disposição diversos materiais que deverão ser manipulados em busca da construção do robô, estarão contemplando estas ideias, colocando a mão na massa e, se já não fazem, estão em busca de algo que realmente gostam, isso os faz aprender melhor, segundo Papert (1988, 1994).

Seguindo com a descrição exposta pelos autores, a quarta grande ideia diz respeito ao protagonismo do estudante em sua própria aprendizagem, desta forma, notamos em um laboratório de RE um ambiente que foge aos preceitos da sala de aula tradicional, onde o professor chega munido de determinado conteúdo que deve ser aprendido naquele dia. Com a prática deste pensamento de Papert isso não acontece

A quarta grande ideia é aprender a aprender. Muitos alunos entendem que “a única maneira de aprender é ser ensinado”. É isso que os faz falhar na escola

e na vida. Ninguém pode te ensinar tudo o que você precisa saber. Você tem que se encarregar de sua própria aprendizagem (MARTINEZ; STAGER, 2013, p. 38, tradução nossa).

Nesta ideia, Papert convida os estudantes a assumirem o protagonismo de sua própria aprendizagem, neste ambiente o professor não determina os passos que devem ser seguidos pelos estudantes ou faz exposição do que devem ou não aprender, estes devem se dispor a buscar alternativas à solução dos desafios, com isso descobrindo sua melhor forma de aprender. Argumentamos, também, da oportunidade de aprendizagem oferecida pelo erro, assim Martinez; Stager (2013) afirmam que

A sexta grande ideia é a maior de todas: você não pode acertar sem errar. Nada importante funciona pela primeira vez. A única maneira de acertar é olhar atentamente para o que aconteceu quando deu errado. Para ter sucesso, você precisa da liberdade de brincar no caminho (MARTINEZ; STAGER, 2013, p. 38, tradução nossa).

Na prática das atividades de RE, pode-se explorar o erro em vários momentos, porém é mais comum que este seja explorado no desenvolvimento da programação do robô e na mesa de testes. Valente (1998) apresenta uma sequência a ser praticada durante a programação que, acredita-se, contribuir com exploração do erro com o objetivo de melhorar a aprendizagem.

Interagindo com o computador o aprendiz inicia a construção do conhecimento, segundo Valente (1998), nessa primeira etapa o aluno age sobre o computador fazendo a programação ou descrevendo os passos que acredita que irá resolver o problema. “Essa ação implica na descrição da solução do problema [...]” (VALENTE, 1998, p. 41).

O computador irá executar os procedimentos determinados pelo aluno, que em seguida irá observar o resultado. Se o resultado for satisfatório o estudante faz reflexão sobre o trabalho e em seguida encerra-se o processo, se não, dá seguimento partindo para outra etapa do processo. Com o resultado diferente do imaginado o estudante deve “depurar” ou revisar os passos percorridos até o resultado apresentado e identificar erro ou “bug”⁷.

Valente (1993, p. 42) afirma que o “o processo de achar e corrigir o erro constitui oportunidade única para o aluno aprender sobre um determinado conceito envolvido na solução do problema ou de estratégias de resolução de problemas”. Portanto, no trabalho com robótica

⁷Termo utilizado por Papert (1998) fazendo menção ao erro de programação.

citamos a programação como possível campo para se explorar o erro. Neste sentido Mota, (2015) afirma que Valente compila as ideias de Papert e acrescenta um conjunto de procedimentos metodológicos que definem com maior precisão o processo de aprendizagem percorrido por um aprendiz que está programando: “**descrição, execução, depuração e reflexão**” (MOTA, 2015, p. 78).

Mota (2015) limita esses procedimentos de aprendizagem citados por Valente (1998) à atividade de programação, porém acreditamos que estes processos se estendem a qualquer atividade de um Ambiente Construcionista de Aprendizagem, com a consciência de que em outras atividades isso pode ser mais ou menos trabalhoso e evidente.

Valente (1993) lembra que esses processos não acontecem simplesmente colocando aprendiz na frente de um computador, é necessário que o professor esteja familiarizado com o ambiente que vai desenvolver suas atividades e está apto a fazer uma intervenção no âmbito pedagógico do ambiente de trabalho.

Dentre as ideias de Papert discutidas nesta seção, apresentamos que

A oitava grande ideia é que estamos entrando em um mundo digital onde o conhecimento da tecnologia digital é tão importante quanto a leitura e escrita. Portanto, aprender sobre computadores é essencial para o futuro de nossos alunos, mas o objetivo mais importante é usá-los AGORA para aprender sobre tudo o mais (MARTINEZ; STAGER, 2013, p. 38, tradução nossa).

Aceitando como verdadeira essa afirmação, acreditamos que na via Construcionista como a melhor opção para a inserção dos meios tecnológicos digitais na Educação, pois é sabido que outras perspectivas não tiveram êxito, possibilitando apenas a informatização do método tradicional de ensino, deixando a aprendizagem a desejar.

Um outro ponto que trazemos para essa discussão que foi exposto na descrição do Construcionismo, é o da conexão entre o que se aprende e a coleção de modelos do estudante. Entende-se que as ideias descritas ao longo desse capítulo estão vinculadas, não sendo possível, em um laboratório de RE colocar uma em prática e deixar outras de lado, deste modo o estudante terá vários segmentos em que lhe oportunizará o estabelecimento da conexão do que se estuda com sua “coleção de modelos”. Vale ressaltar que o conhecimento empírico, como mencionado anteriormente, é individual, podendo de uma mesma situação ou desafio serem construídos diferentes conhecimentos pelos estudantes.

Por esse motivo, acredita-se que deve ser estimulada a apresentação dos artefatos construídos no desenvolvimento das atividades de RE, seja nas competições ou mesmo em rodas de apresentação entre os próprios estudantes, isso proporcionará a socialização do

conhecimento construído, e dará oportunidade dos colegas enxergarem as situações, do seu ponto de vista e dos seus colegas.

Compreende-se que, em um Laboratório de Robótica Educacional, encontra-se um ambiente propício a prática das ideias apresentadas, e, o professor recebendo apoio institucional e estando disposto a uma alteração em sua postura, quanto ao ensino e aprendizagem, pode-se facilmente desenvolver as atividades na perspectiva Construcionista e assim estabelecer um vínculo entre o Construcionismo e a Robótica Educacional.

No próximo capítulo descrevemos a revisão de literatura, onde trazemos as perspectivas de trabalho com RE publicadas na região norte e nordeste do Brasil.

3 DA REVISÃO DE LITERATURA – OS CENÁRIOS DA ROBÓTICA EDUCACIONAL

A revisão de literatura constitui uma etapa importante no desenvolvimento de um trabalho científico a nível de mestrado, exercendo funções distintas que vão desde a aproximação do pesquisador com o tema até a delimitação das questões de pesquisa na formulação do projeto. Segundo Yin (2016), o aumento do volume de estudos qualitativos nas últimas décadas trouxe grande diversidade à literatura. Entende-se que esta diversidade deixa explícita a necessidade da revisão de literatura, afim de que a nova pesquisa tenha papel relevante e possa contribuir com a área em que está enquadrada. Ou seja, em uma pesquisa deve-se evitar “mais do mesmo”.

Neste sentido, Yin (2016, p. 72) entende que a revisão de literatura pode afetar diretamente a temática a ser estudada e afirma que “[...] uma boa revisão de literatura também pode mostrar o domínio do pesquisador sobre a literatura, além de apresentar um argumento para a lacuna”. Deste modo, realizou-se esta revisão de literatura buscando encontrar um possível vácuo nas pesquisas sobre RE publicadas na região estabelecida, para que se pudesse definir o tema e a teoria que apresentasse alguma relevância para a área.

Reconhecemos que um trabalho de mestrado não exige uma publicação exclusiva, porém um dos preceitos para realização desta pesquisa consiste em apresentar algo que fuja do processamento mecânico e com resultados pré-determinados, deste modo busca-se contribuir com o ensino de ciências e matemática mediado pela RE, indicando alguns possíveis caminhos a serem trilhados por professores e estudantes de RE, que já conhecem o potencial desta ferramenta para a aprendizagem de matemática.

A potencialidade da Robótica é conhecida, entretanto, entendemos que sua aplicação ainda pode ser aprimorada para que seja melhor explorada no ambiente de aprendizagem, trazendo assim um maior rendimento e aproveitamento para o estudante. Portanto esta revisão também contribui com a identificação e entendimento de algumas vertentes de trabalho da RE. Faz-se necessário, então, esclarecer o tipo de revisão realizada neste trabalho.

Baseado na descrição de Yin (2016, p. 72) assume-se esta como uma *revisão seletiva* em que “seu objetivo é revisar e relatar em maior detalhe um leque específico de estudos anteriores, diretamente dirigidos a seu provável tema de estudo, método e fonte de dados”, ainda segundo Yin (2016, p. 72-73) nesta modalidade de revisão, “os estudos que precisam ser visados e revisados são aqueles que à primeira vista se assemelham muito àquele que você começou a pensar em fazer”. Nas publicações buscou-se identificar um nicho para

determinação do tema de estudo, de forma a desenvolver um trabalho que difere significativamente dos analisados nesta revisão.

Neste sentido, esta revisão contribuiu para o conhecimento dos cenários em que são desenvolvidas as pesquisas sobre robótica educacional nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. Justifica-se esta delimitação geográfica em estudos, como o de Barbosa et al. (2018), que aponta um déficit considerável de publicações acerca do tema, quando comparada às demais regiões do país. De forma geral, os trabalhos publicados nos últimos 16 anos, destacam que “a produção de pesquisa em Robótica Educacional no país teve uma grande concentração na região sudeste”, (BARBOSA et al. 2018, p. 348). Enfatiza-se ainda que este estudo não buscou estabelecer o Estado da Arte a respeito do tema.

3.1 A Formação do *Corpus* para a Revisão

O passo inicial para esta fase foi a busca por publicações a serem analisadas no Catálogo de Teses e Dissertações (CTD) da Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), que é abastecido com publicações dos programas de pós-graduação de Instituições de Ensino Superior (IES), tanto da rede pública como privada. Em seguida, foram estabelecidos alguns critérios de busca, o que pode ter feito com que algum trabalho publicado na região de abrangência desse estudo tenha ficado fora do escopo analisado, então vale ressaltar que os critérios estabelecidos para busca objetivaram maior proximidade com estudos sobre Robótica Educacional na área de Ensino de Ciências e Matemática.

Iniciamos a pesquisa com o termo ROBÓTICA EDUCACIONAL, que, como já mencionado, é o objeto desta pesquisa, obtivemos mais de 36 mil resultados. A partir dos primeiros resultados passou-se a aplicação de diversos filtros para delimitar a pesquisa. O primeiro filtro aplicado foi quanto ao ano de publicação. Concentrando a busca nos últimos cinco anos. O número de resultados foi reduzido para pouco menos da metade, apresentando 16.600 trabalhos.

Aplicando-se o filtro para Área de Conhecimento e selecionando as áreas de *Educação e Ensino de Ciências e Matemática*, chegamos ao número de 7.730 resultados. Aproximando-se, ainda mais, da área de interesse foi aplicado também o filtro de Área de Concentração, sendo selecionados os itens: *Educação; Educação em Ciências; Educação Matemática; Educação em Ciências e Matemática; Ensino de Ciências; Ensino de Matemática e; por fim, Ensino de Ciências e Matemática*. Com esta configuração chegamos ao número aproximado de 3.700 trabalhos.

Por fim, aplicou-se o filtro para Instituição onde foram selecionadas 21 instituições que apresentaram publicações relacionadas ao termo de busca e estão localizadas nas regiões de interesse da pesquisa. Destas instituições o resultado apresentado foi de aproximadamente 600 trabalhos.

Considerando que a ferramenta de busca do CTD apresenta como resultado não só os trabalhos que tem a expressão inteira inserida, mas todos aqueles que apresentam um ou outro termo, e a grande abrangência do termo EDUCACIONAL buscamos localizar dentre todas as publicações apresentadas, após aplicação do filtro para instituições, aquelas que contêm o termo ROBÓTICA EDUCACIONAL em seus títulos. Feito isso, dos mais de 600 restaram 10 trabalhos, que foram submetidos ao último critério de busca para a composição da bibliografia da revisão de literatura desta pesquisa.

O último critério observado foi se o trabalho faz uso da Robótica Educacional para o ensino e aprendizagem de Matemática. Alguns destes trabalhos têm títulos claros e específicos quanto à área de emprego da RE, com isso podemos identificar dentre os 10, 2 que tratavam do ensino de Física, portanto restaram 8. Destas, a metade, ou seja, 4 trabalhos, apresentam no título atividade específica para ensino e aprendizagem de Matemática, nos demais não foi possível identificar o conteúdo trabalhado, então se procedeu com a leitura dos respectivos resumos.

Com a leitura dos resumos pode-se observar que os 4 trabalhos que restaram para serem avaliados quanto ao ensino de Matemática tem aplicação da Robótica Educacional para o ensino e aprendizagem de Física ou Informática. Assim temos como material a ser analisado 4 dissertações de mestrado sendo duas da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) e duas da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA).

A apresentação dos trabalhos estudados na revisão de literatura é feita no Quadro 1, abaixo:

Quadro 1: *Corpus* da revisão de literatura

TÍTULO	ANO	IES	AUTOR
ROBÓTICA EDUCACIONAL E RACIOCÍNIO PROPORCIONAL: UMA DISCUSSÃO À LUZ DA TEORIA DA RELAÇÃO COM O SABER	2015	UEPB	Edvanilson Santos de Oliveira
AS POTENCIALIDADES DA ROBÓTICA EDUCACIONAL NA MATEMÁTICA BÁSICA SOB A PERSPECTIVA DA TEORIA DA ATIVIDADE	2015	UFOPA	Carlos Alberto Pedroso Araújo
ROBÓTICA NAS AULAS DE MATEMÁTICA: UMA PERSPECTIVA TECNOLÓGICA ASSOCIADA AO ENSINO DE FUNÇÕES	2017	UEPB	Ailton Diniz de Oliveira
ROBÓTICA EDUCACIONAL E O ENSINO DE MATEMÁTICA: UM EXPERIMENTO EDUCACIONAL EM DESENVOLVIMENTO NO ENSINO FUNDAMENTAL	2018	UFOPA	Angel Pena Galvão

Fonte: Próprio autor

Estando constituído o *corpus* da revisão de literatura passamos à fase de busca por trechos e argumentos que nos possibilite conhecer as perspectivas de desenvolvimento das pesquisas em RE nos trabalhos analisados, que irão nos ajudar a identificar o cenário constituído por estes estudos.

3.2 Da Leitura do Material Selecionado

A leitura do material, de acordo com Gil (2002) deve servir a identificação das informações e dados do material, e relacionar estes achados com o problema proposto. Sabe-se que a leitura de um mesmo material feita por leitores distintos, ou do mesmo leitor em tempos diferentes, pode levar a interpretações divergentes e que não existe uma fórmula para proceder com a leitura. Neste sentido, Yin (2016, p. 74) propõe um procedimento para a revisão:

Ao ler um estudo pela primeira vez, tente fazer os seguintes registros: O principal tema de estudo, incluindo os problemas/questões que estão sendo abordados; O método de coleta de dados, incluindo a extensão da coleta de dados (p. ex. número de pessoas entrevistadas, em investigações que usaram entrevistas, ou a duração e amplitude do trabalho de campo em um estudo de observação participante); Os principais resultados do estudo, incluindo a data específica para representar os resultados, e; As principais conclusões do estudo.

Segundo o autor, a partir destas notas, deve-se registrar seus próprios comentários sobre o estudo. Corroborando, Gil (2002) propõe alguns tipos de leitura, não que devam seguir a um padrão, mas, a classificação se dá de acordo com o estágio de avanço da pesquisa. Dentre os tipos de leituras propostos pelo autor, para este trabalho “É importante que se penetre no texto com a profundidade suficiente para identificar as intenções do autor; porém qualquer tentativa de julgá-las em função das ideias do pesquisador deve ser evitada” (GIL, 2002, p. 78). Portanto não é objetivo da análise aqui desenvolvida fazer juízo sobre os posicionamentos ou procedimentos descritos pelos autores dos trabalhos analisados, muito menos julgá-los ou estabelecer classificação de qualquer natureza.

A partir da leitura destacamos alguns fragmentos dos textos que, em nossa compreensão, acredita-se contribuir com a identificação do cenário geral das publicações sobre RE nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. A apresentação dos estudos é feita em ordem cronológica de publicação, onde são descritos os trechos que acreditamos corroborar com a visualização do

nicho/vácuo, nas pesquisas, o que nos deu mais confiança para o desenvolvimento desta investigação.

3.3 Os Cenários da Robótica Educacional nas Regiões em Estudo

O trabalho desenvolvido por Oliveira (2015), pelo Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), vale destacar que trata-se de uma programa de Mestrado Profissional⁸, apresenta uma estratégia que une a aula expositiva às atividades com RE. Tratando do ensino de proporcionalidade com a utilização da robótica, a pesquisa teve como objetivo investigar o uso da RE como tecnologia capaz de contribuir com o desenvolvimento do raciocínio proporcional.

Inicialmente foram aplicados questionários para identificação do grau de conhecimento dos estudantes acerca do tema. Na segunda etapa da pesquisa, atividades semelhantes às dos questionários foram propostas e os alunos puderam contar como o robô na execução das tarefas nesta fase. Por fim, um último questionário foi aplicado encerrando a pesquisa.

Em sua pesquisa Oliveira (2015, p. 21) defende que a robótica pode “se constituir como um instrumento pedagógico capaz de potencializar o desenvolvimento cognitivo, além de tornar o ambiente escolar um lugar desafiador, dinâmico e divertido, aspectos essenciais para a produção de saberes”. Neste trecho o autor se aproxima das ideias defendidas por Papert (1988) quando atribui este poder ao computador, por sua capacidade de simulação. Pode-se inferir que a robótica concretiza aquilo que o computador simula, logo ao trabalharem juntas estas ferramentas podem contribuir com o processo de ensino aprendizagem.

A partir desta concepção do papel da robótica no processo de aprendizagem e adotando como pressuposto teórico a Teoria da Relação com o Saber, de Charlot (2000; 2005), o autor explora os três principais aspectos da teoria que considera o sujeito em sua singularidade, história e atividades que realiza.

No decorrer do texto Oliveira (2015) apresenta a definição destes aspectos em dimensões que integram o ser aprendiz. A singularidade é associada à dimensão *Identitária*, onde o

⁸Mestrado profissional é uma modalidade de Pós-Graduação *stricto sensu* voltada para a capacitação de profissionais, nas diversas áreas do conhecimento, mediante o estudo de técnicas, processos, ou temáticas que atendam a alguma demanda do mercado de trabalho (Capes).

pesquisador buscou reconhecer a identificação pessoal dos aprendizes com o tema trabalhado. A história do estudante diz respeito à dimensão *Epistêmica*, a qual leva em consideração o conhecimento acumulado no decorrer da história deste aprendiz e pode contribuir com o desenvolvimento de novos saberes.

Por fim, as atividades realizadas pelos estudantes definem a dimensão Social, que defende a relação do que se aprende com a vida social do aprendiz. Neste sentido Oliveira (2015, p. 57) une as três dimensões da teoria que fundamenta seu trabalho e afirma que “a aprendizagem só se realiza quando existe um sentido com referência principal a história de um sujeito singular e único, que se constrói nas relações com os outros, em suas experiências e expectativas quanto ao saber a ser alcançado”.

A teoria estabelece os parâmetros para a coleta de dados do pesquisador, logo percebe-se que a pesquisa foi desenvolvida em algumas etapas distintas e cada uma destas dimensões foram postas no vértice de um triângulo, a partir do qual o pesquisador desenvolveu suas análises pelo método de triangulação. Para as dimensões identitária e epistêmicas foram utilizadas mais de uma fonte de coleta de dados, já a dimensão social foi definida a partir do questionário final da pesquisa.

O questionário aplicado na primeira etapa buscou identificar a relação identitária dos estudantes com o computador ou a RE. Percebe-se na análise descrita pelo pesquisador a heterogeneidade do grupo pesquisado. Mesmo se tratando de um grupo pequeno, foram detectados estudantes que tem raro acesso ao computador e outros com acesso direto e frequente, porém, nenhum deles com utilização deste instrumento para aprender matemática.

Para reconhecimento da dimensão epistêmica, Oliveira (2015, p. 103) fez uso de diversos instrumentos de coleta de dados, onde foram propostas atividades teóricas e práticas que pudessem evidenciar a capacidade dos estudantes em identificar “relações multiplicativas, seleção de razões equivalentes, comparação de razões, escala e gráficos com tabelas de razão, além de atividades de construção e de medida”. As atividades práticas nesta etapa envolveram os robôs, que puderam auxiliar os estudantes na resolução do problema proposto.

A situação mais próxima do Construcionismo que identificamos, na pesquisa de Oliveira (2015) ocorreu nesta etapa, onde os estudantes puderam alterar a programação do robô que deveria executar a tarefa determinada, através da programação. Foram descritos também alguns diálogos entre professor e aprendiz, onde o professor se portou como instigador do pensamento, deixando o aluno assumir o protagonismo de sua própria aprendizagem.

Em síntese, a identificação da dimensão epistêmica percorreu dois momentos, sendo o primeiro teórico, onde foi constatado por Oliveira (2015) as dificuldades dos estudantes em

desenvolver o raciocínio proporcional e o segundo prático com a utilização dos robôs. Neste segundo momento “onde os sujeitos se mostraram mobilizados na realização dos trabalhos, e que através desse posicionamento é possível identificar aspectos que indicam do desenvolvimento do raciocínio proporcional” (OLIVEIRA, 2015, p. 116).

Na etapa seguinte, o questionamento fundamental para o reconhecimento da dimensão social desenvolvida na pesquisa de Oliveira (2015) trata da continuidade da utilização da RE para o ensino de Matemática, o que obteve resposta positiva, então o autor chega a constatação de que a RE é uma ferramenta eficaz, porém aponta a necessidade de formação docente para melhor aproveitamento de instrumentos tecnológicos no ensino de Ciências e Matemática.

De um ponto de vista, o autor faz afirmações que nos fazem lembrar a teoria Construcionista, por exemplo, quando afirma que “a postura de que a educação deveria ter como objeto os processos os quais levam o sujeito a adotar uma relação com o saber, e não apenas a acumulação de conteúdos intelectuais” (OLIVEIRA, 2015, p. 56). Neste fragmento somos lembrados da afirmação de Papert (1994) que o aprendiz deve estudar algo que seja do seu interesse, para que a afetividade esteja presente no processo e potencialize a aprendizagem.

Por outro lado, identificamos dois fatores que divergem categoricamente das ideias defendidas por Papert (1988, 1994). Na descrição de uma das etapas da pesquisa, chamada de Ambientação, o pesquisador descreve que os “robôs foram montados pela equipe Robótica na Educação Matemática” (OLIVEIRA, 2015, p. 70), os estudantes não participaram do processo de montagem dos robôs, no Construcionismo a aprendizagem acontece com o aluno colocando a “mão na massa”, portanto, considerado este aspecto podemos identificar esta divergência.

O segundo fator identificado diz respeito ao papel do professor e do estudante no processo de ensino e de aprendizagem. Oliveira (2015, p. 97) afirma que “Se o professor não oferecer ao aluno um ensino (pedagogia mais tradicional) ou situação (pedagogia mais construtivista) que conduza ao aluno a apropriação de um determinado saber ou construí-lo, o processo de ensino-aprendizagem fracassa”. Na perspectiva Construcionista o professor estimula o pensamento e o aluno deve delimitar seu micromundo de aprendizagem, e então percorrer o caminho que julgar mais conveniente para resolução da questão, isso o levará a aprendizagem, segundo Papert (1988).

O segundo trabalho analisado foi desenvolvido por Araújo (2015), vinculado ao Programa de Pós-graduação em Educação da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA). Desenvolvido através de um estudo exploratório e experimento de ensino aplicado em turma do 9º ano de escola pública da cidade de Santarém (PA). O autor busca respostas ao problema de pesquisa que está delimitado à identificação das “possibilidades pedagógicas de um

Ambiente de Aprendizagem colaborativo mediado por sistemas robóticos sob a perspectiva da Teoria da Atividade (TA), utilizando os processos de ensino aprendizagem de conceitos matemáticos” (ARAÚJO, 2015, p. 12).

A partir deste questionamento Araújo (2015, p. 12) apresenta que “o objetivo geral do estudo está centrado na investigação, produção, dimensionamento e experimentação de artefatos mediadores de atividades didático-pedagógicas”, deste ponto de partida o pesquisador busca investigar o emprego destes artefatos em ambientes de Aprendizagem Colaborativa. Nestes ambientes encontra-se a RE, onde será explorada em algumas vertentes pedagógicas, donde o pesquisador fez seus registros e posteriormente a análise dos dados coletados.

Como pressuposto teórico Araújo (2015) apresenta a Teoria da Atividade fundamentada em três ideias principais: a dependência de um método desenvolvimental, no sentido de desenvolvimento individual; alegação de que os processos mentais superiores têm origem nos processos sociais, logo a cognição depende da interação indivíduo-objeto, e; a alegação de que a compreensão dos processos mentais superiores acontece a partir da compreensão das “ferramentas e signos” mediadores, ou seja, para compreender a aprendizagem é necessária a compreensão do artefato mediador.

Assim, Araújo (2015, p. 13) reconhece que “dessas ideias emergem dois conceitos centrais nos estudos de Vygotsky, a Mediação e a Zona de Desenvolvimento Proximal, e que são fundamentais no desenvolvimento deste trabalho”. Neste ponto do estudo entende-se que já podemos visualizar a perspectiva de abordagem da RE, o que já nos dá embasamento para fazer uma alocação do trabalho no cenário que buscamos constituir com essa revisão de literatura, porém acreditamos ser relevante apresentar a visão do pesquisador acerca da RE, as atividades desenvolvidas e que resultados apresentaram.

Todavia, Araújo (2015, p. 14) define a RE como um “ambiente pedagógico que reúne materiais de sucata ou kits de montagem controláveis por *software*, pressupondo a existência de professor e alunos”. Foi neste ambiente que foram propostas atividades pedagógicas aos participantes da pesquisa com a finalidade de que o pesquisador-professor possa ‘ouvir’ a matemática desenvolvida por eles, este método é definido como Experimento de Ensino.

Antes de apresentar as análises dos dados o pesquisador descreve em vários trechos da dissertação afirmações que confirmam a potencialidade da RE no processo de ensino e aprendizagem de matemática. Em determinado momento descreve a observação de que

[...] o uso de mecanismos robóticos contribui para quebrar as barreiras que existem contra a aprendizagem de conceitos matemáticos. O uso da Robótica Educacional permite que os alunos vivenciem tais conceitos como algo que faz parte do seu dia a dia, e que a partir dessa experiência os sujeitos começam

a ver um significado para gostar e aprender matemática (ARAÚJO, 2015, p. 58).

Portanto, observamos que o autor reconhece a potencialidade da RE e busca sua aplicação em um contexto específico, sendo este o experimento de ensino desenvolvido na pesquisa.

Após um tempo de preparação de alguns bolsistas da UFOPA, para conhecimento, compreensão e posteriormente elaboração de atividades a serem desenvolvidas pelos estudantes o experimento de ensino foi realizado. Diferentemente do trabalho apresentado anteriormente, Araújo (2015) explorou a montagem dos robôs, que foi feita pelos próprios estudantes, seguindo as orientações do manual do fabricante dos kits.

Além de explorar a montagem, os estudantes foram incentivados a explorar o ambiente de programação do kit em uso nas atividades. Podendo assim conhecer o instrumento e possivelmente identificar a matemática envolvida neste processo.

No desenvolvimento das atividades, Araújo (2015) identifica reconstrução do conceito de perímetro da circunferência e a apropriação do aluno deste conceito assim como do próprio instrumento, o robô. Portanto o autor conclui que este instrumento cumpre o seu papel como mediador da aprendizagem, sendo capaz de estabelecer a ZDP no processo de aprendizagem.

Na seção de análise dos experimentos o autor expõe falas, tanto dos estudantes como da professora que participou da pesquisa, onde percebe-se que o anseio por atividades que apresentem uma proposta pedagógica alternativa ao ensino tradicional. De algumas dessas falas Araújo (2015) estabelece relação com os princípios da TA enxergando “a possibilidade de transformação expansiva, a partir da reconceitualização do objeto e motivo da atividade” (ARAÚJO, 2015, p. 91).

Entretanto, o autor chama a atenção para o fator motivação, “Se o sujeito não demonstra interesse e não tem a motivação, tudo o mais é irrelevante” (ARAÚJO, 2015, p. 94) e aponta que não se pode atribuir potencialidade de motivação à Robótica Educacional, pois em sua discussão apresenta duas formas de motivação, intrínseca e extrínseca, onde a primeira vem de fatores internos, ou seja, diz respeito aos “seus interesses, aos seus gostos, ao seu modo de ser” e a extrínseca, corresponde a motivação externa, onde o indivíduo está motivado com “o propósito de ser recompensado ou não ser penalizado” (ARAÚJO, 2015, p. 95).

Deste modo, Araújo (2015, p. 96) aponta alguns estudos que utilizaram o Construcionismo como pressuposto teórico e afirma que “nossa fundamentação difere desta, posto que, em vez de pensar no objeto como matéria prima, o vemos como um instrumento que

é construído pelo homem e é utilizado por ele para o desenvolvimento de suas funções psicológicas superiores”. O autor ainda aponta que o uso da RE associada ao ensino e aprendizagem de matemática pode ser explorado tanto na montagem, quanto na perspectiva dos movimentos executados pelo robô.

Por fim Araújo (2015) denota algumas possibilidades de estudos que podem ser inspirados em sua pesquisa. Destacamos aqui a indicação de que o primeiro (estudo) se refere ao papel do professor num ambiente de Robótica Educacional, apresentando uma possível questão de pesquisa que se volta à formação docente para utilização da RE como instrumento mediador.

A partir do estudo de Araújo (2015) continua-se com a identificação do cenário da RE nas regiões norte e nordeste do Brasil. Neste trabalho o autor expõe sua perspectiva de trabalho, assumindo a RE como instrumento mediador no desenvolvimento de oficinas para o ensino de matemática. O autor é explícito ao afirmar que seu estudo difere da perspectiva Construcionista por não assumir a RE como matéria prima para o ensino e aprendizagem da matemática.

Observando a indicação de Araújo (2015) sobre possibilidades de pesquisa tendo a RE como objeto, entendemos que é necessário que haja uma definição da perspectiva de trabalho desenvolvido com robótica, para então se definir os papéis tanto do professor como do estudante neste ambiente. Neste sentido Santos; Evangelista; Alves (2020) apresentam papéis que podem ser assumidos pelo professor e pelo estudante em um ambiente Construcionista, que pode ser constituído tanto em um laboratório de RE como em outros espaços de aprendizagem.

Seguindo com a análise dos textos que compõem esta revisão de literatura, descrevemos agora a produção de Oliveira (2017) do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática ofertado pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), publicado no ano de 2017.

Assumindo como ponto de partida a ideia de que “o desafio está em encontrar formas de ensino aprendizagem que mais se adequem a vivência dos alunos” (OLIVEIRA, 2017, p. 16), esse autor defende que o ensino deve proporcionar aos estudantes mecanismos para contextualização e significação do que se está estudando. Nesta perspectiva, o autor faz a delimitação da pesquisa a partir da inserção das TIC na Educação Escolar, considerando seu impacto na sociedade atual, de tal forma que os documentos oficiais já passam a considerar a utilização dessas tecnologias no processo de ensino aprendizagem.

Sem deixar explícita a questão de pesquisa Oliveira (2017, p. 17) escreve que “o objetivo deste estudo é analisar sobre a utilidade da Robótica no ensino de funções e como podemos melhorar o ensino de Matemática (funções) usando a Robótica como uma ferramenta pedagógica nas aulas”. Em seção que descreve sobre o ensino de Matemática na atualidade

Oliveira (2017) defende que este pode ser mais prazeroso a partir de objetos concretos, logo podemos identificar o prazer em aprender Matemática com RE como perspectiva de trabalho em Oliveira (2017).

O pesquisador afirma que cada uma das TIC “tem sua importância para o ensino, uma vez que viabilizam diferentes possibilidades dos alunos interagirem com o mundo” (OLIVEIRA, 2017, p. 34), no caso da RE o autor acredita que seja “capaz de promover e valorizar a cooperação, o diálogo, a interação e a participação [...]” (OLIVEIRA, 2017, p. 37), porém esses estímulos dependem de como as atividades estão sendo conduzidas. Neste sentido o autor defende realização das atividades em grupo onde os estudantes poderão contribuir com diferentes ideias, compartilhando de suas experiências e aprendendo com as experiências alheias.

A autor apresenta um quadro comparativo entre os ambientes de aprendizagem “tradicional” e o ambiente com RE, de onde destacamos três pontos que entendemos como relevantes para este estudo, estes pontos são: no ambiente com RE o professor assume o papel de mediador/orientador das atividades; o professor deixa de ser o centro e detentor do saber, fazendo com que o aluno seja o protagonista da aprendizagem, e; a ênfase da aprendizagem passa a ser o processo não conteúdo.

Estas ideias convergem com algumas daquelas descritas por Papert (1988, 1994). Destes fatores pode-se notar uma proximidade com a constituição de um Ambiente Construcionista de Aprendizagem, porém no desenvolvimento das atividades “práticas” da pesquisa são ministradas aulas expositivas sobre as funções que serão trabalhadas com os robôs, jogando por terra afirmação de Oliveira (2017) que se deve partir do concreto para o abstrato, assim como defende Papert (1994).

Portanto, podemos inferir que a RE está sendo aplicada para aferição e aplicação de conteúdos e conceitos aprendidos/ensinados nas “aulas tradicionais”, ou seja, os estudantes já conhecem o conteúdo e poderão verificar sua aplicação na montagem e programação dos robôs. Logo partem do abstrato para o concreto.

Destaca-se na análise dos dados a afirmação de Oliveira (2017, p. 50) de que nas aulas com as TIC os alunos “trazem consigo vivências e valores que os mesmos tendem a expor perante os colegas”, este fragmento nos remete à ideia do acesso à “coleção de modelos” defendido por Papert (1994) na teoria Construcionista, deste modo, entendemos este como mais um fator que pode ser explorado em pesquisa com RE.

Extrai-se das considerações finais de Oliveira (2017, p. 53) sua observação da RE “como sendo uma importante ferramenta de auxílio pedagógico nas aulas de matemática” que

estimulou, dentre outros fatores, a motivação dos estudantes proporcionando uma melhor aceitação da matemática, o que resultou em um maior aproveitamento da aprendizagem.

A pesquisa desenvolvida por Oliveira (2017), de um modo geral, apresentou em sua fundamentação teórica alguns traços que nos fizeram lembrar do Construcionismo, porém o desenvolvimento iniciou-se com o que Papert (1994) chama de Instrucionismo, contrariando o argumento de que o professor deve partir do concreto para o abstrato.

Por fim, analisou-se o trabalho do pesquisador Galvão (2018), também da UFOPA, pelo Programa de Pós-graduação em Educação desta IES. Galvão (2018) inicia com discussão acerca da utilização das TIC no curso de licenciatura e a preparação do professor para lidar com as tecnologias no processo de ensino e aprendizagem.

A partir de questionamentos neste sentido, Galvão (2018, p. 10) apresenta a RE como uma dentre as várias metodologias desenvolvidas no campo educacional diretamente conectada com as TIC e afirma que “Associá-la aos conteúdos matemáticos ou de outras disciplinas pode ser de grande valia no processo de ensino, como uma alternativa adicional para a interação e aquisição de conhecimentos de conceitos matemáticos”. Desta afirmação pode-se inferir que o trabalho desenvolvido por Galvão (2018) faz uso da RE como ferramenta metodológica que pode contribuir com o ensino, logo observamos que uma concepção de robótica de Galvão (2018) tende à valorização do ensino, o que vem se confirmar no decorrer de sua fundamentação teórica.

Seguindo, o autor apresenta a questão de pesquisa: “Como o uso de Robótica Educacional, no ensino dos conteúdos de Matemática, pode contribuir para o aprendizado de uma turma de 7º ano de ensino fundamental de uma escola municipal de Santarém (PA) através de uma experimentação de ensino?” (GALVÃO, 2018, p. 13). A partir desta, define como objetivo geral da pesquisa: “investigar o aprendizado de conteúdo da matemática por meio de experimentação de ensino pelo uso de objetos de Robótica Educacional” (GALVÃO, 2018, p. 13). Destes elementos da pesquisa podemos inferir que a investigação utilizou de experimento de ensino, sendo desenvolvida em contexto específico para tal.

Assumindo como pressuposto teórico a teoria de aprendizagem de Vygotsky, Galvão (2018) entende que a aprendizagem acontece por meio da ZDP, que é definida como a distância entre o conhecimento existente e o que o estudante pode vir a aprender, com a ajuda de mediadores, onde “a mediação é o procedimento de interferência de um objeto numa relação, que deixa de ser direta e passa a ser mediada por esse objeto” (GALVÃO, 2018, p. 14), infere-se que nesta pesquisa a RE atua como objeto mediador da aprendizagem.

Estando descrita a base teórica relacionada à teoria de aprendizagem Galvão (2018) descreve sobre a Educação Matemática (EM) e a tecnologia educacional, fazendo menção a Papert (1994) como pioneiro na inserção do computador na educação, ainda na década de 1980, afirmando que a criação da linguagem LOGO, desenvolvida por Papert e sua equipe no MIT, teve como objetivo fazer com que as crianças pudessem programar e desenhar figuras geométricas.

Galvão (2018) afirma que a RE apresenta como característica “espaços de aprendizagem em que a aluno tem a possibilidade de montar e programar um robô ou sistema robotizado”. Neste sentido observamos que, uma vez que adotando o robô como instrumento mediador, a montagem e programação podem não ser considerados no processo de aprendizagem, o que entendemos divergir das ideias de Papert (1994, 1988) que defendem que podem se estabelecer os micromundos de aprendizagem, e na RE enxergamos estes micromundos, tanto na montagem como na programação, logo, devem ser explorados para a aprendizagem de Matemática.

Tratando das atividades desenvolvidas, Galvão (2018) descreve três etapas, ao que ele chama de desenvolvimento operacional da pesquisa. A primeira etapa ou módulo I é chamado de Nivelamento. Nesta etapa o pesquisador ministra aulas expositivas que objetivam a apresentação de alguns componentes que serão utilizados para montagem dos robôs e alguns códigos de programação simples, para Arduino⁹.

No módulo II, chamado de Fundamentos, são iniciadas as atividades práticas, com aplicação de alguns conceitos matemáticos, este módulo foi dividido em três encontros que culminaram com a montagem de um carro robótico que foi utilizado nas atividades do terceiro módulo. A terceira etapa recebeu o nome de Módulo III Avançado, neste os estudantes utilizaram o carro robótico para explorar as relações métricas do triângulo retângulo. Galvão (2018) afirma que estas atividades tiveram enfoque no Teorema de Pitágoras e de Tales.

No decorrer destas atividades Galvão (2018) faz observações que geraram os dados a serem analisados. O autor registra como instrumentos mediadores da aprendizagem a plataforma Arduino e o carro robótico, estas observações foram feitas no decorrer das atividades e nos cadernos utilizados pelos alunos, onde fizeram alguns registros a respeito do uso da robótica para aprendizagem de matemática.

⁹Arduino: plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre.

Em suas considerações finais Galvão (2018, p. 97) aponta que

Os resultados e discussões comprovam que o uso da robótica educacional para o ensino da Matemática contribuiu com grande relevância para o aprendizado dos alunos. Foi percebido que os alunos cresceram seu nível intelectual a partir das atividades mediadas com base em suas zonas de desenvolvimento proximal (ZDP). Também foi perceptivo o trabalho em equipe dos alunos, o trabalho em colaboração e principalmente a compreensão da relação entre o ambiente do seu dia a dia com o escolar.

Portanto, pode-se inferir que a RE contribui com a aprendizagem sendo trabalhada na perspectiva de artefato mediador e também pode ativar outros fatores, que contribuem com a aprendizagem, como o trabalho em equipe, o trabalho em colaboração e etc.

Desta forma podemos alocar esta pesquisa no cenário em que buscamos identificar como um trabalho que faz uso da RE na perspectiva de instrumento mediador que possibilita a formação da ZDP e ativa fatores como o trabalho em equipe e o trabalho colaborativo no processo de ensino e aprendizagem.

3.4 Contribuição para a pesquisa

Este capítulo buscou a compreensão das perspectivas em que são desenvolvidas as pesquisas sobre Robótica Educacional no ensino e aprendizagem de matemática nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. A primeira constatação foi o pequeno número de trabalhos publicados nesta área de conhecimento, já destacada por Barbosa et al. (2018). Dentre 21 instituições que tem publicações no catálogo da Capes, seguindo os padrões de busca pela expressão ROBÓTICA EDUCACIONAL, descritos no início deste capítulo, apenas 4 publicações, de duas IES trataram deste tema.

Em algum momento de seus textos, os autores evidenciam a necessidade de um método alternativo ao da sala de aula tradicional e apresentam a RE como uma possibilidade a ser explorada. Neste sentido, observou-se que nenhum dos trabalhos foi desenvolvido no contexto real dos estudantes, e os participantes, de modo geral não tinham conhecimento ou contato com a RE antes das pesquisas, isso inclui alguns professores de Matemática e Informática que também participaram das pesquisas.

Podemos observar que a Robótica Educacional tem grande potencial quando se trata de interesse e motivação dos alunos pelas aulas de Matemática. Vários relatos descritos nos trabalhos confirmam tal afirmação como em Araújo (2015) onde um participante da pesquisa

afirma que “[...] as aulas ficaram interessantes porque ‘tava’ enjoado todo dia, vem, sentar, escrever e ir embora” (ARAÚJO, 2015, p. 87).

Dois trabalhos, Oliveira (2015) e Oliveira (2017), oriundos de programas de Mestrado Profissional, trabalham um conceito matemático específico. Percebe-se em suas considerações finais o foco no potencial da Robótica Educacional como ferramenta capaz de “mobilizar os sujeitos na sala de aula, ampliando as possibilidades de aprendizagem” (OLIVEIRA, 2015, p. 131). Neste sentido entendemos que uma perspectiva de desenvolvimento trabalhada nas pesquisas estudadas é a averiguação da potencialidade da RE no ensino e aprendizagem de matemática, que é explícita nos trabalhos publicados pela UEPB e tem muitos traços evidentes nos outros trabalhos.

Outra perspectiva observada foi a da RE como instrumento mediador que contribui com a formulação da ZDP para a construção do conhecimento segundo a Teoria da Atividade de Vygotsky, apresentando-a como “ferramentas que se ponham como recursos alternativos ao modelo tradicional de aprendizagem” (ARAÚJO, 2015, p. 97). Deste modo, identifica-se que a RE é explorada em duas vertentes distintas.

Podemos observar com clareza a eficiência da RE nas perspectivas em que foram desenvolvidas, porém, apesar dos experimentos de ensino desenvolvidos nas pesquisas de Araújo (2015) e Galvão (2018), e as atividades descritas por Oliveira (2015) e Oliveira (2017) evidenciarem a potencialidade, observou-se o nicho quando se trata de explorar a RE integralmente desde as projeções, montagem, programação e testagem dos robôs no desenvolvimento das atividades.

Assim abre-se possibilidade de pesquisa que tenha como objetivo a investigação da RE nesta perspectiva, podendo buscar a compreensão da aprendizagem por meio da robótica como “objeto de pensar com” defendido por Papert (1988, 1994), que possibilita a construção do conhecimento. Portanto, fica evidente este nicho no cenário formulado por esta revisão de literatura, que explore a RE sendo desenvolvida como atividade contínua e no contexto real dos estudantes.

A partir da identificação do cenário exposto nos parágrafos anteriores, definiu-se por uma pesquisa sobre Robótica Educacional que assumiu como pressuposto teórico o Construcionismo de Seymour Papert (1988, 1994). Logo, apresentamos no capítulo 4, o percurso metodológico trilhado no desenvolvimento desta investigação.

4 DOS PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para desenvolver pesquisa científica é necessário a adoção de alguns critérios e ações que poderão corroborar com a validade e confiabilidade das informações captadas pela pesquisa e descritas em seus relatórios. Seja ela na área das ciências naturais, exatas ou sociais. Este conjunto de critérios e ações constituem o método científico.

Logo, o método científico é reconhecido pela sociedade, de modo geral, para obtenção de resultados acerca de temas referentes às ciências exatas ou naturais. Neste sentido, Marconi; Lakatos (2003, p. 83) afirmam que “Todas as ciências se caracterizam pela utilização de métodos científicos” e as inquietações com o ensino e aprendizagem de modo geral passaram a oportunizar o avanço da Ciência em áreas específicas, como o ensino de Ciências e Matemática.

As preocupações em investigar fatos no campo do ensino e aprendizagem exigem também a aplicação destes métodos, para que possam contribuir com o avanço deste ramo da Ciência. A pesquisa na área de ensino de Ciências e Matemática, que por sua vez, faz parte do processo educativo, se enquadra no campo das Ciências Sociais, que adota alguns parâmetros específicos para aplicação da metodologia científica.

Nesta perspectiva, Demo (1985) aponta que alguns instrumentos e técnicas utilizadas na metodologia das ciências exatas ou naturais, também são válidos para as ciências sociais, mas devem ser incrementados, devido às características específicas das variáveis que compõem a investigação em ensino de modo geral. Ainda segundo Demo (1985, *Orelha do livro*) “as ciências sociais possuem especificidades que precisam de uma metodologia própria para suas pesquisas e análise”. Logo, observamos que a contemplação dessas exigências contribui com o desenvolvimento da pesquisa, constituindo para as ciências sociais, um ambiente próprio de construção científica (DEMO, 1985).

A investigação em ensino de Ciências e Matemática, exige do pesquisador uma postura que atenda às diversas exigências, muitas vezes emergentes no desenvolvimento, das atividades da pesquisa. Contudo, Demo (1985, p. 11) convida os pesquisadores que trabalham levando em consideração os aspectos sociais dos participantes da pesquisa a “construir com originalidade e inteligência novas alternativas científicas” para superar estes obstáculos que são comuns nesta área de investigação.

Desse ponto de vista, o método científico em pesquisas na área de Ensino, requer uma metodologia específica, que atenda aos parâmetros que contribuem com a credibilidade e confiabilidade, e possam corroborar com a construção do conhecimento científico, não sólido, - entendemos que este jamais deverá se constituir em uma perspectiva imutável -, mas com

validade que contribua ao ensino de Ciências e Matemática. Observamos, por conseguinte, a definição de Marconi; Lakatos (2003, p. 83) quando expõe que

[...] o método científico é o conjunto das atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permite alcançar o objetivo – conhecimentos válidos e verdadeiros –, traçando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões do cientista.

Deste modo, apresentamos neste capítulo as atividades sistemáticas e racionais, definidas acima por Marconi; Lakatos (2003), adotadas na realização desta investigação, que constituíram o caminho de construção de um trabalho científico, apoiado em teorias e argumentos, válidos cientificamente, que pudessem sustentar as constatações evidenciadas e, utilizando-se de inteligência para buscar originalidade nesta construção, afim de que pudessemos apresentar alguma contribuição para o processo de ensino e aprendizagem de matemática mediado pela Robótica Educacional. Assim, acreditamos que os procedimentos metodológicos adotados para esta pesquisa puderam nos proporcionar aproximação de respostas à questão: *Como a Robótica Educacional, da Escola SESI de Araguaína, se aproxima do Construcionismo de Seymour Papert?*

4.1 Abordagem

A pesquisa na área de Ensino de Ciências e Matemática, em muitos, casos é composta de variáveis que não são mensuráveis quantitativamente e não se pode aplicar um tratamento estatístico aos dados produzidos, este fator exige que a abordagem do pesquisador seja direcionada à qualidade específica da variável em tratamento, o que a torna uma pesquisa qualitativa. No entanto, vale ressaltar que em pesquisas da mesma área também utilizam-se de uma metodologia que leva em conta tanto a qualidade como a quantidade de determinadas variáveis, o que Borba; Almeida; Gracias (2019, p. 82) entendem como algo interessante pois “o pesquisador vai lançar mão de técnicas qualitativas e quantitativas de forma que uma dê mais confiabilidade à outra”, estas são as pesquisas Quali quantitativas.

Investigações em que se utilizam de abordagens de investigação e possuem características semelhantes, compõem o grupo das investigações qualitativas. Todavia, Yin (2016) aponta para a complexidade da definição deste grupo

A diversidade do que se chama pesquisa qualitativa, devido a sua relevância para diferentes disciplinas e profissões, desafia qualquer um a chegar a uma definição sucinta. Uma definição muito curta parecerá excluir uma ou outra disciplina. Uma definição muito ampla parecerá inutilmente global. Na verdade, o termo pesquisa qualitativa pode ser como os outros termos do

mesmo gênero – por exemplo, *pesquisa sociológica*, *pesquisa psicológica*, ou *pesquisa educacional*. Dentro de sua própria disciplina ou profissão particular, cada termo implica um amplo conjunto de pesquisa, abarcando uma diversidade de métodos altamente contrastantes (YIN, 2016 p. 27).

Portanto, levando em consideração alguns argumentos descritos por este autor fez-se a justificação desta abordagem.

Yin (2016, p. 24) entende que “praticamente todo acontecimento da vida real pode ser objeto de um estudo qualitativo”, isso denota que as investigações em ensino podem assumir essa abordagem para produção de um trabalho científico que satisfaça o critério de cientificidade, porém, exige do pesquisador cuidado e cautela na utilização dos diversos métodos que podem ser adotados. Estando ciente de que esta vertente de trabalho investigativo possibilita o estudo aprofundado de uma ampla variedade de tópicos, apresentamos alguns, que foram relevantes para a determinação desta abordagem no desenvolvimento deste trabalho.

Segundo Yin (2016, p. 28) uma das características da pesquisa qualitativa “envolve primeiramente estudar o significado das vidas das pessoas nas condições em que realmente vivem”. Para nós tais dizeres aludem a estudar o significado que o trabalho com a RE cultiva no cotidiano de um grupo de alunos e professor no contexto do ensino fundamental ao “olharmos” para essa realidade com os “óculos” do Construcionismo de Seymour Papert.

Uma segunda característica que sustenta a pesquisa qualitativa no desenvolvimento deste trabalho é a “capacidade de representar as visões e perspectivas dos participantes de um estudo” (YIN, 2016, p. 28). Neste sentido, apresentamos os relatos dos participantes que expõem suas visões e perspectivas acerca robótica.

Para Yin (2016, p. 28) “a pesquisa qualitativa é guiada por um desejo de explicar esses acontecimentos, por meio de conceitos existentes ou emergentes”. Neste trabalho não foi diferente, esta pesquisa é guiada especificamente por este princípio, quando nos propomos a identificar como se apresentam as proximidades e/ou distanciamentos das atividades de Robótica Educacional com a teoria do Construcionismo, em busca de elencar situações onde, mesmo que implicitamente, os estudantes podem aprender e praticar conteúdos e conceitos matemáticos.

Definida e justificada a abordagem, o pesquisador deve assumir o tipo de pesquisa que o conduzirá a possibilidades de solução à sua problematização, então, almejando alcançar objetivo proposto seguimos com a definição do tipo de pesquisa que julgou-se mais conveniente para alcançá-lo e para isso observamos alguns critérios antes de selecionar o método a ser aplicado.

Para Yin (2015) o processo de definição ou enquadramento do método de pesquisa a ser utilizado, passa por algumas etapas, devendo se iniciar com a revisão de literatura, que dará embasamento para a proposição das questões e objetivos da pesquisa. Nesta perspectiva, Yin (2015, p. 4) entende que “diferentes métodos de pesquisa nas ciências sociais preenchem diferentes necessidades e situações para a investigação de tópicos da ciência social”, como exposto no capítulo anterior, a identificação do nicho para definição do tema e objetivos da pesquisa. Desse contexto a estratégia metodológica que se adotou foi o Estudo de Caso. Nas próximas seções apresentamos o método, os critérios de enquadramento a este tipo de pesquisa e o caso a ser estudado.

4.2 O Método de Estudo de Casos

Ao argumentar sobre o método científico, é comum que venha a nossa mente um conjunto rígido de regras a serem seguidas para alcançar o objetivo da pesquisa, mas na prática não é isso que acontece. Em um trabalho científico são identificadas algumas diretrizes para cada tipo de pesquisa que devem ser observadas e até mesmo adaptadas pelo pesquisador no desenvolvimento da investigação.

Todo método científico tem suas vantagens, desvantagens e características específicas, mas segundo Yin (2015) o esclarecimento da distinção entre os métodos não implica que suas fronteiras estejam bem definidas. Deste modo, cabe ao pesquisador usar de alguns artifícios adquiridos em outras pesquisas ou, no caso do pesquisador iniciante, indicados por pesquisadores mais experientes para definir qual o melhor caminho ou método a seguir, que o conduzirá aos objetivos propostos, e conseqüentemente a respostas para a questão de pesquisa.

O método de Estudo de Caso, assim como outros métodos de pesquisa, não é um conjunto de regras que, se seguidas a risca, garantem sucesso na realização da investigação, têm seus pontos fortes e limitações, que devem ser entendidos e reconhecidos pelo pesquisador de estudo de caso (YIN, 2015). Dentre as características deste método Yin (2015, p. 2) destaca três situações que o torna preferencial em comparação a outros: “(1) as principais questões da pesquisa são ‘como?’ ou ‘porque?’; (2) um pesquisador tem pouco ou nenhum controle sobre os eventos comportamentais; e (3) o foco do estudo é um fenômeno contemporâneo”.

O tipo de questão “*como?*” ou “*porque?*” em uma pesquisa científica denota que se busca explicar ou descrever de forma minuciosa e detalhada alguma circunstância, se o pesquisador tem pouco ou nenhum controle sobre o evento investigado, e este é um evento

contemporâneo situado em seu contexto de mundo real, então, segundo Yin (2015) o método de estudo de caso será relevante.

Ao definir o método de Estudo de Caso para realização da pesquisa, o passo seguinte é a definição do projeto para realização do estudo, mesmo podendo haver necessidade de alterações no decorrer da pesquisa, conforme os dados vão sendo produzidos. Segundo Yin (2015, p. 30) o projeto ajuda a desenvolver estudos de casos “mais rigorosos e metodologicamente sólidos”.

Ainda segundo Yin (2015, p. 30) “o projeto é a sequência lógica que conecta os dados empíricos às questões de pesquisa iniciais do estudo e, finalmente às suas conclusões”. Os componentes básicos do projeto são: “as questões do estudo de caso; as proposições, se houver; as unidades de análise; a lógica que une os dados às proposições; e, os critérios para interpretar as constatações” estes são componentes especialmente importantes (YIN, 2015, p. 31).

Almejando o rigor metodológico que contribua para a validade e confiabilidade da pesquisa desenvolvemos o projeto que contempla os itens apresentados por Yin (2015). A apresentação de cada item, o devido enquadramento para este estudo está descrito mais adiante, onde também apresentamos o caso estudado. Conhecendo, em linhas gerais, o método utilizado para realização desta investigação seguimos, a partir da próxima seção, com descrição dos instrumentos que contribuíram para a produção dos dados neste estudo.

4.3 Os Instrumentos para Produção dos Dados

Para Yin (2015) os procedimentos de produção de dados no Estudo de Caso não são rotineiros, eles dizem respeito “à interação contínua entre os assuntos teóricos sendo estudados e os dados sendo coletados” (YIN, 2015, p. 76). No caso da Robótica Educacional, em estudo nesta investigação, observamos a grande abrangência de conceitos e conteúdos e elencamos alguns temas: trabalho em equipe; linguagem de programação; aprendizagem lúdica; organização; resolução de problemas; dentre outros.

Diante de um ambiente com tamanha heterogeneidade de informações é necessário que o pesquisador esteja atento às suas questões de investigação, à teoria que fundamenta a pesquisa e, ainda, preparado para as adversidades que podem surgir em um ambiente real, que não foi preparado especificamente para a pesquisa. Além dos aspectos apresentados acima a ética é condição imprescindível para a realização do estudo de caso.

Ao ter ciência das exigências para a construção dos dados do Estudo de Caso, procedeu-se com a determinação das fontes. Dentre os princípios de apoio que corroboram com a

sustentação da validade de um estudo de caso elencados por Yin (2015, p. 108), observamos que o uso de múltiplas fontes de evidências, logo utilizou-se de três fontes de evidência: a Produção de documentos; a Observação direta; e a Entrevista. Portanto apresentamos estes instrumentos e sua aplicação no desenvolvimento desta pesquisa.

4.3.1 Produção de documentos

Os dados produzidos através de documentos nesta pesquisa não dizem respeito a pesquisa documental, onde segundo Marconi; Lakatos (2003, p. 174) a “fonte de coleta dos dados é restrita a documentos, escritos ou não”. Assumimos como documentos o sentido de Alves (2017, p. 89), que os reconhece como “qualquer registro ou produção intelectual fruto do indivíduo no meio social que possa ser analisada ou estudada”. Outros documentos considerados para produção de dados, segundo Barbosa (2016, p. 88) são os “registros de construções de robôs, manuais técnicos, artigos científicos e reflexões sobre as atividades de suas criações”.

Estes documentos podem estar disponíveis em ambientes virtuais, que permitem os registros tanto pela instituição, pelos participantes da pesquisa e outros. Serão considerados aqueles que corroborarem com evidências analisáveis neste estudo de caso.

4.3.2 Observação direta

A observação é uma técnica de recolha de dados utilizada em larga escala nos estudos de caso. Dentre vários tipos de observação utilizamos o que Yin (2015, p. 118) chama de *Observações diretas*, pois ocorre no contexto do mundo real do caso. Para, Marconi; Lakatos (2003, p. 193) esta é a Observação Não-participante onde afirma que o pesquisador “toma contato com a comunidade, grupo ou realidade estudada, mas sem integrar-se a ela: permanece de fora”. Baseado nas convicções destes autores, buscou-se inicialmente um contato prévio aos possíveis participantes da pesquisa, afim de conhecê-los e adquirir uma certa proximidade, para que no momento das observações para coleta dos dados, os estudantes já estivessem habituados com a presença do pesquisador em seu ambiente de aprendizagem.

Para estas observações, inicialmente pensava-se registrar as atividades em vídeo, porém, não foi possível devido a participação frequente destes estudantes nas competições de Robótica Educacional. São palavras do professor responsável pelas atividades: *“Infelizmente não posso autorizar as filmagens, fomos campeões da OBR, estamos sendo observados, somos a equipe*

a ser batida”. Em respeito à situação e a vontade dos participantes da pesquisa não foram realizadas as filmagens.

Segundo Demo (2012, p. 33) ao desenvolver pesquisa de cunho qualitativo o observador deve buscar informação no que é ou não dito, nos gestos, nas expressões faciais de quem fala e de quem ouve “porque tudo pode estar imbuído de sentido e expressar mais do que a própria fala”. Todavia, com a impossibilidade das filmagens para análise posterior das imagens, os registros das observações foram feitos em diário campo ou diário de pesquisa onde são tomadas as notas de campo, e para Araújo et. al (2013) sua finalidade transcende o simples registro dos acontecimentos e contribui com a compreensão dos fenômenos observados em múltiplas dimensões.

As observações não se limitaram as atividades desenvolvidas no laboratório de robótica, mas se estendeu a condições ambientais, e pessoais de todos os participantes, pois Yin (2015, p. 118) afirma que “podem indicar algo sobre a cultura da organização”, “estas observações podem ser tão valiosas que você pode até mesmo considerar fotografar o local do trabalho de campo” (YIN, 2015, p. 119). Assim o fizemos, a Figura 1 apresenta o ambiente de campo em que foram realizadas as observações.

Figura 1: Laboratório de RE da Escola SESI



Registro: Próprio autor

A Figura 1, ilustra o espaço de aprendizagem dos estudantes e pode-se notar que a disposição das mesas possibilita o trabalho de tal forma que o professor consegue acompanhar o desenvolvimento dos estudantes, com fácil locomoção e acesso a todos os estudantes que se fizerem presentes no laboratório. Este é um fator que contribui com a aprendizagem, pois a

facilidade no acesso aos estudantes possibilita a visualização de situações em que pode intervir e estimular o pensamento. Outro instrumento de produção de dados foi a realização de entrevistas, que são descritas a seguir.

4.3.3 Entrevistas

Considerada por Yin (2015), uma das fontes de informação mais importante para o Estudo de Caso são as entrevistas encontradas com frequência neste método de pesquisa. Porém, diferentemente das aplicações em uma pesquisa de levantamento, as entrevistas no Estudo de Casos são como conversas guiadas e não possuem questões estruturadas.

Neste aspecto, considerando ainda que esta investigação possui uma abordagem qualitativa, foram desenvolvidas as entrevistas classificadas por Yin (2015), como entrevista não estruturada. Para sua realização o autor faz um alerta; este instrumento exige que o entrevistador adote dois níveis de comportamento: primeiro que satisfaça a necessidade da linha de investigação, ou seja, as respostas devem conter evidências que corroborem para a análise dos dados e, simultaneamente, apresente questões em tom amigável, sem que possa haver receio do informante em compartilhar a informação verdadeira ou sua percepção da situação apresentada pelo entrevistador (YIN, 2015).

Realizadas no próprio laboratório de robótica, afim de garantir aos participantes um ambiente que lhes é familiar, e que causasse o mínimo de constrangimento, receio ou inibição, as entrevistas foram agendadas previamente com o professor, para o mesmo horário de atividades dos estudantes. Outro detalhe relevante é que as entrevistas foram realizadas após a participação da equipe em competições de robótica e as informações relacionadas a este tema ainda continham o caráter emocional dos resultados.

Uma dificuldade encontrada na realização das entrevistas foi o fluxo de pessoas no laboratório, mesmo ficando em uma mesa com um certo distanciamento dos estudantes que ali estavam, sentiu-se que houve alguma interferência, pelo barulho e trânsito de pessoas no ambiente. Por outro lado, foi notável o quão a vontade os estudantes se sentiam no ambiente, é provável que este incômodo tenha sido somente por parte do pesquisador.

O registro foi feito em gravação no formato MP4, com a utilização do aplicativo *Gravador de voz* do *Smartphone Motorola Moto G4-Play* do próprio pesquisador, que transcreveu toda a conversa em editor de texto para proceder com a análise das evidências. Na próxima seção discorreremos sobre a análise dos dados.

4.4 O procedimento para a Análise de dados

A análise de dados de um Estudo de Caso é vista por Yin (2015) como mais um desafio, pois é um dos aspectos menos desenvolvidos deste método de pesquisa. Assim, esta fase da investigação buscou pautar-se em teorias, técnicas e exemplos, já fundamentadas em estudos de casos desenvolvidos, tanto em ciências sociais como em outras áreas, onde o método é aplicado com maior frequência, afim de garantir a validade e confiabilidade deste constructo.

Neste sentido, foi estabelecido como estratégia analítica as Proposições Teóricas, determinada por Yin (2015) como o seguimento de proposições que levaram a este estudo de caso. Uma vez que definidas as teorias que fundamentam a investigação, buscando relacionar nuances das atividades de RE da escola SESI com a previsões, ou proposições estabelecidas a partir destas teorias. A partir dessa estratégia geral de análise, procedeu-se com a extração da evidência dos dados coletados.

A técnica de análise das evidências aplicada foi a da Combinação de Padrão, na qual para Yin (2015) se compara um padrão baseado nas descobertas do estudo com um padrão previsto antes da coleta de dados, neste caso, o padrão previsto pela teoria do Construcionismo.

Ao observarmos essas diretrizes foram realizadas as análises de dados desta investigação, onde os resultados são descritos no capítulo 5.

4.5 Apresentação do caso estudado: Robótica Educacional da Escola SESI

A Robótica Educacional vem sendo trabalhada na Escola SESI, unidade de Araguaína – TO desde o ano de 2014. Em busca de novos materiais e novas metodologias de ensino a escola proporciona aos seus colaboradores formações e capacitações na própria rede do sistema “S”. Foi durante estes momentos que os representantes da unidade SESI de Araguaína tiveram o primeiro contato com o material Lego, que deveria ser utilizado por todos os professores no desenvolvimento de suas disciplinas.

Com a utilização do material nas salas, alguns professores foram se apropriando dos *kits* e no início de 2015 tiveram ciência dos torneios de robótica que acontecem pelo Brasil. Com o início das participações nestes torneios as atividades foram tomando notoriedade e segundo o professor responsável pelas atividades isso facilitou a busca por recursos que possibilitariam a inicialização do laboratório específico para as atividades de robótica, este fato possibilitou que mais alunos se interessassem pela metodologia de ensino e aprendizagem. Neste sentido o professor relata:

Não que a participação nos eventos fosse um prêmio final, mas o fato é que essas participações deram mais visibilidade, entende?! para o material, é como se [...] é como se os kits, tivessem saído das quatro paredes da sala de aula e tivessem ganhado assim uma amplitude maior sabe, uma visibilidade maior [...] eu acho que o *start* inicial foi isso. E a montagem do laboratório, acredito que começou a surgir a partir da nossa primeira participação nos torneios (PROFESSOR R, 2019).

Pode-se notar que o professor atribui a crescimento da atividades de robótica e a instalação do laboratório às participações em competições.

Atualmente este laboratório consiste em sala de aproximadamente 60m², localizado em uma área que dá acesso ao pátio da escola. O ambiente é climatizado e equipado com 1 computador de mesa, 7 notebooks, 1 impressora 3D, 4 mesas específicas de teste dos robôs, 1 mini retífica, para confecção de peças complementares, 2 mesas de trabalho e 3 armários para armazenamento de materiais diversos.

Os 22 Kits de Robótica Educacional são proprietários, sendo 18 EV3 LEGO® MINDSTORMS® Education, apresentados na Figura 2.



Fonte: LEGO (2017)

Na figura acima apresenta-se a classificação feita pela empresa, onde dentre os Componentes Principais estão o Bloco programável, que exerce a função de cérebro do robô, a Fonte de energia, Cabos de conexão e os Servomotores que possibilitam a construção dos Efetadores, que segundo Mataric (2014), pode-se pensar “como equivalentes a pernas, braços, dedos e até mesmo línguas biológicas” e os Atuadores que “Nos animais são os músculos e

tendões que fazem os braços, pernas e as costas realizarem o trabalho” (MATARIC, 2014 p. 51). Estes elementos são fundamentais, sem os quais é inviável a construção de um robô autônomo.

Além dos elementos acima o *kit* EV3 também é composto por diversas peças mecânicas, como rodas, polias, engrenagens, pinos, barras e blocos de encaixe, ilustradas na Figura 3.

Figura 3: Kits Lego EV3



Registro: Próprio autor

As peças expostas na figura oferecem inúmeras possibilidades de construção de robôs. Estes materiais ficam disponíveis aos estudantes que frequentam o laboratório, sendo que a responsabilidade pelo zelo e organização fica a cargo dos mesmos.

Desde o início das atividades, passaram pelo laboratório de RE da escola SESI cerca de 36 alunos que formaram ao todo 14 equipes, com estudantes do Ensino Fundamental e Médio. Em sua maioria os estudantes que desenvolvem atividades no laboratório, são meninos, entre 10 e 18 anos, mas algumas meninas, da mesma faixa etária, cerca de 30%, também frequentam este espaço de ensino e aprendizagem.

As atividades de robótica são desenvolvidas no contra turno e existe uma forma de seleção, com critérios não muito definidos. Pelos relatos, tanto dos estudantes como do professor responsável, percebe-se que a participação nessas atividades acontece através de indicação, que é feita pelos professores das disciplinas afins à robótica, como ciências e matemática, que identificam alunos que se destacam nessas disciplinas, os reconhecendo como potenciais componentes, levando em consideração: conhecimento prévio; modelos internos

semelhantes ou próximos da RE, e; familiaridade com assuntos que possam despertar a afetividade dos estudantes. Estes serão indicados ao professor responsável pelas atividades de RE, que apresenta o espaço físico e as atividades desenvolvidas. A participação fica a critério dos estudantes e seus responsáveis, pois trata-se de atividade extracurricular.

Em justificativa a estes critérios de seleção o professor responsável faz analogia da robótica com uma equipe de Futsal:

Quando a gente fala do laboratório, eu sempre costumo dizer isso. Tem escolas que montam times de Futsal, por exemplo, para poder representar a escola nos eventos. Quando esse menino ele é convidado para o time de Futsal é por que ele sabe jogar Futsal e ele vai só aprimorar aquilo que ele sabe, no laboratório de robótica é a mesma coisa [...] ao invés de montar times de Futsal a gente monta times de robótica. Então quando esse menino chega lá ele já vem indicado, então o que que ele vai fazer dentro do laboratório de robótica? Ele vai aprimorar as qualidades que ele já trouxe de lá da sala de aula (PROFESSOR R, 2020).

A partir deste método de seleção identificou-se que as atividades promovem aprendizagem, porém tendo como fator motivacional as competições de robótica, portanto assumimos que o desenvolvimento da pesquisa se deu no laboratório de RE da Escola SESI no contexto de preparação para a Olimpíada Brasileira de Robótica.

A composição atual do laboratório é: 6 estudantes no turno matutino; 6 no vespertino, com metade do Ensino Fundamental II¹⁰ - EF e a outra metade do Ensino Médio (EM); orientados por 3 professores, sendo 1 da área de Matemática, que coordena as atividades e, outros dois professores, com formações em Letras e Educação Física.

Conhecido o espaço físico, com seus materiais, formação e processos de constituição, descrevemos seu enquadramento ao método de estudo de caso.

4.5.1 Enquadramento ao Método de Estudo de Caso

Diante da composição do laboratório e dos agentes que o frequentam, podemos observar inúmeras possibilidades para realização de investigação. No entanto, é dever do pesquisador

¹⁰Ensino fundamental II: Segunda fase do ensino fundamental, compreende estudantes matriculados do 6º ao 9º ano.

identificar a variável de interesse do estudo, e iniciar o processo de definição e delimitação do caso.

Definidas, no capítulo anterior, as diretrizes fundamentais para realização de pesquisa por este método, agora passamos à definição do caso. Para Yin (2015), a definição do caso a ser estudado deve considerar duas etapas distintas, sendo a primeira de definir o caso e a segunda delimitar.

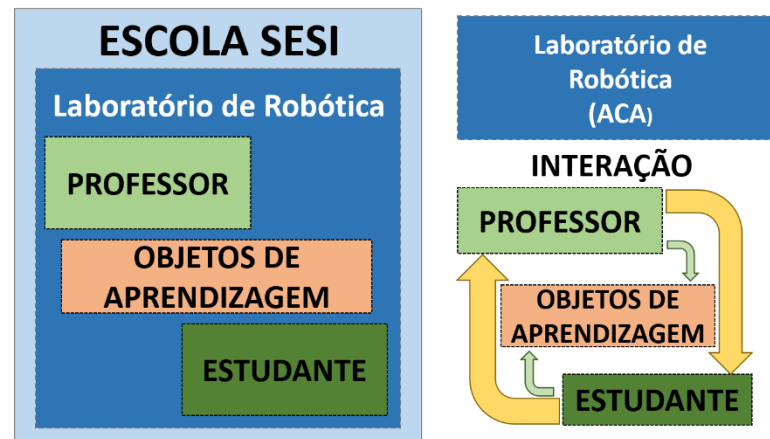
Segundo Ponte (1992, p. 2) “um estudo de caso pode ser caracterizado como um estudo de uma entidade bem definida, como um programa, uma instituição, um curso, uma disciplina, um sistema educativo [...]”, diante disso identificando o sistema de ensino multitemático mediado pela Robótica Educacional, definimos a *O laboratório de Robótica da Escola SESI de Araguaína – TO* como caso estudado nesta pesquisa.

A questão principal de pesquisa busca descrever a relação entre as atividades de robótica desenvolvidas na escola SESI e a teoria do Construcionismo. Conforme exposto no capítulo de referencial teórico, Papert (1988, 1994) defende que a aprendizagem acontece quando o estudante produz ou constrói algo, seja um objeto, um programa de computador ou um texto, logo, para que o estudante tenha a oportunidade de construir algo que lhe proporcione aprendizagem as atividades devem ser conduzidas de forma alternativa à do método de ensino “tradicional”, ao que Papert (1994) chama de Instrucionismo. O processo de aprendizagem deve iniciar-se pela constituição de um ambiente de aprendizagem adequado.

Para alcançar esse objetivo, vamos então focar em partículas menores que compõem este sistema de ensino mediado pela robótica. Para usar desta estratégia nos pautamos em Yin (2015, p. 58), onde afirma que “um mesmo estudo de caso único pode envolver unidades de análise em mais de um nível” isso o caracteriza como um estudo de caso integrado.

Fazendo aproximação do caso com a teoria de Papert (1994, p. 125) identificou-se três unidades de análise que devem compor este caso e nos conduzir a respostas à questão de pesquisa. A primeira unidade diz respeito ao **Ambiente Construcionista de Aprendizagem (ACA)**, a segunda explora **A Interação Professor-Objetos de Aprendizagem-Estudante construída no ACA**, por fim a terceira e última unidade volta-se à **Afetividade suscitada no ACA**. A Figura 4 ilustra a localização do caso e suas unidades de análise no contexto escolar, facilitando a visualização das unidades de análise:

Figura 4: Visualização dos casos e suas unidades de análise



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Yin (2015)

Diante desta configuração nota-se do lado esquerdo da figura o contexto escolar, inserido neste o Laboratório de Robótica, que tem em seu interior: professor; estudante, e; objetos de aprendizagem. Do lado direito destacou-se as unidades de análise integradas. A unidade ACA compreende o laboratório considerando o espaço físico e seus componentes internos. A segunda unidade de análise está representada pelas setas que indicam a interação entre professor- objeto de aprendizagem-estudante no interior do ACA. Por fim, a unidade de análise correspondente à Afetividade não pode ser visualizada na figura, por se tratar de um componente puramente abstrato, porém identificou-se que esta permeia o ambiente e influencia a interação professor-estudante-artefato.

A partir dos objetivos, e das unidades de análise estabelecemos as questões de identificação dos padrão observável, que estão dispostas no Quadro 2. Vale ressaltar que as questões relacionadas às unidades: A Interação Professor-Estudante-Objetos de Aprendizagem e Afetividade; foram direcionadas aos agentes do processo de ensino e aprendizagem, pois são eles que determinam a dinâmica de interação e o suscitar da Afetividade.

Quadro 2: Questões de identificação do padrão

Unidade de análise	Questões de identificação do padrão
ACA	(1) Como se dá a disposição de mesas e cadeiras no laboratório?
	(2) Há materiais para manipulação dos estudantes?
Professor	(1) Como acontece a abordagem inicial e a condução das atividades no laboratório de robótica?
	(2) Como acontece a orientação/intervenção para construção dos robôs?
	(3) Como é feito o registro das produções dos estudantes?
Estudantes	(1) Como os estudantes acatam as orientações para iniciar as atividades?
	(2) Como acontece o processo de construção e programação dos robôs?
	(3) Como são apresentadas as produções dos estudantes do laboratório de robótica?

Fonte: Próprio autor

Às questões de pesquisa podemos vincular algumas proposições, que vão exercer, segundo Yin (2015) o papel de direcionamento ao que deve ser examinado, delimitando o escopo do estudo, para minimizar o risco de incorrer na observação de fenômenos ou eventos que não corroborem com a investigação. Nesta perspectiva apresentamos as proposições no Quadro 3:

Quadro 3: Proposições do Estudo de Caso

Unidade de análise	Proposição
ACA	(1) As mesas e cadeiras são enfileiradas e o professor fica a frente dos estudantes.
	(2) Os materiais são manipulados apenas pelo professor e os estudantes apenas visualizam a manipulação.
Professor	(1) Inicialmente, visita para conhecimento do espaço e materiais, seguida da proposição de desafios a serem superados com os robôs.
	(2) Apresentação de tarefas que devem ser cumpridas pelo robô.
	(3) Avaliação da aprendizagem por meio do desempenho do robô na superação das tarefas propostas.
Estudantes	(1) Empolgação com o contato com a robótica e reconhecimento de conteúdos vistos em sala de aula que poderão ser aplicados.
	(2) Aprendizagem e conhecimento de variados conteúdos de matemática, por meio de sua aplicação na construção e programação dos robôs.
	(3) Apresentação dos robôs em feiras da escola.

Fonte: Próprio autor

A vinculação das proposições às evidências indica previamente a estratégia de análise dos dados (YIN, 2015) e algumas ferramentas, como a estatística, pode ser utilizada como critério para interpretação dos dados, porém, como exposto anteriormente, este estudo de caso tem abordagem qualitativa o que impossibilita o tratamento estatístico dos dados.

Um critério alternativo e importante para interpretação das evidências, no estudo de caso, apresentado por Yin (2015) é combinação de padrão, que foi apresentada na seção 4.4 que é dedicada à apresentação prévia das estratégias de análise de dados.

Diante desse contexto podemos notar que a quantidade de pessoas envolvidas nas atividades ainda é grande, quando se trata de uma pesquisa qualitativa feita pelo método de Estudo de Caso. Portanto para definir os participantes da pesquisa estabelecemos alguns critérios para a seleção dos mesmos, estes critérios estão descritos na próxima seção.

4.5.2 Critérios de Seleção dos Participantes

Os critérios para seleção do caso a ser estudado dependem diretamente das questões que se pretende investigar, neste trabalho, - recorreremos mais uma vez ao objetivo proposto. Assim, buscamos explicar a relação de ensino e aprendizagem de Matemática mediado pela Robótica Educacional, logo, necessitamos de uma instituição que desenvolva atividades de robótica de forma contínua.

Fazendo contato com as escolas da cidade de Araguaína, identificamos apenas a escola SESI com a característica supracitada, o que a fez candidata única como campo de pesquisa. Após contato com a coordenação da escola e com o professor responsável pelo laboratório conseguimos autorização para realização da pesquisa.

Só então que foram estabelecidos os critérios de seleção de participantes. Das três unidades de análise somente uma é passível de seleção de participantes, porém, como os participantes exercem suas atividades no laboratório em classes distintas, foram estabelecidos critérios de inclusão e exclusão para cada classe. Iniciemos então com os critérios de inclusão e exclusão, relacionados ao professor, que são os componentes do quadro 4:

Quadro 4: Critérios de inclusão e exclusão - professor

Participante	Critérios de inclusão
Professor	- Ser professor que ensina robótica; - Ser professor da disciplina de Matemática;
	Critérios de exclusão
	- Não ser professor da disciplina de Matemática; - Não ser professor que ensina Robótica; - Ter saúde debilitada.

Fonte: Próprio autor

Estes critérios foram estabelecidos afim de contemplar a pesquisa com um participante que trabalhe diretamente com a robótica, durante as atividades no laboratório acompanhando os estudantes de forma contínua e seja conhecedor dos conceitos matemáticos explorados ou potencializados pela robótica. Para a seleção dos estudantes a participarem a pesquisa assumimos os seguintes critérios:

Quadro 5: Critérios de inclusão e exclusão - estudantes

Participante	Critérios de inclusão
Estudantes	- Ser estudante do EF II ou EM; - Compor equipe de robótica; - Participar rotineiramente das atividades de RE.
	Critérios de exclusão
	- Participar esporadicamente das atividades; - Ter saúde debilitada.

Fonte: Próprio autor

A seleção dos estudantes se deu pelos critérios estabelecidos acima, que buscaram por aqueles que participam do ciclo completo das atividades desenvolvidas no laboratório de forma contínua. Aplicados estes critérios chegamos aos participantes da pesquisa, que passou a configuração apresentada no quadro 6:

Quadro 6: Participantes da pesquisa

Participantes	Perfil
Professor	Homem 35 anos, licenciado em Ciências – Matemática, com 13 anos de experiência em sala de aula e 6 anos trabalhando com ensino de Robótica Educacional.
Estudantes	Menina 15 anos, estudantes do 9º ano do EFII, compõe a equipe há 2 anos.
	Menina 14 anos, estudantes do 9º ano do EFII, compõe a equipe há 2 anos.
	Menino 15 anos, estudantes do 1º ano do EM, compõe a equipe há 3 anos.
	Menino 18 anos, estudantes do 2º ano do EM, compõe a equipe há 4 anos.

Fonte: Próprio autor

Definidos os participantes e reconhecendo a necessidade de submissão do projeto de pesquisa ao Comitê de Ética e Pesquisa - CEP, por tratar-se de investigação com envolvimento de seres humanos, descrevemos na próxima seção os aspectos éticos.

4.6 Aspectos éticos da pesquisa

De acordo com a Resolução nº 466/12 e a Resolução n. 510/16 “toda pesquisa envolvendo seres humanos deve ser submetida à apreciação de um Comitê de Ética em Pesquisa (CEP)”, afim de promover as garantias éticas aos seus participantes. Cumprindo com esta exigência, bem como o enquadramento desta pesquisa em todos os critérios éticos que garantem aos participantes a confidencialidade de suas identidades, o projeto de desenvolvimento da pesquisa foi submetido ao CEP.

Tendo sido cadastrado na Plataforma Brasil para avaliação, o primeiro parecer apontou algumas inconsistências e a falta de alguns documentos, como a autorização prévia da escola onde seria desenvolvida a pesquisa. Atendidas as orientações dos pareceristas, foram encaminhados juntamente com o projeto reformulado todos os documentos exigidos.

O **Parecer nº 4.152.649** foi emitido concedendo ao pesquisador o direito de realizar a pesquisa sempre observando as exigências éticas.

Definido o caso com suas unidades de análise, selecionados os participantes da pesquisa e apresentadas as informações acerca dos aspectos éticos, seguimos com o este relatório apresentando no capítulo 5 a análise dos dados produzidos.

5 ANÁLISE DE DADOS

Conforme indicado no capítulo que trata do percurso metodológico desta pesquisa, para o desenvolvimento da análise dos dados, utilizou-se da técnica de Combinação de Padrão, descrita por Yin (2015) como estratégia de análise. Segundo esse autor, na aplicação de tal técnica, busca-se nas evidências um padrão empírico predeterminado pela teoria.

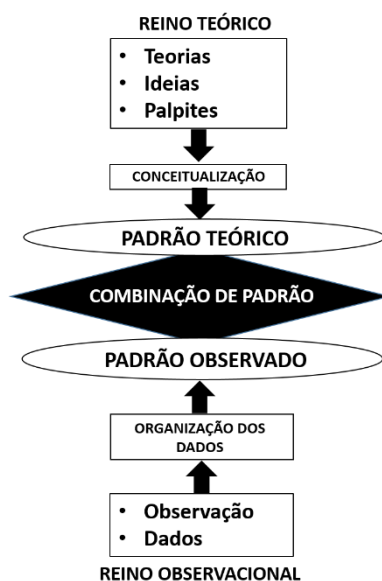
A Combinação de Padrão, segundo Sinkovics (2018, p. 468, tradução nossa) “pode ser extremamente útil em vários níveis”, pois objetiva a externalização das ideias e das concepções ajudando o leitor a “reconstituir os processos de pensamento dos investigadores” (SINKOVICS, 2018, p. 468, tradução nossa) e, conseqüentemente, na compreensão de como se chegou aos resultados apresentados.

Sinkovics (2018) afirma que a análise de dados qualitativos guiada por esta técnica ainda exige que se faça contextualização cuidadosa e detalhamento operacional preciso, afim de satisfazer as barreiras de rigor e relevância exigidas na produção científica. Definindo a técnica a autora corrobora com a descrição de Yin (2015) e afirma que

Fundamentalmente, a combinação de padrão envolve a comparação de um padrão teórico previsto com um padrão empírico observado. A suposição subjacente é que os seres humanos entendem o mundo comparando o que observam externamente com modelos mentais internos (SINKOVICS, 2018, p. 468-469, tradução nossa, grifo nosso).

Outra especificidade da técnica adotada neste estudo é o percurso desenvolvido para se descrever as constatações. Neste sentido, partiu-se da teoria, passando pelas ideias do pesquisador até se estabelecerem os padrões teóricos que sustentam a análise. Chegado este ponto, o pesquisador deve seguir a partir da outra extremidade do sistema, ou seja, percorrer os dados, organizá-los e extrair os padrões a serem comparados com os da teoria. Sinkovics (2018) classifica este trajeto como Combinação de Padrão Parcial, pois é executado em duas parcelas, as quais têm pontos de partida distinto, uma se inicia no Reino Teórico e a outra no Reino Observacional.

Ao partir do Reino Teórico chega-se à determinação dos padrões vinculados à teoria, feito isso, assume-se o outro ponto de partida para determinação dos padrões observáveis, para então fazer a combinação. A Figura 5, adaptada de Sinkovics (2018) ilustra o trajeto da Combinação de Padrão Parcial.

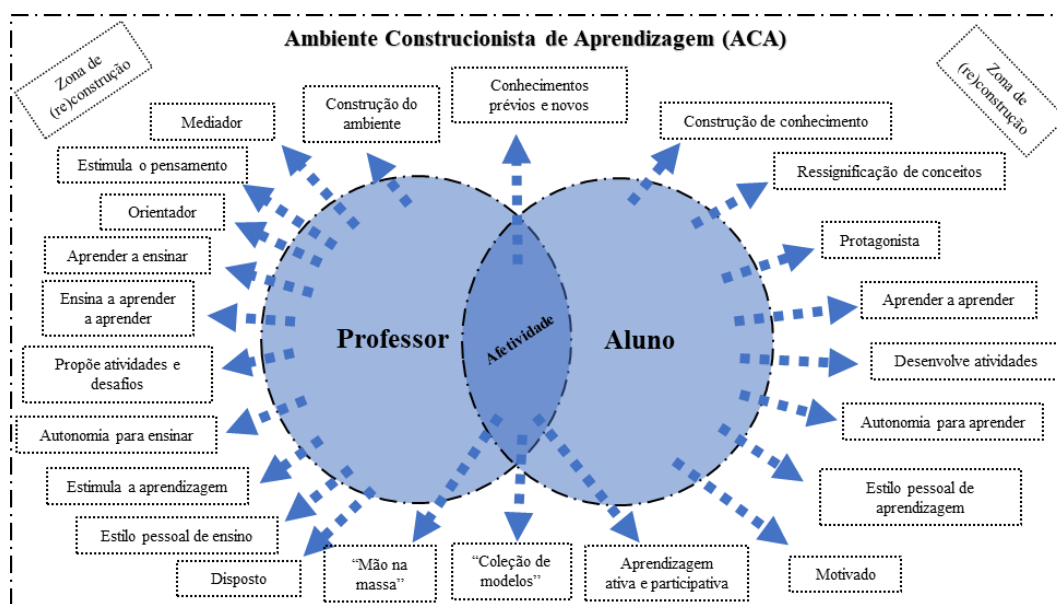
Figura 5: Combinação de padrão parcial

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Sinkovics (2018)

A organização da trajetória de análise dos dados parte do conhecimento e aproximação com a teoria, que possibilita ao pesquisador a formulação e ressignificação de conceitos acerca do pressuposto teórico que lhe presta apoio. De posse destes conceitos e identificado o caso a ser estudado, o pesquisador chega à unidade de análise, onde deve ser identificado o padrão teórico.

Portanto, afim de dar ênfase aos aspectos que entendemos como primordiais na teoria Construcionista, aspectos estes que foram identificados a partir da teoria e pensando nas unidades de análises, que por sua vez, devem compor os padrões teóricos a serem comparados com àqueles que emergem dos dados produzidos, desenvolveu-se em parceria com outros pesquisadores a Figura 6, já publicada em Santos; Evangelista; Alves (2020) que ilustra a teoria descrita nos capítulos anteriores e nos possibilita a identificação visual, das unidades de análise deste caso e os aspectos que destacamos como elementos que contribuem com a aprendizagem, segundo a teoria de Seymour Papert (1988, 1994). A partir destes elementos foram estabelecidos os padrões teóricos.

Figura 6: Padrões do Reino Teórico de Seymour Papert



Fonte: Santos; Evangelista; Alves (2020, p. 261)

A figura ilustra, de forma geral, o que identificamos como Ambiente Construcionista de Aprendizagem (ACA), um Micromundo de Aprendizagem que segundo Barros e Stivam (2012, p. 188) "[...] consiste na ideia de mundos auto contidos, em que os alunos podem transferir seus hábitos de exploração da vida pessoal para o ambiente que propicia a construção do conhecimento científico". A partir desse entendimento moldou-se o Laboratório de Robótica, da escola SESI, como Micromundo de Aprendizagem de Robótica Educacional e Matemática.

Desse ponto de vista, a Figura 6 nos apresenta as Unidades de Análise Integradas que trabalhamos em nosso Estudo de Caso, são elas: o Ambiente Construcionista de Aprendizagem (ACA), A Interação Professor– Objetos de aprendizagem-Estudantes construída no ACA e a Afetividade suscitada no ACA.

Para tanto, apoiando-se na concepção de Papert (1988, 1994) de que a aprendizagem ocorre a partir da formulação de Micromundos, destacamos como primeiro padrão teórico Construcionista: **A formulação Ambiente Construcionista de Aprendizagem**. Nesta unidade buscamos mostrar que o laboratório [espaço físico e matérias que o constituem] corresponde ao Micromundo de aprendizagem nos moldes apresentados por Papert (1988, 1994), conseqüentemente formando o ACA.

Ainda observando a figura nota-se que, no ambiente representado, o professor, com autonomia, deixa de ser o centro do processo de ensino e aprendizagem passando ao papel de orientador, que estimula o pensamento, propõe atividades e desafios que conduzam à aprendizagem. Já o estudante, de forma ativa e participativa neste ambiente de ressignificação

de conceitos, assume o protagonismo pela construção do seu próprio conhecimento. Nota-se que a partir da postura do professor o estudante é provocado a agir, e interagir, tanto com os objetos de aprendizagem como com o professor, portanto, desta observação emerge o segundo padrão teórico Construcionista em destaque neste estudo: **A Interação Professor- Objetos de aprendizagem-Estudantes construída no ACA.**

Não por acaso a figura é disposta como um diagrama de conjuntos, sendo estes, professor e estudante, tendo em sua intersecção alocada a Afetividade, que é o principal fator que difere as teorias do Construcionismo de Papert e o Construtivismo de Piaget, e que Papert (1994) defende como fator a ser levado em consideração na aprendizagem. Entendemos que a Afetividade é o fator responsável pelo estímulo do estudante à autonomia, que o impulsiona na busca por superar os desafios emergentes no desenvolvimento das atividades e os que são propostos pelo professor. Nestas condições o estudante tende a empregar outros aspectos do Construcionismo como: colocar a “mão na massa” para construir um artefato robótico; acesso a “coleção de modelos” que traz de suas vivências de dentro e de fora da sala de aula, dentre outros. Este fator denota o terceiro padrão teórico em destaque: **Afetividade suscitada no ACA.**

A identificação dos padrões teóricos sustentou a continuação da análise a partir dos dados. Estes padrões foram organizados em tabelas, onde as colunas continham os padrões supracitados, além de outros aspectos Construcionistas e as linhas continham lacunas que foram sendo preenchidas com as evidências à medida que foram sendo visualizadas pelo pesquisador. Para a combinação destes padrões organizou-se quadros que dispunham os padrões observáveis seguido de discussão a respeito de cada aspecto apresentado.

Então, a partir destas orientações e compreensões desenvolveu-se a discussão apresentada nas seções subsequentes. Buscou-se explicar os vínculos entre os padrões teóricos e observacionais, sendo que cada subseção corresponde a uma unidade de análise.

5.1 O Ambiente Construcionista de Aprendizagem (ACA)

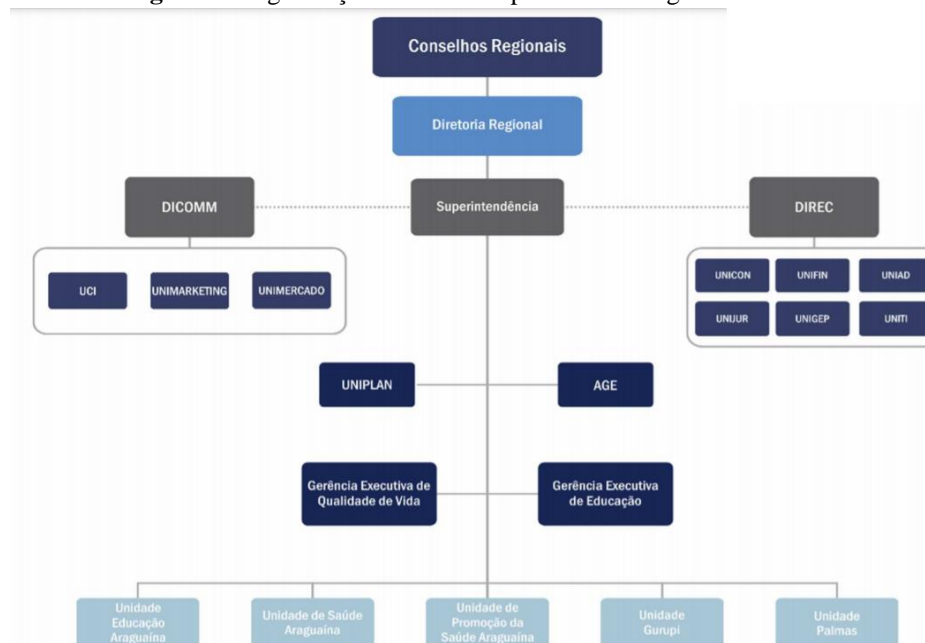
Nessa Unidade de Análise partimos de uma visão geral dos espaços de interação para o espaço particular de aprendizagem na Escola SESI de Araguaína, neste local passamos a elencar argumentos que constatarem que o Laboratório de Robótica desta escola tem características de um Micromundo e se constituiu como um Ambiente Construcionista de Aprendizagem (ACA).

A Escola SESI de Araguaína faz parte da rede de Serviços Sociais da Indústria, instituições paraestatais¹¹ de atuação em âmbito nacional. Este serviço foi criado em 1º de julho de 1946 pelo Decreto-lei nº 9.403, o qual

[...] tem por escopo estudar, planejar e executar medidas que contribuam, diretamente, para o bem-estar social dos trabalhadores na indústria e nas atividades assemelhadas, concorrendo para a melhoria do padrão de vida no país, e bem assim, para o aperfeiçoamento moral e cívico, e o desenvolvimento do espírito da solidariedade entre as classes (BRASIL, 1965, p. 1).

A referida instituição é formada por um Departamento Nacional e 27 Departamentos Regionais, dentre estes está o Departamento Regional do Tocantins, o qual tem uma estrutura organizacional conforme a Figura a seguir:

Figura 7: Organização Geral do Departamento Regional do Tocantins



Fonte: Sesi (2018)

Essa estrutura inicia-se pelo Conselho Regional, o qual é responsável por votar o orçamento, apreciar a execução orçamentária, definir programas e discutir metas, entre outras.

¹¹Segundo Meirelles (1978, p. 32) instituições paraestatais são entidades “de direito privado, cuja criação é autorizada por lei, com patrimônio público ou misto, para a realização de atividades, obras ou serviços de interesse coletivo, sob normas e controle do Estado”.

Depois temos a Diretoria Regional, que fica responsável por submeter ao conselho o orçamento anual, apresentar relatórios de prestação de contas, autorizar despesas, programar e executar ações planejadas, entre outras ações (SESI, 2016).

Abaixo da diretoria estão três subunidades: DICOMM, Superintendência e a DIREC. A primeira é a Diretoria de Comunicação Marketing e Mercado, ela é responsável pela gestão da Comunicação Institucional, Marketing e relacionamento com o Mercado. A segunda é responsável pela gestão das ações do SESI-TO: assegurar o alinhamento com os outros departamentos do SESI, buscar parcerias, gerir recursos, propor políticas de ação, entre outras ações. Por fim, a Diretoria Corporativa, é responsável por articular o compartilhamento de recursos dos departamentos (SESI, 2016).

Subordinado a DICOMM estão as subunidades: Unidade de Comunicação Institucional (UCI), Unidade de Marketing (UNIMARKETING) e a Unidade de Mercado (UNIMERCADO). Já sob o comando DIREC estão: Unidade Corporativa de Contabilidade (UNICON), Unidade Corporativa Financeira (UNIFIN), Unidade Corporativa Administrativa (UNIAD), Unidade Jurídica (UNIJUR), Unidade Corporativa de Gestão de Pessoas (UNIGEP) e Unidade Corporativa de Tecnologia da Informação (UNITI) (SESI, 2016).

Em uma relação hierárquica menor do que as já citadas, estão: a Assessoria de Gestão da Estratégia (AGE), a Unidade de Planejamento, Orçamento e Gestão (UNIPLAN) e a Unidade Executiva de Negócio (UNEX). Nas respectivas ordens de subordinação. Por último encontramos as unidades operacionais: a Unidade Operacional de Palmas – SESI Palmas, a Unidade Operacional de Gurupi – SESI Gurupi, a Unidade Operacional de Saúde de Araguaína, a Unidade Operacional de Lazer de Araguaína e a Unidade Operacional de Educação de Araguaína (SESI, 2016). Essa última é

Responsável por desenvolver atividades de Educação Básica e Continuada para industriários, seus dependentes e comunidade em geral, promover a melhoria da qualidade da educação e a elevação da escolaridade do trabalhador da indústria e seus dependentes, visando atuar como provedora de soluções para o setor industrial, atendendo à missão Institucional do SESI-TO (SESI, 2016, p. 21).

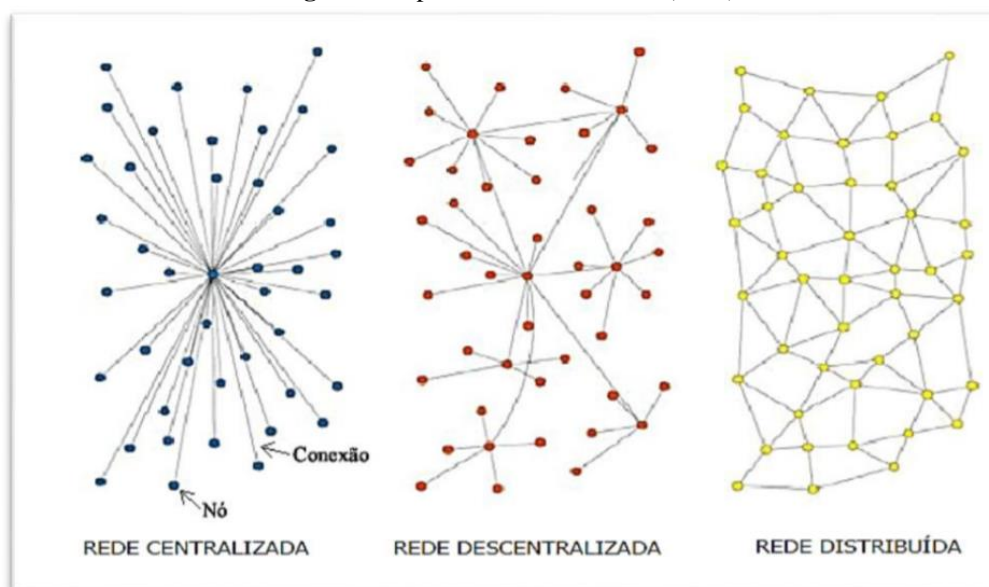
A Unidade Operacional de Educação de Araguaína oferece Ensino Fundamental - 6º ao 9º ano, “os anos finais do ensino fundamental atendem alunos de 11 a 14 anos de idade e tem duração de 4 anos letivos” (SESI, 2016, p. 38). Ela disponibiliza, também, Ensino Médio, o qual “Atende alunos de 15 a 17 anos de idade e tem duração de 3 anos letivos” (SESI, 2016, p. 38). Neste processo educativo eles buscam desenvolver os seguintes valores humanos: “Estudo e aprendizado constantes, Inovação, Empatia e trabalho em equipe, Atuação sistêmica,

dedicação e comprometimento” (SESI, 2018, p. 19). Para alcançar tais valores a rede SESI Tocantins é composta por

[...] 5 unidades descentralizadas, distribuídas em 3 municípios, tem sua atuação voltada para as empresas e trabalhadores industriais, com ênfase à educação básica, educação continuada, saúde e segurança no trabalho, ações de promoção da saúde, eventos educativos, sociais e esportivos, que visam à melhoria da qualidade de vida do trabalhador e da comunidade de interesse da indústria (SESI, 2018, p. 21).

Essas unidades descentralizadas são tipos de redes segundo Baran (1964), o qual apresentou três modelos: Rede Centralizada, Rede Descentralizada, Rede Distribuída. O que pode ser visto na Figura 8:

Figura 8: Tipos de Redes de Baran (1964)



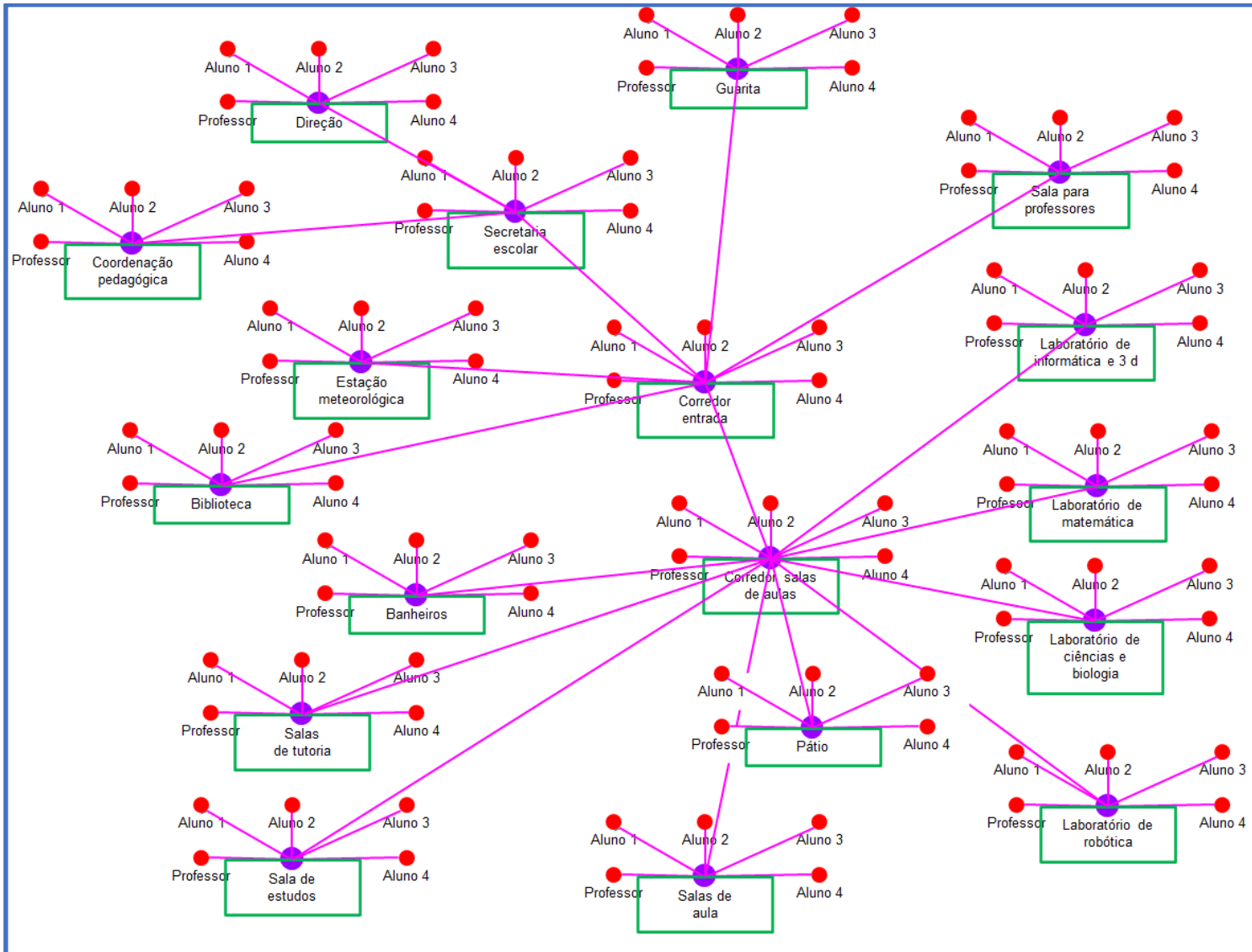
Fonte: Alves (2017)

As Redes Descentralizadas também são conhecidas como Rede Multicentralizada. Essa rede é o contexto social dos estudantes que se educam na Escola SESI de Araguaína, pois “[...] tanto a estrutura da rede do contexto social quanto a do sujeito modificam-se conforme o entrelaçamento do sujeito no contexto social” (ALVES, 2017, p. 97-98).

A estrutura da organização Geral do Departamento Regional do Tocantins é também visualizada na organização interna da Escola SESI de Araguaína, a qual, para o final do Ensino Fundamental e Ensino Médio oferece as disciplinas: Arte, Biologia, Ciências Humanas, Ciências da Natureza, Ciências, Ciências Aplicadas, Ed. Física, Empreendedorismo, Espanhol, Filosofia, Física, Geografia, História, Inglês, Laboratório, Libras, Linguagens, Matemática, Português, Projetos de Aprendizagem, Química, Redação, Robótica, Sociologia (SESI, 2020).

Os participantes de nossa pesquisa interagem nessas disciplinas nas redes de espaços comunicacionais locais, apresentados na Figura 9:

Figura 9: As redes dos espaços comunicacionais locais da Escola SESI de Araguaína



Fonte: Adaptado Sesi (2020)

Percebe-se que, este contexto social, mais especificamente o ambiente escolar, apresentado na Figura 9 é composto por diversos espaços que podem ser explorados pelos estudantes e isso pode lhes causar aprendizagens diversas. A partir desta visualização entende-se, segundo Ugarte (2008), que a interação dos estudantes que utilizam destes espaços, interação esta que acontece dentro da sala de aula, nos momentos de intervalo ou mesmo fora da escola,

estabelece uma ponte de ligação entre os ambientes. Assim os nós¹² maiores, embora colocamos os nomes dos espaços da Escola SESI de Araguaína, não se trata de uma rede de infraestrutura da escola, mas sim espaços que geram acontecimentos que buscam possibilitar a aprendizagem dos estudantes envolvidos nessa escola. Na figura representamos com nós menores só os participantes da pesquisa por uma questão visual. Assim os nós Aluno 1, Aluno 2, Aluno 3, Aluno 4 e Professor estão em conexão¹³ em nós de espaços comunicacionais formando uma rede de aprendizagem. Neste sentido Lemos (2012, p. 35) aponta que

A rede é assim o que se forma nas mediações. Ela é mobilidade das associações e se faz e se desfaz a todo momento. Ela não é, portanto, a grade, a malha ou o tecido por onde passam coisas, mas justamente o que se forma da relação entre esses objetos. Sendo assim, a rede não é infraestrutura e está sempre se fazendo e se desfazendo, sendo móvel, rizomática, sempre aberta.

Entende-se que a composição das características, da rede de aprendizagem, citadas pelo autor, depende diretamente da relação entre os estudantes, com cada nó exercendo sua parcela de contribuição nesta interação que pode culminar em alguma forma de aprendizagem, dando a esta rede a dinamicidade descrita por Lemos (2012). Em que, por se tratar de uma escola, cada um dos espaços está repleto de materiais, instrumentos e dizeres que promovem ou estimulam a aprendizagem em áreas específicas, pode-se dizer que esta é uma rede de Micromundos de Aprendizagem que "[...] consiste na ideia de mundos auto contidos, em que os alunos podem transferir seus hábitos de exploração da vida pessoal para o ambiente que propicia a construção do conhecimento científico" (BARROS; STIVAM, 2012, p. 188).

Observamos que esses autores tensionam o conceito de Micromundos de Aprendizagem, uma vez que o desassocia da presença do computador. Isso no intuito de abarcar o desenvolvimento de atividades escolares com outros tipos de aprendizagens, que não envolvam o computador, e que contribuem com a vida dos estudantes dentro e fora da escola. Estas aprendizagens contribuem com a formação do cidadão quanto ao trabalho em equipe, relação interpessoal, posicionamento crítico, entre outras. Ao lembrarmos da caracterização feita por Papert (1988, p. 151) sobre a característica do Micromundo de Aprendizagem ser “um ambiente de aprendizagem interativa que tem como base o computador, em que os pré-

¹² O nó de uma rede consiste no ponto de encontro ou de interação entre suas linhas de ligação (LEMOS, 2012).

¹³Ponte de ligação que caracterizam a formação de uma rede (LEMOS, 2012).

requisitos estão embutidos no sistema e em que os aprendizes podem tornar-se ativos arquitetos construtores de sua própria aprendizagem”, nos é permitido reduzir as redes dos espaços comunicacionais locais da Escola SESI de Araguaína ao espaço comunicacional do Laboratório de Robótica dessa escola, sabendo que ele faz parte de uma rede maior de Micromundos de Aprendizagem, mas que há nele uma rede própria de Micromundos de aprendizagem de Ciências, Matemática e Tecnologias Digitais.

Deste modo, passamos a explorar o interior do laboratório afim de descrever outros aspectos Construcionistas observados no desenvolvimento das atividades ali desenvolvidas.

5.1.1 Objetos de Aprendizagem: a aprendizagem por meio da interação prática

Estar a falar da rede de Micromundos de Aprendizagem do Laboratório de Robótica da Escola SESI de Araguaína, é tecer dizeres sobre os educadores e educadoras que acreditam que o processo educativo se inicia pela manipulação de materiais reais ou digitais. Neste sentido, os pesquisadores e educadores que advogam sobre o ensino mediado por materiais manipuláveis ou tangíveis são, para nós, sinônimos do que Zuckerman (2019) chama de Objetos de Aprendizagem. Esse pesquisador, do laboratório de Mídias do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT Media Lab), os conceitua como: “Objetos de aprendizagem são objetos físicos, projetados especificamente para promover a aprendizagem por meio da interação prática” (ZUCKERMAN, 2019, p. 1, tradução nossa).

O referido investigador apresenta, em poucas linhas de um artigo, uma visão histórica de pensadores que foram os pioneiros em defender uma aprendizagem por meio da interação prática de objetos. Segundo ele a história dos Objetos de Aprendizagem se iniciou com a filosofia e sugestões de projetos educacionais de John Locke (1632-1704). Discussão que teve continuidade com os pioneiros educacionais Friedrich Froebel (1782-1852), Maria Montessori (1870-1952) e John Dewey (1859-1952). A partir dessa constatação Zuckerman (2019) criou três categorias de Objetos de Aprendizagem: Construção e Projetos (associado a Froebel), Manipulação Conceitual (associado a Montessori) e Simulação ou Encenação de um Evento Real (associado a Dewey). Segundo o autor essas três categorias são resultantes de movimentos educacionais: o movimento da “Experimentação”, o movimento das “Mãos Inteligente” e o movimento da “Realidade Simplificada”, representados respectiva por Montessori, Froebel e Dewey.

Para essa pesquisa nos interessa a categoria associada a Froebel, pois Zuckerman (2019) afirma que são kits de construção de unidades em duas ou três dimensões que se conectam para

construção de um objeto. Essas unidades são baseadas em regras geométricas, as quais ajudam a explorar a realidade por meio do arranjo das unidades de maneiras que se assemelham as coisas do mundo real, como casa, uma árvore, uma pessoa, uma fazenda, um animal, uma máquina e outros. A partir desses objetos podemos explorar os conceitos abstratos encapsulados neles. Do mundo digital dessa categoria Zuckerman (2019) dá o exemplo do kit LEGO Mindstorms, para construção de robôs educacionais, como Objeto de Aprendizagem que seguem a tradição das ideias de Froebel, as quais busca incentivar os alunos a projetar e construir modelos do mundo. Apresentamos, no Quadro 7, as evidências observáveis sobre a aprendizagem por meio da interação prática, que chamamos, aqui, de Aprender Fazendo.

Quadro 7: Padrão Observado do Aprender Fazendo

FONTE DA EVIDÊNCIA ¹⁴	PADRÃO OBSERVACIONAL APRENDER FAZENDO
PROFESSOR R	[...] eu não digo para eles, eu não digo para eles [...] olha você precisa levar essa bolinha de isopor do canto A pro canto B. Para fazer isso você precisa construir um robô , que tenha pouco atrito, para que ele se desloque com facilidade e consiga fazer esse transporte. O que muito acontece na robótica [...] é a apresentação do desafio, agora como levar essa bolinha de isopor do ponto A ao ponto B é algo que vai ser totalmente desenvolvido por eles [...]
ESTUDANTE 1	[...] eu já praticava modelagem 3D em casa por causa de jogos, enfim eu gostava, então eu tive mais facilidade por que eu mexia com esse tipo de programa [...]
ESTUDANTE 2	O que eu acho, é basicamente assim [...] como equipe de duas pessoas geralmente e bem objetivo, um monta e o outro programa , claro que na verdade não é só essa duas funções, claro que quem programa pode montar e quem monta também pode programar [...]
ESTUDANTE 4	Em questão de programação eu vejo, pelo menos, muito os meninos usando regras de matemática então ajuda muito [...] na montagem também.
ESTUDANTE 4	Eu gosto bastante, por que tipo assim, além de colocar minha criatividade em prática tanto na montagem como programação , também o convívio com pessoas novas e diferentes turmas, expande meu ciclo de amizade [...] [...] Sim, por que, pra encaixar bem e fazer um robô compacto eu preciso medir todos os ângulos para que ele não fique uma coisa muito móvel , uma coisa maleável, que possa se desfazer com facilidade, tem que ser uma coisa bem compacta pra segurar toda a estrutura [...]
NOTA DE CAMPO	Os alunos veem a necessidade de peças que não estão nos kits, então começam a pensar na fabricação de uma peça para ser impressa em 3D . O processo de produção de peças 3D segue algumas etapas, uma delas e a projeção das peças feitas no software Fusion 360, onde o estudante deve desenhar as peças levando em consideração as dimensões do robô e da bola que deverá ser resgatada . Entende-se que este software constitui um micromundo de

¹⁴Expressamos por Fonte da evidência os instrumentos apresentados no capítulo que trata do percurso metodológico, portanto, quando nos referimos ao professor e/ou aos estudantes, estas evidências são frutos das entrevistas ou das produções destes participantes da pesquisa.

Quadro 7: Padrão Observado do Aprender Fazendo

	aprendizagem matemática onde o estudante vai pôr em prática conceitos como o de figuras tridimensionais e unidade de medidas.
--	---

Fonte: Próprio autor

Os dizeres do professor, dos estudantes e a nota de campo denotam que a construção e programação do robô, bem como, a criação de peças adicionais, são desenvolvidas pelos estudantes, que põem a “mão na massa” no desenvolvimento das construções. Portanto, no Micromundo de Aprendizagem do Laboratório de Robótica da Escola SESI de Araguaína, seja na montagem e/ou na programação de robôs educacionais, o conceito de aprender por meio da interação prática é empregado constantemente. Fato que combina aos dizeres de Papert (1999, p.1), quando diz que a

[...] primeira grande ideia é aprender fazendo. [...]. A segunda grande ideia é a tecnologia como material de construção. Se você puder usar a tecnologia para fazer coisas, você pode fazer coisas muito mais interessantes. E você pode aprender muito mais fazendo-as. Isto é especialmente verdadeiro na tecnologia digital: computadores de todos os tipos, incluindo o Lego controlado por computador em nosso laboratório. (PAPERT, 1999, p.1)

Entendemos que a manipulação de peças para a construção de um robô e dos softwares que os comandam, compõem a realidade dos estudantes pesquisados, assim pela combinação teórico-prático mostramos pelo Quadro 7 que eles aprendem fazendo nos mundos auto contidos: da construção e programação de robôs, do desenho e fabricação de peças em impressoras 3D, da Matemática ao medirem os ângulos para produzirem um robô compacto e rígido. Nessas condições o robô, durante seu processo de construção e programação, vai exercer a função de “objeto de pensar com” defendida por Papert (1988, 1994).

Desse ponto de vista, nosso entendimento é que a aprendizagem, dos saberes matemáticos, dos participantes da pesquisa ocorre na autoria do Objeto de Aprendizagem robô. Essa aprendizagem por meio da interação prática, segundo Castelnuovo (1970, p. 23) tem que ser reflexiva em que

[...] o interesse da criança não seja atraído pelo objeto material em si ou pelo ente matemático, senão pelas operações sobre o objeto e seus entes. Operações que, naturalmente, serão primeiro de caráter manipulativo para depois interiorizar-se e posteriormente passar do concreto ao abstrato (CASTELNUOVO, 1970, p. 23).

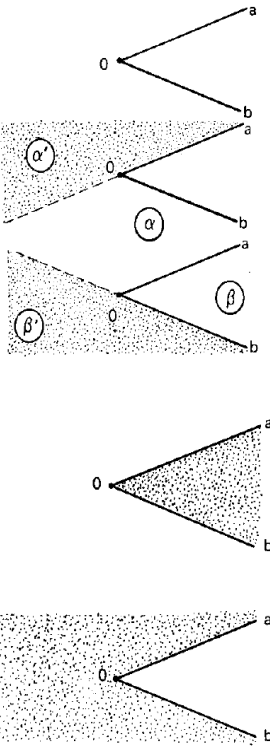
Esses dizeres nos alertam para a atenção que professor e instituição de ensino devem ter para não subverterem aprendizagem por meio da interação prática. Para exemplificação, tomemos a evidência: “fazer um robô compacto eu preciso medir todos os **ângulos** para que ele não fique uma coisa muito móvel, uma coisa maleável, que possa se desfazer com facilidade,

tem que ser uma coisa bem compacta pra segurar toda a estrutura” (ESTUDANTE 4, 2020). Outro problema envolvendo ângulo e robô são os dizeres de Barbosa et al. (2020, p. 5) que afirma que uma

[...] situação comum é posicionar o robô no centro de uma sala e, quando o mesmo identificar um obstáculo, ele pode fazer um giro de 90° para que possa desviar. Essa ação tem duas possibilidades de execução: travar uma das rodas enquanto a outra exerce o movimento; ou fazer com que as duas se movimentem simultaneamente. (BARBOSA et al., 2020, p. 5)

Dizeres que nos remetem não só ao saber medir ângulo, mas ao conceito matemático do que é ângulo na construção e uso do Objeto de Aprendizagem robô. Na figura apresentamos alguns conceitos de ângulos encontrados em livros didáticos.

Figura 10: Conceitos de ângulo

<p>6. Consideremos duas semi-retas Oa e Ob de mesma origem, distintas e não opostas.</p> <p>A reta a divide o plano ab em dois semi-planos opostos. $\alpha \mid \alpha \supset Ob$ e $\alpha' \mid \alpha' \not\supset Ob$</p> <p>A reta b divide o plano ab em dois semi-planos opostos. $\beta \mid \beta \supset Oa$ e $\beta' \mid \beta' \not\supset Oa$</p> <p>Ângulo convexo \widehat{aOb} é a intersecção dos semi-planos α e β.</p> <p>$\widehat{aOb} = \alpha \cap \beta$ (convexo)</p> <p>Ângulo côncavo \widehat{aOb} é a reunião dos semi-planos α' e β'.</p> <p>$\widehat{aOb} = \alpha' \cup \beta'$ (côncavo)</p>	 <p>The diagram shows two rays, Oa and Ob, originating from point O. It illustrates how line a and line b divide the plane into four half-planes: α and α' relative to line a, and β and β' relative to line b. The convex angle \widehat{aOb} is shown as the intersection of half-planes α and β. The concave angle \widehat{aOb} is shown as the union of half-planes α' and β'.</p>
<p>Quando damos a volta completa em uma circunferência (lembrando que circunferência é apenas a linha, o conjunto de pontos que está à mesma distância (raio) de um ponto dado (centro)), temos um arco de 360°. Assim, ao fazer divisões dessa circunferência, temos arcos menores, cuja medida é correspondente ao ângulo central que o "enxerga", ou seja, ao ângulo com vértice no centro da circunferência, cujos lados passam pelos extremos desse arco. Assim, se um ângulo central tem medida x graus, o arco correspondente a ele tem a mesma medida.</p>	
<p>ângulo trigonométrico é aquele gerado pela rotação de um raio (no mesmo plano), em torno de um ponto fixo denominado vértice, desde uma posição inicial até uma posição final. Consideramos um ângulo positivo quando a rotação do feixe é (anti-horário); quando a rotação está na mesma direção do movimento (horário) o ângulo é considerado negativo</p>	

Fonte: Adaptado, respectivamente, de Iezzi (1977), Sesi (2021), Rubiños (2012)

Nessas diferentes referências de entendimento do que seja um ângulo, de livros didáticos, encontramos certas aproximações com a aprendizagem por meio da interação prática da construção e programação de um robô. Os dois primeiros conceitos estão mais próximos dos dizeres do Estudante 4, já o último conceito mais próximo dos dizeres de Barbosa et al. (2020).

Acreditamos que é nessa pluralidade de possibilidades de construção prática e conceitual que está a riqueza educativa da Escola SESI de Araguaína, pois os estudantes pesquisados apresentam conexão no Laboratório de Robótica, mas também tem conexão com a sala de aula de Matemática e outros espaços, que por mais que usem um só dos conceitos apresentados, a atividade da interação prática mostrará outros conceitos, outras necessidades, outras curiosidades. O argumento, aqui, é então que o qualitativo está no quantitativo: quanto mais plural são os nós e conexões, da rede de Micromundos de Aprendizagem, que discutam aprendizagem por meio da interação prática, mais profunda e plural é a discussão teórica.

Diante do referido argumento compreendemos que o processo de abstração da Matemática pode ser facilitado quando se trabalha na perspectiva Construcionista, pois aos estudantes é dada a oportunidade de compreender o fenômeno para depois abstrair dele, os conceitos científicos-tecnológicos-matemáticos. Isso nos distanciará da aprendizagem do conhecimento científico-tecnológico-matemático superficial ou mesmo artificial, pois segundo Fiorentini; Miorim (1990, p. 1), pelo método tradicional de ensino e aprendizagem o estudante “mesmo que aprovado, sente dificuldade em utilizar o conhecimento ‘adquirido’” e, nesse caso, a aprendizagem parte do uso, acabando com o apontamento de Fiorentini; Miorim (1990).

Desse contexto há, ainda, na aprendizagem por meio da interação prática com os Objetos de Aprendizagem, do Ambiente Construcionista de Aprendizagem, outro tipo de aprendizagem: a aprendizagem a partir do erro.

5.1.2 O erro como articulador de novos saberes

No processo de ensino-aprendizagem o tratamento do erro pode ser considerado tanto como um obstáculo à aprendizagem, quanto como um articulador de novos saberes científicos-tecnológicos-matemáticos. Na perspectiva teórica do Construcionismo ele é esse articulador. Portanto destacando este padrão teórico apresentamos as evidências, no Quadro 8, do padrão observacional do erro como oportunidade de aprender saberes científicos-tecnológicos-matemáticos.

Quadro 8: O erro no processo de ensino-aprendizagem

FONTE DA EVIDÊNCIA	PADRÃO OBSERVACIONAL O ERRO COMO OPORTUNIDADE DE APRENDER
PROFESSOR R	[...] o momento de erro é um momento muito significativo, porque?! Por que o momento do erro te mostra um caminho que não vai dar certo e te força a buscar uma alternativa, nessa busca de alternativa o aluno aprende , então o erro também é visto como [...] o erro é um aprendizado. Então o erro não é tratado de uma maneira negativa por assim dizer [...] o erro ele é tratado como maneira positiva.
ESTUDANTE 1	Eu acho que o aluno em si ele vai aprender mais quando ele erra [...] acho que se a pessoa pegar aqui para programar um robô ele tem uma tarefa e ele consegue executar essa tarefa de primeira, sendo que ele nunca mexeu com robótica antes ou só tem uma base ele não vai aprender muita coisa, por que ele conseguiu aprender de primeira, ele não passou pelo erro, no caso os erros mecânicos, os erros de hardware, erro de programação, erro de tudo [...]
ESTUDANTE 2	[...] então, o que que acontece [...] uma coisa que a gente tem que analisar muito é o que deu de errado no passado . Entendeu, por exemplo, quando [...] se por exemplo, um esteira não deu certo dessa forma ou se essa roda não funcionou desse jeito ou se a altura, ou se o comprimento, entendeu [...] então a gente tem que ver que estava dando problema o que que deu problema antes pra poder a gente criar um novo projeto que ele vai ter uma solução com base no que tinha antes [...] a gente tenta o máximo analisar todos os erro que aconteceu com o robô antigo , para sempre está criando um projeto que vai ter a melhoria que aquele problema não vai acontecer mais.
ESTUDANTE 3	Questão tipo de [...] de uma peça que a gente viu que [...] pra gente “tava” normal, mas na hora da competição a gente viu que ela “tava” soltando, sei lá [...] a gente vai ter esse ano a gente tenta melhorar, a gente tenta prestar mais atenção, que as vezes a gente vê erros lá a gente não prestava atenção aqui e a gente vai tentar prestar mais atenção. Questão de programação também [...] coisas que deram erros lá é falta também de atenção, muita coisa pra fazer.
ESTUDANTE 3	Normalmente a gente começa na parte da montagem, na parte da construção do robô. Então aí a programação vai se aprimorando conforme a montagem, aí as vezes não dá certo nenhum dos dois aí a gente vai mudando a gente vai adaptando tanto na programação como na montagem .
ESTUDANTE 4	Gasta. A maior parte do tempo que a gente passa aqui na robótica programando para as competições é de tentativa e erro, porque para chegar até um acerto a gente tem que errar .

Fonte: Próprio autor

Ao combinar as falas destacadas no Quadro 8 com os padrões teóricos do Construcionismo descobrimos que segundo Rosso; Berti (2010) o erro como um articulador de novos saberes científicos-tecnológicos-matemáticos convergem a três níveis distintos.

No primeiro, a criança não resolve e nem compreende o erro, por isso as respostas contraditórias são negadas e recalçadas; não lhe causa problema responder errado. No nível intermediário são comuns a ambivalência e a dúvida; nesta situação, a interferência adulta ou de colega possibilita à criança avanço e a percepção do conflito em suas respostas. No terceiro nível, apresenta-se uma resposta satisfatória para o problema, conseguindo o aprendiz antecipar-se e corrigir (ROSSO; BERTI, 2010, p. 1010).

Acreditamos que nas atividades acompanhadas na realização desta pesquisa, nota-se que o erro é explorado a partir do segundo nível, dentre estes descritos pelos autores. Como os estudantes que frequentam o laboratório são selecionados por possuírem habilidades que lhes

proporcionam certa facilidade no trabalho com robótica, o primeiro nível apresentado não pode ser notado.

Dentre os vários momentos possíveis para intervenção do professor no desenvolvimento das atividades observou-se que o erro é um deles, pois a interferência adulta no espaço do laboratório é realizada por ele. A fala do professor evidencia sua percepção do erro como algo positivo para o processo de ensino aprendizagem. No mesmo sentido os estudantes defendem que não se pode acertar sem errar.

Rosso; Berti (2010, p. 1011) afirmam que “Esse olhar para o erro do aluno orienta as práticas didático-metodológicas e, nessa relação, o professor amplia sua competência para ensinar”. No entanto, em nossa compreensão do Construcionismo, o ensinar consiste em uma intervenção pontual, que leve o estudante a refletir sobre a situação de erro. Neste sentido, a Estudante 4 (2020) diz que

A gente, por exemplo né [...] chega com algo lá e mostra [...] olha esse daqui é aquilo ali [...] ele fala não, isso bem daqui tá errado, isso aqui está errado e isso daqui você poderia fazer diferente e melhorar um pouco [...] aí ele só fala, aponta os erros, fala bem básico e muito resumido o que a gente poderia fazer e deixa a gente se virar pra gente pensar um pouco fora da caixinha.

A fala destacada mostra que o professor se porta como um estimulador do pensamento, identificando os erros e fazendo com que os estudantes busquem alternativas para superar o problema. Nesse sentido Papert (1994) afirma que tal forma de pensar sobre o problema é que vai promover a construção do conhecimento.

O nível intermediário apresentado por Rosso; Berti (2010) ainda expõe que além da intervenção adulta, o contato com colegas pode provocar avanços na construção do conhecimento. Neste sentido Valente (2020) afirma que, no Construcionismo, a externalização do pensamento também promove aprendizagem, este ato consiste em falar sobre o que está se fazendo, ou sobre o que se está pensando ou ainda, apresentar o que se construiu. O Estudante 2 (2020) afirma que “o Estudante 1, a gente tem uma relação muito forte, por que a gente consegue, quando a gente tá junto, a gente consegue resolver o problema muito rápido [...]”, logo infere-se que o diálogo entre os dois facilita a superação de um problema, causando avanço na aprendizagem de ambos, a partir de uma situação de erro.

Os erros encontrados podem ser de naturezas distintas, assim como evidencia a fala do Estudante 1 (2020) “no caso os erros mecânicos, os erros de hardware, erro de programação, erro de tudo [...]”, entretanto, tratando especificamente da atividade de programação, Valente (1998, p. 42) define o produto da programação como “a descrição das ideias do aluno em termos de uma linguagem simples, precisa e formal”, logo com a descrição das ideias pode-se

acompanhar o desenvolvimento do raciocínio do programador, o que facilita o rastreamento do erro. Nesse sentido Valente (1998) afirma que

Essas características disponíveis no processo de programação facilitam a análise do programa de modo que o aluno possa achar seus erros (bugs). O processo de achar e corrigir o erro constitui uma oportunidade única para o aluno aprender sobre um determinado conceito envolvido na solução do problema ou sobre estratégias de resolução de problemas. O aluno pode também usar seu programa para relacionar com seu pensamento em um nível metacognitivo. Ele pode analisar seu programa em termos de efetividade das ideias, estratégias e estilo de resolução de problema. Nesse caso, o aluno começa a pensar sobre suas próprias ideias (abstração reflexiva) (VALENTE, 1998, p. 42).

Em relação a essa abstração reflexiva foi observado, nos dizeres do Estudante 2 (2020), que o robô não conseguia identificar a cor verde. O erro estava na estrutura condicional (se a cor for verde então o robô faz isso), o estudante diz

[...] vamos supor que ele, o robô, não identificou a cor verde. Talvez seja por que tinha uma comparação, que o robô não conseguia fazer [...] ele não chegava porque, por exemplo, tinha uma outra comparação que sempre dava positivo, então geralmente a gente consegue ver esse tipo de erro quando acontece, já que foi a gente que o programou, entendeu? (ESTUDANTE 2, 2020).

Compreende-se que este é o tipo de erro condiz com o terceiro nível descrito por Rosso; Berti (2010), pois o estudante deixa explícita a antecipação para correção do erro. Ainda segundo estes autores

Tomar consciência, refazer e corrigir o próprio pensamento são ações que expressam a autonomia discente. Mas a autonomia desenvolve-se a partir da interação do sujeito com suas estruturas internas, com outros sujeitos e os objetos de conhecimento e não, apenas, de orientações, apelos e lições dos docentes (ROSSO; BERTI, 2010 p. 1010).

A combinação do erro no processo de ensino-aprendizagem, entre os dizeres de Rosso; Berti (2010) com o padrão observacional, nos mostra, no Ambiente Construcionista de Aprendizagem, o sentido do desenvolvimento da autonomia na perspectiva intelectual ou moral.

Intelectual por destacar, validar, reformular e ampliar formas de pensar e de interagir com o universo das noções e relações lógico-matemáticas. Moral por buscar, sempre fundamentada no diálogo e na reflexão ante o diverso e o dissenso, construir uma perspectiva de princípios de convívio descentrados. Autonomia que se materializa na prática persistente e contínua tecida no cotidiano da sala de aula, nos gestos e ações de um/a professor/a e seus alunos (ROSSO; BERTI, 2010, p. 1032).

Prática educativa que entrelaça professor e estudantes desde o papel do professor: na seleção dos aprendizes para o projeto de robótica, nas estratégias dele para a montagem dos robôs pelos estudantes. Até o protagonismo desses nos projetos desenvolvidos no cotidiano do laboratório.

Desta forma, sendo o ACA um ambiente formado por Micromundos em que a aprendizagem acontece a partir da interação do Professor Orientador com o Estudante Protagonista mediada¹⁵ por um Objeto de Aprendizagem, apoiando-se nos argumentos supramencionados, conclui-se que o Laboratório de Robótica da Escola SESI é equivalente a um ACA.

Segue-se com esta análise discutindo nas seções subsequentes os papéis do professor e do estudante e a interação destes com o objeto de aprendizagem, o que nos faz contemplar a segunda unidade de análise deste estudo de caso.

5.2 A Interação Professor – Objetos de Aprendizagem - Estudante construída no ACA

Nesta unidade de análise exploramos a interação entre Professor-Objetos de aprendizagem-Estudante, porém, reconhecendo que os agentes do processo de ensino e aprendizagem exercem papéis bastante específicos no ACA, iniciamos a análise com apresentação de evidências dos papéis do professor e do estudante neste ambiente, para então, apresentar as constatações da interação deles em um ciclo que os envolve também com o objeto de aprendizagem.

5.2.1 O Papel do professor no ACA

Observamos que no ACA em análise um dos papéis do professor é a seleção dos estudantes que irão trabalhar no laboratório. Segundo o Professor R (2020), a implantação do referido espaço iniciou de forma muito tímida e só passou a ser reconhecida, ganhando notoriedade e alocação de recursos, por parte da instituição, para a aquisição de novos materiais,

¹⁵Assumiu-se aqui a concepção de mediação definida por Primo (2007), onde estabelece que o instrumento mediador não exerce a mera função de transportador da informação, mas proporciona a interação entre os entes envolvidos no processo.

após as primeiras participações nos torneios de robótica, infere-se desta afirmação a importância da competição na constituição do laboratório da escola.

Desse ponto de vista, para a seleção de estudantes, constatamos que predomina a lógica: escolher estudantes mais competitivos em torneios de robótica, em detrimento da lógica: selecionar estudantes com maior dificuldade de aprendizagem em Matemática. Fato que se mostra nos dizeres do Professor R (2020)

Quando a gente fala do laboratório [...] eu sempre costumo dizer isso. Tem escolas que montam times de Futsal, por exemplo, para poder representar a escola nos eventos. Quando esse menino ele é convidado para o time de Futsal é por que ele sabe jogar Futsal e ele vai só aprimorar aquilo que ele sabe. No laboratório de robótica é a mesma coisa [...] ao invés de montar times de Futsal, **a gente monta times de robótica**. Então quando esse menino chega lá ele já vem indicado, então o que que ele vai fazer dentro do laboratório de robótica? **Ele vai aprimorar as qualidades que ele já trouxe de lá da sala de aula.**

Assim o procedimento de seleção dos estudantes para composição das equipes, exposto na seção de Apresentação do caso, abre espaços para críticas, pois os aprendizes são selecionados pelos professores, de outras disciplinas, que reconhecem neles os “melhores” integrantes para uma equipe de competição de robótica. Uma crítica legítima refere-se aos demais estudantes da escola que, supostamente, não tem afinidade com algo relacionado à robótica, pois estes critérios os privam da oportunidade de aprendizagem por meio destas atividades.

O que ficou evidenciado ao analisarmos o processo de seleção dos estudantes é que, a Robótica Educacional existir e expandir na Escola SESI de Araguaína não é o fato dela promover a aprendizagem por meio da interação prática, mas sim pelo marketing e publicidade que ela suscita, uma vez que ouvimos o Professor R (2020) afirmando

Teve uma vez que eu já tinha tentado passar o conceito de uma programação para dois alunos, inclusive até já te contei essa história uma vez, esses meus dois alunos já tinham até ido participar de torneios eles não conseguiram e nós tínhamos um aluno com TDAH (transtorno do déficit de atenção com hiperatividade) que toda vida “tava” pelo laboratório e queria participar e etc [...] eu falei: oh o desafio que eu passei aqui para os meninos são esses, a montagem tá pronta, para que você faça uma programação para poder cumprir com esse desafio [...] saí da sala e deixei o aluno lá, então com uns 30 minutos quando eu voltei ele tinha conseguido.

É explícito que, ao estudante mencionado acima bastava uma oportunidade para que pudesse expor sua afinidade com a robótica. Mas a direção da escola afirma que a expansão da robótica é necessária, pois “A atividade [de robótica educacional] ganhou tamanha importância, que a partir de 2019, deixará de ser uma atividade extracurricular para integrar a grade obrigatória dos alunos do ensino fundamental (6º ao 9º)”. A esse respeito Professor R (2020)

diz que “[...] a robótica, [...] a partir do momento que ela virou disciplina, dois dos nossos professores, o professor X e o professor Y, eles seguem um planejamento próprio, utilizando os fascículos e desenvolvendo as aulas, sabe os primeiros passos em sala de aula”.

Enquanto realizava esta pesquisa a Robótica Educacional enquanto disciplina ainda não estava implementada. Contudo concluímos que, no contexto da Escola SESI de Araguaína, ela busca atender aos dois polos citados, ou seja, funcionando tanto para atender uma expectativa de marketing e publicidade da escola, no laboratório, mas também para promover a aprendizagem por meio da interação prática com robôs na disciplina.

Ainda observando aqueles dizeres do Professor R (2020), no qual fala sobre o uso de fascículos para desenvolver as aulas, temos outro papel do professor: articulador do material didático da Robótica Educacional. No Quadro 9 constam evidências extraídas das falas do professor e do caderno de campo, desta pesquisa, que apontam para o papel de articulador do material na constituição do ACA. As falas convergem para os dizeres de Papert (1994, p. 125) “[...] Evidentemente, além de conhecimento sobre pescar, é também fundamental possuir bons instrumentos de pesca - por isso precisamos de computadores - e saber onde existem águas férteis - motivo pelo qual precisamos desenvolver uma ampla gama de atividades mateticamente¹⁶ ricas, ou "micromundos””. Papert (1994) refere-se à pesca fazendo analogia desta prática com a construção de conhecimentos, pois afirma que os estudantes farão melhor “[...] descobrindo ("pescando") por si mesmos o conhecimento específico de que precisam; [...] o tipo de conhecimento que as crianças mais precisam é o que as ajudará a obter mais conhecimento” (PAPERT, 1994, p. 125).

Quadro 9: O professor enquanto articulador do material didático da Robótica Educacional

FONTE DA EVIDÊNCIA	PADRÃO OBSERVACIONAL ARTICULADOR DOS MATERIAIS DIDÁTICOS
PROFESSOR R	O kit [...] ele vem acompanhado de fascículos, nesses fascículos o professor tem acesso a contextualização da montagem , além da contextualização da montagem o professor também, ele tem auxílio para o desenvolvimento da rampa e também para pontos que a gente chama de “continuar”. O professor a partir dos fascículos tem gatilhos, por meio dos quais ele pode desenvolver outras atividades que não estão nos fascículos iniciais entende [...] então o fascículo, ele te dá o start inicial, ele te mostra o potencial do material, o potencial do kit, as possibilidades de montagem, ele te mostra como desenvolver uma aula

¹⁶ O termo “mateticamente” tem radical na palavra matética, a qual podemos compreender como a arte de aprender (PAPERT, 1994).

Quadro 9: O professor enquanto articulador do material didático da Robótica Educacional

	a partir de determinado momento ele te deixa um [...] Te dá um leque de opções , para que você mesmo possa construir suas ideias, pra que você mesmo possa construir as suas atividades entende?! Porque cada turma, ela tem um diferencial então o kit, o material te permite isso [...] te permite fazer adaptações para diferentes turmas que você tem , você conhece suas turmas [...] então a partir disso a abertura que o material dá é muito bacana.
PROFESSOR R	[...] os fascículos eles te trazem 50/60 montagens, mas você consegue fazer 3 vezes mais , depende do interesse daquilo que tu quer, de onde tu quer chegar. Então nós temos alunos, que eles conseguem de uma única montagem é [...] produzir três quatro variações, na minha concepção, o kit em si, ele não te oferece limites , o que limita o trabalho com a Robótica Educacional hoje, eu penso que é a criatividade de cada um ou interesse que cada um tem pelo material.
NOTA DE CAMPO	Apesar de trabalhar com kits da Lego os estudantes criam muitas peças que são projetadas e impressas em 3D ou mesmo improvisadas por eles . Como parte de um sensor de toque que eles estão fazendo a partir de uma lata de tinta que foi cortada e está sendo trabalhada por eles.

Fonte: Próprio autor

No desenvolvimento de atividades de robótica o professor tem que articular o uso do computador e dos *kits*, com bloco programável, sensores e peças diversas para montagem dos robôs. Os dizeres do Professor R (2020) esclarecem que o material didático que acompanha os *kits* é importante, mas são contexto das atividades que tem como ponto de partida a montagem do robô. Cabe ao professor articular ações para que os estudantes possam ir além dos fascículos que trazem as montagens. Nas notas de campo apresentadas nos Quadros 7 e 9 apresentamos que tal articulação é realizada no ACA da Escola SESI de Araguaína, pois as notas mostram a necessidade que os participantes da pesquisa tiveram no desenvolvimento dos robôs de fabricarem peças que não tinham nos fascículos.

Essa necessidade de inventar caminhos, no qual o professor é o responsável por articular a partir dos fascículos de montagem ao uso do o computador, direciona o professor a mais um papel que deve desenvolver no ACA, o de: Orientador Autônomo. Acrescentamos o termo autônomo ao papel Orientador em dois sentidos. O primeiro para estabelecer o entendimento de que o professor deve inventar caminhos para além dos fascículos. O segundo para indicar o professor que ensina a competência¹⁷ Autonomia. É nessa perspectiva que apresentamos o padrão observacional Professor Orientador Autônomo no Quadro 10.

¹⁷ Segundo a BNCC (2018, p. 8) é “a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho.”

Quadro 10: Professor como Orientador Autônomo

FONTE DA EVIDÊNCIA	PADRÃO OBSERVACIONAL PROFESSOR ORIENTADOR AUTÔNOMO
PROFESSOR R	O professor ele apenas conduz. O material ele precisa ser trabalhado do início ao fim pelos alunos, os problemas eles precisam ser resolvidos pelos alunos, então não cabe ao professor com auxílio desse material de questionar os caminhos que o alunos devem manter ou devem adotar para poder desenvolver determinada problema, então eu consigo enxergar, muita autonomia dos meus alunos ao desenvolver em uma determinada tarefa com material e eu enquanto o professor também tive que aprender , em primeiro lugar, eu tive que entender, nessa linha do tempo eu precisei entender onde que eu me colocava, para não prejudicar o aprendizado dos meus alunos e também para não deixar o material e a metodologia manca , então eu acabei entendendo que o professor ele, sai [...] não [...] ele precisa sair do foco , ele precisa aprender a conduzir, nessa condução ele não aponta caminhos, ele não dá resultados ele não oferece respostas. O professor simplesmente conduz e dá oportunidade dos alunos descobrirem mediante os seus erros e acertos os caminhos mais apropriados né para poder desenvolver um determinado problema.
PROFESSOR R	[...] o desafio que eu passei aqui para os meninos são esses uma montagem tá pronta para você faça uma programação para poder cumprir com esse desafio [...] saí da sala e deixei o aluno lá , então com uns 30 minutos quando eu voltei ele tinha conseguido.
ESTUDANTE 2	Ele acaba que [...] muitas vezes a gente tenta por exemplo resolver um problema a gente vê que não dá certo, ele fala: não! tenta mais uma vez, ou tenta outro dia. Por que aí pode acabar sendo uma solução mais difícil, só que ela pode ser uma solução que vai ser mais efetiva do que uma solução simples, que vai ser menos efetiva, entendeu?? Então acaba que isso pode ajudar a gente a construir esse robô e tendo um desafio maior, e acaba que isso pode ajudar muito no nosso conhecimento.
ESTUDANTE 4	[...] aqui a gente tenta fazer mais por conta própria do que com o auxílio do professor, tanto que ele só dá o rumo para a gente a gente tem que achar as respostas porque lá na hora ele não vai poder influenciar nas respostas que a gente vai ter que achar para aquelas perguntas novas que apareceram.
ESTUDANTE 4	A gente, por exemplo né [...] chega com algo lá e mostra [...] olha esse daqui é aquilo ali [...] ele fala não, isso bem daqui tá errado, isso aqui está errado e isso daqui você poderia fazer diferente e melhorar um pouco [...] aí ele só fala, aponta os erros, fala bem básico e muito resumido o que a gente poderia fazer e deixa a gente se virar , pra gente pensar um pouco fora da caixinha, justamente para resolver esse problema se aparecer ele no dia da competição.

Fonte: Próprio autor

As falas convergem para um comportamento de orientação por parte do professor, onde, em algumas situações ele propõe desafios e em outras estimula o pensar do estudante, na busca pela solução do problema. Estes problemas, em muitas situações da robótica não são propostos diretamente pelo professor, mas surgem no desenrolar das atividades, seja ela de montagem ou de programação. Neste sentido, o Professor R (2020) ao ser questionado, explica uma situação específica:

No desenvolvimento dessa ação vão aparecendo alguns problemas. Se a gente utilizar uma roda assim a gente vai gastar 10 segundos. Existem outras alternativas para gente poder fazer transporte em menos tempo?! ah teria, mas como? ah talvez se a rodinha deslizesse mais. Mas pra deslizar mais, como diminuir o atrito? Entende o que eu quero dizer?! Então **é diante dos**

problemas que vão surgindo na construção de um robô que eles vão buscando soluções e não é algo pré-determinado. Eu te garanto no dia que no dia que eles estavam envernizando essa rodinha no início da montagem **eles não sabiam que eles vão precisar envernizar essa roda**, isso baseado na experiência que eu já tenho. Mas no envolvimento da montagem eles perceberam que esse atrito estava causando um problema, que problema era eu não sei, talvez era “tava” gastando muito tempo ou talvez o protótipo não estava se movimentando da maneira que deveria, **então foi um problema que surgiu durante o desenvolvimento da atividade**, que eu tenho certeza, baseado na experiência que eu tenho, que eles não sabiam que iriam surgir quando eles se propuseram a iniciar a montagem, **e esse tipo de problema faz com que eles busquem soluções, e essas soluções [...] eu acho que são assim, eu acho que são diferencial.**

Chamamos a atenção neste trecho para a afirmação professor de que “não é algo pré-determinado”, portanto, infere-se que a forma de intervenção do professor nos momentos de dúvida, conduz os estudantes a um caminho que lhes oportuniza a aprendizagem, logo, faz-se relação desta situação com a meta Construcionista da produção maior aprendizagem a partir do mínimo de ensino (PAPERT, 1994). Destaca-se ainda deste trecho outra fala do Professor R (2020) que converge ao pensamento de Papert (1988, 1994) quanto ao pensar sobre a solução de um problema que proporciona a construção de conhecimento.

Entretanto, assim como na perspectiva Construcionista o Professor R se distancia do centro do processo de ensino aprendizagem e afirma ter se reconstituído como professor. Entende-se que a reconstituição é um processo de formação, neste caso, formação como professor que ensina robótica.

Neste sentido, Saviani (1996, p. 145) afirma que o docente, em sua formação “precisa dominar os saberes implicados na ação de educar [...]”. Dentre os saberes que o autor apresenta, acreditamos que, em um laboratório de robótica, primordialmente, o docente deve se constituir nos “saberes específicos”, no qual o autor inclui “os saberes correspondentes à disciplina em que se recortam o conhecimento socialmente produzido e que integram os currículos escolares [...]” (SAVIANI, 1996, p. 149), pois, sendo a RE considerada uma prática “nova”, a formação acadêmica, em muitos lugares ainda, não oferta estes saberes aos seus acadêmicos e futuros professores, seja de matemática, ciências, física.

Para Luciano (2017, p. 26) ao trabalhar na perspectiva Construcionista “O professor deve ser submerso nesta nova proposta, precisa se resgatar a sua essência de um docente reflexivo, que apresenta suas potencialidades para a realização do trabalho e que compreende o momento e a melhor forma de modificar sua prática docente”. Entende-se que dentre os vários fatores que determinam a prática docente o conhecimento acerca do conteúdo que se trabalha e

o método exercem influência direta na aprendizagem, devendo o docente está atento ao momento da mudança, que é uma ação pessoal e exclusiva sua.

Além do conhecimento específico para o bom desenvolvimento de suas atividades, destacamos ainda que, em nosso entendimento, o professor precisa se reconstituir nos “saberes pedagógicos”. Segundo Saviani (1996, p. 149) “esse tipo de saber fornece a base de construção da perspectiva especificamente educativa com base na qual se define a identidade do educador [...]”, logo ser um educador Construcionista exige que suas bases sejam fundamentadas nesta teoria.

Portanto, concordamos com Martinez; Stager (2013) ao incluírem como papel do professor Construcionista a tarefa de conhecer seus aprendizes e observá-los em busca de sinais de pensamento que lhe possibilite uma intervenção que conduza a criança a um aprendizado mais profundo, entendemos que a tarefa apresentada por estes autores está compreendida nos “saberes pedagógicos” elencado por Saviani (1996). Nesse sentido o papel de Professor Orientador Autônomo direciona o estudante a um papel de protagonista na construção do conhecimento científico-tecnológico-matemático, a qual ocorre pela interação professor-estudante na aprendizagem por meio da interação prática que a Robótica Educacional possibilita.

5.2.2 O Papel do Estudante no ACA

Em alguns padrões observacionais apresentados mostramos que os estudantes são submetidos a situações e desafios, nas quais devem buscar soluções aos problemas que emergem com a construção do robô. Em muitos destes casos essas situações acontecem mesmo sem a intervenção do professor, seja na montagem ou programação. Situações que põem o aprendiz no papel de protagonista da aprendizagem, como indicam os dados no Quadro 11.

Quadro 11: O papel do estudante

FONTE DA EVIDÊNCIA	PADRÃO OBSERVACIONAL ESTUDANTE O PROTAGONISTA DA APRENDIZAGEM
PROFESSOR R	Então é diante dos problemas que vão surgindo na construção de um robô que eles vão buscando soluções e não é algo pré-determinado. Eu te garanto no dia que [...] no dia que eles estavam envernizando essa rodinha no início da montagem eles não sabiam que eles vão precisar envernizar essa roda, isso baseado na experiência que eu já tenho. Mas no envolvimento da montagem eles perceberam que esse atrito estava causando um problema, que problema era eu não sei, talvez era “tava” gastando muito tempo ou talvez o protótipo não estava se movimentando da maneira que deveria, então foi um problema que surgiu durante o desenvolvimento da atividade, que eu tenho certeza, baseado na experiência que eu tenho, que eles não sabiam que iriam surgir quando eles se propuseram a iniciar a montagem, e esse tipo de problema faz com que eles busquem soluções, e essas soluções, eu acho que são assim, eu acho que são

Quadro 11: O papel do estudante

	diferencial. Cara o que que a gente vai usar?! Não sei vamos usar outro material, vamos usar uma borracha mais densa, talvez diminua o atrito, vamos usar um verniz, vamos lixar [...] Então essa busca de soluções aí para os problemas que eles vão encontrando durante a montagem eu acho que é o grande ais da robótica
ESTUDANTE 1	Quando gera a problemática todo mundo começa a pensar em alguma coisa, aí geralmente um só chega numa conclusão específica que vai realmente funcionar, que foi o que aconteceu no caso [...] aí senta e conversa e chega numa conclusão um pouco mais concreta.
ESTUDANTE 2	Eh [...] o que que acontece [...] lembra daquele momento que eu falei que o aluno tem que aprender a criar a própria lógica de programação dele? o que acontece [...] quando, o aluno desenvolve essa habilidade, ele acaba que qualquer problema que acontece na mesa, ele pode acabar sabendo exatamente onde é que foi que aquilo aconteceu, então por exemplo [...]
ESTUDANTE 4	Assim depende do que eu vou fazer, por exemplo, um seguidor de linha... no início eu dei conta só que aí depois foram aparecendo os problemas [...] por exemplo, virar no verde ou então obstáculos, rampa [...] a cada novos desafios era um pouquinho mais difícil, pra aprender, e para isso a gente buscava aprender um pouquinho mais com as pessoas que já estavam aqui antes da gente vim participar de campeonatos, procurar vídeo no YouTube, e ampliar um pouquinho a aprendizado, porque as coisas novas geralmente a gente vê uma dificuldade maior, principalmente quando são mais complicadas, não são tão simples quanto a situação inicial.

Fonte: Próprio autor

Na fala proferida pelo Professor R (2020), apresentada no Quadro 11, o trecho “Mas no envolvimento da montagem eles perceberam que esse atrito estava causando um problema”, denota a percepção dos estudantes de um problema que deve ser resolvido por eles. É essa postura ativa, que o leva a buscar a informação de que precisa para resolver o problema enfrentado, segundo Papert (1988, 1994), que torna o estudante protagonista da construção do seu próprio conhecimento.

Essa concepção de estudante nos remete às “estratégias de ensino centradas na participação efetiva dos estudantes na construção do processo de aprendizagem, de forma flexível, interligada e híbrida” (MORAN, 2018, p. 41). Nessas estratégias, segundo Lopes; Ribeiro (2018) é necessário que o estudante

[...] participe, desde o início, com ideias, críticas, sugestões e proposições de novos caminhos, de outros recursos, para que assim, o protagonismo desejado seja desenvolvido ao longo do processo educativo e para que as mudanças no âmbito escolar comecem a ser percebidas (LOPES; RIBEIRO, 2018, p. 3).

Dessa forma de acordo com Moran (2018) e Lopes; Ribeiro (2018) o estudante deve contribuir com ideias, críticas e até proposição de novos caminhos que o conduzam ao aprendizado, segundo estes autores, a partir disso é que irão assumir o protagonismo. Com tais condições, entende-se que o estudante passa a ser o centro, pois atua na formulação e desenvolvimento do processo de aprendizagem.

Mas, neste sentido, Santos (2021, 49 min) alerta que deve-se ter cuidado ao fixar o centro no estudante, pois “sempre há um protagonismo coletivo, com a presença do professor ali, mediando, arquitetando, mas também protagonizando com os alunos”, então a autora evoca a ideia de Ator-Rede¹⁸, no qual “daqui a pouco um ator pode ser o aluno, o professor, os artefatos¹⁹, tudo isso junto e misturado” (SANTOS, 2021, 48 min) e a construção do conhecimento também acontece neste permeio de interações. Desse ponto de vista o centro da aprendizagem é móvel.

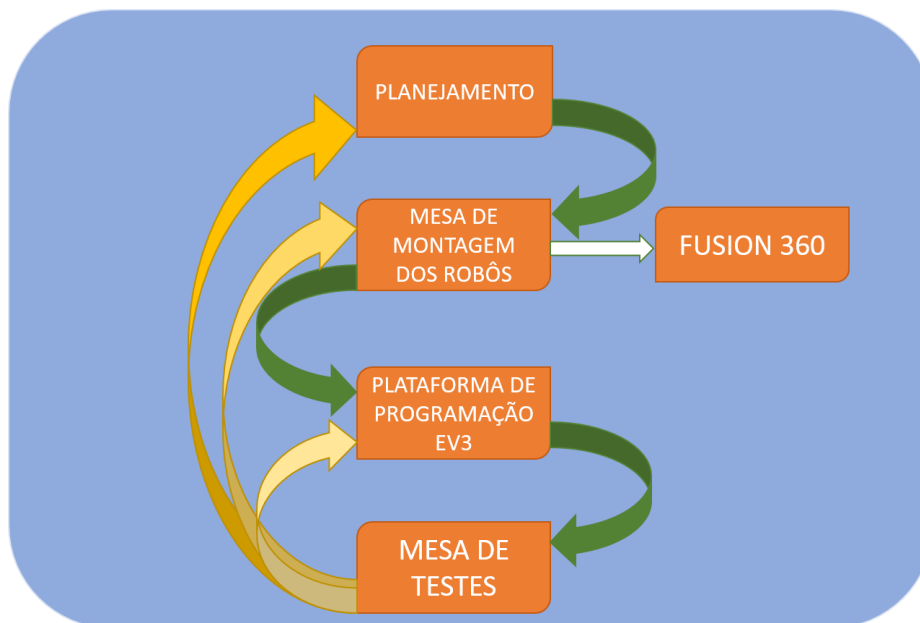
Portanto, entendemos que, ser protagonista no processo é diferente de ser protagonista da própria aprendizagem. Deste modo, acredita-se que na perspectiva Construcionista o estudante exerce a autonomia e protagonismo no processo de aprendizagem, porém sem deixar de aprender por meio das intervenções do professor ou da relação com colegas e com o Objeto de Aprendizagem, formando assim, uma rede de aprendizagem com pontos definidos em professor-estudante-objetos de aprendizagem, com suas ligações sendo constituídas pela interação entre estes atores.

5.2.3 A Interação Professor-Objetos de Aprendizagem- Estudante construída no ACA

Ao observar o percurso desenvolvido pelos estudantes, passamos a explorar a rede de Micromundos de aprendizagem que se constitui da interação professor-objetos de aprendizagem-estudante construída do Planejamento até a Mesa de Testes, Figura 11.

¹⁸ Segundo Lemos (2017, p. 20) a “Teoria Ator-Rede (TAR). A TAR busca identificar as mediações que se estabelecem na associação entre atores humanos e não humanos”.

¹⁹ Em vez de artefatos usamos o termo Objetos de Aprendizagem.

Figura 11: interação professor-estudante- objetos de aprendizagem

Fonte: Próprio autor

Na figura o fluxo de trabalho é indicado pelas setas verdes, podendo haver uma variação indicada pela seta branca. Esta variação consiste no movimento feito pelos estudantes quando recorrem à construção de peças adicionais aos *kits* e específicas para compor o robô em construção, sendo esta, projetada pelos próprios estudantes no Micromundo onde são desenvolvidas, o *Fusion 360*²⁰, para posteriormente serem impressas em impressora 3D.

As atividades de interação professor-objetos de aprendizagem-estudante se iniciam no Planejamento, no qual os estudantes buscam informações na internet, como explicitado no Quadro 12, a partir daí formulam um projeto de trabalho.

Quadro 12: Interação professor-estudante- objetos de aprendizagem: o Planejamento

FONTE DA EVIDÊNCIA	PADRÃO OBSERVACIONAL INTERAÇÃO PROFESSOR-ESTUDANTE- OBJETOS DE APRENDIZAGEM: O PLANEJAMENTO
PROFESSOR R	Quando o aluno, ele vem lá da sala para o laboratório indicado é porque ele tem qualidade, que qualidade é essa?! Caramba ele desenha muito bem, ele faz ótimos desenhos à mão livre. O que que nós vamos solicitar dele? desenho da mão livre. Nós vamos passar instruções de como fazer esses desenhos? Não! Ele precisa desenvolver por conta própria, mas ah! Ulisses o menino fica lá então rodado sem saber como fazer?! Não a gente fornece os caminhos, a gente pode indicar

²⁰ Fusion 360: software de projeção de peças 3D, este software pode ser acesso por meio de assinatura, mas a empresa detentora dos direitos do programa também o disponibiliza para fins educacionais, havendo necessidade de comprovação de vínculo com a instituição de ensino a que o professor ou estudante está vinculado.

Quadro 12: Interação professor-estudante- objetos de aprendizagem: o Planejamento

	tutoriais a gente fornece computador, internet , a gente indica atividades prontas que nós já temos aqui no laboratório, mas alguém sentar do lado desse aluno e olha assim que faz assim, não a gente não usa esse método.
ESTUDANTE 1	O primeiro passo é pesquisar no geral [...] tipo absorver ideias para formular um projeto pessoal e sentar com a equipe conversar prós e contras sobre alguma coisa relacionada e selecionar pra si formulando um projeto geral.
ESTUDANTE 2	Quando a gente está criando um projeto , por exemplo no início do ano a gente faz muita é pesquisa . O que acontece [...] existe milhares de robôs na internet, que a gente pode procurar e ver quais são as estratégias [...] tentar entender o que a aquela equipe estava pensando na hora que ela criou aquele robô [...]

Fonte: Próprio autor

Os estudantes fazendo uso da internet, identificam as ideias para a formulação do projeto, isto acontece com base nos conhecimentos prévios deles, pois segundo o Estudante 1 (2020), primeiramente se formula um projeto pessoal, para depois discutir com os integrantes da equipe o que se vai construir.

Entendemos que a afirmação da formulação de um projeto pessoal, proferida pelo Estudante 1, nos remete a ideia de trabalho com o conhecimento empírico daquele que o formula, pois, segundo Marina (2009, p. 135) “parece verossímil que projetar consista em usar modelos mentais relacionados com o desejo de agir ou qualquer dos sentimentos que impelem à construção ou à criação”.

Quando Marina (2009) tece informações sobre a utilização de modelos mentais, associa-se estes modelos, mentais, ao acesso à “coleção de modelos” proferido por Papert (1988, 1994), nos dizeres do Estudante 1 (2020): “O primeiro passo é pesquisar no geral [...] tipo absorver ideias para formular um projeto pessoal [...]”.

Os dizeres do Estudante 2 (2020) apontam para identificação de estratégias utilizadas na construção de robôs observados que estão disponíveis na internet. Neste sentido Marina (2009) afirma que há uma certa dependência de modelos para a criação de novos projetos, seja por aceitar ou rechaçar, o modelo que vai causar influência no criador. O autor afirma ainda que “A maioria dos modelos, que servem para inventarmos coisas, entre elas projetos, é aprendida” (MARINA, 2009 p. 134). Portanto, infere-se que as pesquisas para formulação dos projetos causam aprendizagem, por meio da interação prática dos modelos que provocam a conexão com a “coleção de modelos” dos estudantes.

Destacamos, ainda, outro papel do projeto na aprendizagem. Marina (2009, p. 119) afirma que “Quando formulamos um projeto inventivo, localizamos a meta num lugar problemático e distante, para o qual somos atraídos”. Nesta perspectiva, entendemos ser necessária a intervenção do professor, que deve conduzir o estudante, desde a formulação do projeto, porém, sutilmente e sem imposição ou coerção, para este lugar problemático e distante,

no qual ele vai precisar usar de científico-tecnológico-matemático para chegar, consequentemente terá que descobrir/construir conhecimento ao trilhar este caminho.

Trilhas que possibilitam ao estudante movimentar-se em direção ao protagonismo, pois, segundo Marina (2009, p. 117) “a autodeterminação age por meio de projetos”, isso lhe proporcionará a oportunidade de construir e ressignificar conceitos matemáticos que serão empregados neste trajeto. Em combinação com tais dizeres está a fala do Professor R, ao afirmar que:

[...] eu já perdi as contas de quantas vezes eu fui surpreendido e eu percebi um detalhe também, depois de usar o material, eu de maneira alguma, imagino onde um determinado aluno pode chegar porque eu já tracei pontos de início e fim sabe [...] oh esses meninos eles vão começar a trabalhar aqui eu acho que eles conseguem até certo ponto e eu fico com a cara no chão, pois eles conseguem ir muito além, entende?! Então isso me fez entender que usando o material eu não posso traçar limites, **eu sempre me preocupo em estruturar o ponto de partida**, mas onde ele consegue chegar, voltando a sua pergunta, isso aí eu já fui surpreendido várias vezes. Eles vão além, o material proporciona isso (PROFESSOR R, 2020).

A condução das atividades guiadas por projetos, constitui uma forma relevante nas atividades de robótica e contribuem com a exploração dos conceitos Construcionistas, pois

Todas as operações mentais se reorganizam quando são integradas em projetos. Toda realidade se amplia, oferecendo-se em novas possibilidades, e nessa expansão universal também sai transformada nossa inteligência computacional, cujas capacidades dependiam de uma última determinação. Envolvida em projetos rotineiros, ela se transformará em inteligência rotineira; envolvida em projetos artísticos, será inteligência artística; envolvida em projetos racionais; ela se transformará em razão (MARINA, 2009 p. 117).

Ousamos acrescentar a este pensamento de Marina (2009) que: envolvidas em projetos de Robótica Educacional, se transformará em inteligência Educacional de Robótica, e; envolvida em projetos de Educação Matemática, se transformará em inteligência Educacional de Matemática. Argumentação que constata a necessidade de que no Objeto de Aprendizagem Robótica Educacional tenha-se projetos de Educação Matemática como fio condutor no ACA, pois, assim, teremos uma inteligência científico-tecnológico-matemática.

Após a interação professor-objetos de aprendizagem- estudante no Planejamento, passamos a explorar simultaneamente a interação em: Mesa de montagem dos robôs, *Fusion 360* e Plataforma de programação EV3. Acredita-se que estes são três micromundos complementares e há um trânsito intenso e frequente entre eles, pois, em muitas situações durante a construção do robô, os estudantes precisam recorrer à plataforma de projeção de peças

3D ou à plataforma de programação para dar continuidade a construção. Neste sentido destacamos a fala do Estudante 1:

Olha [...] a base quando a gente vai criar o projeto já é incluído como a gente vai modelar a programação, então **qualquer modificação posterior (na montagem) tem que andar junto com a programação**. É por isso que geralmente, quando o montador está modificando alguma coisa ele já pergunta logo para não gerar problemas futuros (ESTUDANTE 1, 2020)

Esta fala atesta o vínculo entre os Micromundos de montagem e programação. O Micromundo *Fusion 360*, por sua vez, faz parte da montagem, pois consiste em plataforma específica para construção de peças que devem compor o robô. Ressaltamos que a programação também consiste em uma construção, não física, porém “palpável”, pois a construção do software do robô, segundo Papert (1994) e Hoyles (2012) presta apoio à construção que acontece dentro da cabeça do estudante ao poder ser visualizada e manipulada pelos estudantes. Neste sentido, Picard *et al* (2004, p. 262) afirma que “O princípio Construcionista pode, é claro, ser eficaz quando os constructos são entidades virtuais”, corroborando com nosso entendimento.

A interação professor-objetos de aprendizagem- estudante: montagem, projeção de peças e programação dos robôs exige que o estudante manipule os materiais na construção do robô que foi projetado, se estabelece na Mesa de Testes, na qual constitui por algumas tarefas que devem ser cumpridas pelo robô.

Na Mesa de Testes ou na mesa de competições, praticamente em todo o tempo que está em funcionamento, o robô deve seguir uma linha, que determina seu trajeto. No decorrer deste percurso o artefato ainda é submetido a diversos obstáculos como rampas, traves e ondulações. Cada um destes obstáculos exige dos estudantes a instalação de sensores que aliados ao programa o conduzem ao final da tarefa para qual foi criado.

Na construção do robô como um todo, é possível observar o emprego de alguns conceitos matemáticos que inicialmente, entendemos serem construídos de forma desorganizada. Acreditamos, por exemplo, que no momento da programação do seguidor de linha, ou da montagem de uma caixa de redução com a utilização de engrenagens, está acontecendo o emprego de algo, sem que se tenha consciência que se trata de um conceito matemático, porém, faz-se contas, ou seja, aplica-se matemática que funciona e resolve o problema naquele momento, sem a consciência de que esteja usando conceitos matemáticos.

Depois de empregar estes “cálculos” em situações distintas os estudantes passam a compreender, para então reconhecê-los como algum conceito matemático, ou seja, se ainda não aconteceu a abstração daquele conteúdo, este estudante está pronto para abstraí-lo. Acredita-se

que, se não a própria, algo próximo a construção do conhecimento ocorreu, basta a formalização, que acontece quando o estudante consegue associar o que foi utilizado à linguagem Matemática. Tal associação acontece na sala de aula, ao se deparar com uma explicação sobre o tema que já foi trabalhado. Neste sentido destaca-se as falas dos Estudantes 1, 2 e 4 ao serem questionados sobre quais conceitos matemáticos eles reconhecem enquanto estão programando:

Na programação **a gente pode fazer qualquer coisa que se inclui na matemática**, então tudo que a gente poder usar no meio da robótica a gente usa, por exemplo, como o Estudante 2 falou, **a questão da média, a questão da subtração por dois valores proporcionais, justamente pra proporção**, por exemplo [...] eu tenho dois sensores e o robô ele é igual pros dois lados se eu subtraio o valor desse sensor (direito), por esse sensor (esquerdo) eu vou ter o **valor exato da angulação dele em relação à linha**, por exemplo (ESTUDANTE 1, 2020).

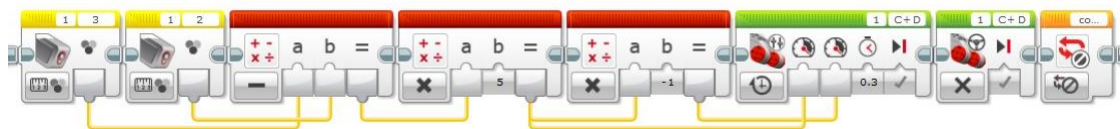
[...] **a gente, pode tirar médias, ou a gente pode também criar formulas, pra essas soluções**, entendeu? Então acaba que por exemplo a gente não pode ter coisas muito iguais, por exemplo, a gente não pode ter um valor que entra muito parecido como um valor que sai. Então o que acontece [...] a gente tem que criar, por exemplo, se entra o valor 15, vai ter que sair o valor 30, então acaba que a gente tem que criar uma formula que tem que modificar realmente esse valor e não simplesmente fazer qualquer conta com esse valor [...] **a gente pega um valor que entra no sensor, tira uma média, faz um cálculo para determinada coisa**, para aquele determinado problema que a gente vai fazer, para aplicar esse valor dessa formula no motor [...] então, vai pegar o valor do sensor, vai fazer essa fórmula e vai aplicar no motor [...] isso acontece bastante (ESTUDANTE 2, 2020)

Mais ou menos [...] é porque tipo assim [...] Depende da situação que eu me deparei, por exemplo, **vai ter situações que eu vou ter que usar unidades de medidas, outras situações que talvez eu tenho que usar a regra de três** (ESTUDANTE 4, 2020).

Percebe-se nas falas destacadas alguns conceitos matemáticos que são empregados pelos estudantes na programação. Neste pequeno trecho são citados os conceitos de média, proporção, rotação em relação há um eixo, unidades de medidas e regra de três, além dos conceitos implícitos das quatro operações básicas.

A fim de ilustrar uma das falas acima e expor a matemática empregada neste trecho da programação, apresenta-se um *print* disponibilizado pelo este Estudante 1 (2020), que veio acompanhado da seguinte legenda: “Uso da diferença entre os valores dos sensores direito e esquerdo, como taxa para movimentação proporcional no próprio eixo”. Pode-se notar a utilização do raciocínio proporcional neste pequeno fragmento da programação, apresentado na Figura 12, que determina os movimentos do robô para seguir a linha.

Figura 12: Média, proporção e rotação na programação do seguidor de linha



Fonte: Próprio autor

Transcrevendo sua escrita da linguagem de programação Lego EV3 para a linguagem Matemática nota-se que, utilizando dois sensores de cor, instalados nos lados direito e esquerdo do robô, o estudante determina que o *software* efetue uma Subtração entre os valores recebidos da leitura do sensor direito pelo esquerdo, feito isso realiza-se uma Multiplicação por 5, que não é mencionada na fala por qual motivo foi introduzida na programação, o resultado desta multiplicação é enviada ao motor para que aplique energia com movimento para a esquerda. Após esta, uma nova Multiplicação é realizada, agora por -1, para que se altere o valor da subtração inicial, este valor é enviado ao motor para que aplique a mesma força no sentido contrário, agora para a direita.

O programador define que este movimento se repita a cada 0,3 segundos, isso deve garantir que o robô mantenha uma movimentação rotacional que será corrigida em um intervalo muito pequeno, garantido assim que ele seja capaz de seguir a linha que é o guia da mesa de testes. Algumas falas proferidas pelos estudantes também evidenciam outros conceitos implícitos à construção do robô.

[...] é tinha algumas coisas, por exemplo [...] tem muita gente que na escola fala assim “ah pra que que eu vou estudar isso se eu nunca vou usar?” Tipo assim [...] acaba que a gente, por exemplo [...] o ponto de gravidade, a gente dizia muito [...] ah pra que quer eu vou precisar saber disso? Chegou um momento na robótica que a gente percebeu que o ponto de gravidade era uma das coisas mais importantes, por que o que acontecia [...] o robô, ele precisava ter uma estabilidade pra ele não cair, por exemplo, pra frente, pra trás, ou cair pro lado ou cair pro outro [...] então acaba que as vezes a gente tinha alguns conteúdos que a gente, via assim [...] a gente sabia deles, mas a gente não sabia que a gente ia utilizar ele em algum momento [...] **acaba que quando a gente está na robótica a gente acaba descobrindo muitas aplicações que a gente pensava que não ia ter utilidade nenhuma** (ESTUDANTE 2, 2020).

Neste caso o estudante enfatiza que a robótica possibilita a aplicação de conteúdos que nem imaginavam que iria usar algum dia, trazendo significado e aplicabilidade para a Matemática escolar. Pode-se perceber também, agora de fala dos Estudantes 1 e 2, que alguns conceitos construídos no laboratório que posteriormente foram reconhecidos na sala de aula.

[...] tipo essa questão da engrenagem que eu te falei [...] eu não tinha visto primeiro na sala no caso, eu tinha estudado ela aqui (laboratório) para saber como ela funcionava para fazer caixa de redução, enfim, esse tipo de coisa e quando você vê o conteúdo praticamente você nem precisa mais estudar o conteúdo por que a gente já sabe a base, sabe mais ou menos do que se trata (ESTUDANTE 1, 2020).

Já! Por exemplo, engrenagem [...] a questão da engrenagem, dependendo do tamanho dela, se ela gira uma engrenagem menor ela pode está aplicando uma força diferente [...] isso é uma coisa que eu descobri antes mesmo de estudar o nono ano, por que essa questão da engrenagem eu estudei no nono ano, mas no oitavo eu já sabia desse conhecimento. Acontece que quando a gente começou [...] por que primeiro a gente começa a fazer coisas mais mecânicas, mas [...] e lógica, mais verdadeiro e falso [...] **acaba que chega um momento que a gente começa a criar cálculos e então tipo assim uma coisa que eu ainda não tinha visto, eram funções [...] o que acontecia [...] a gente utilizava funções só que a gente não sabia que a gente ia estudar aquilo, entendeu?? Então tipo assim [...] acaba que a gente descobre muitos conteúdos antes mesmo da gente aprender na escola [...] claro que também algumas [...] alguns conteúdos a gente vê na sala que a gente pode assimilar algum problema na robótica também que a gente pode ajudar a resolver (ESTUDANTE 2, 2020).**

Nestas falas os estudantes relatam as experiências em que constroem o conhecimento no laboratório antes mesmo de serem vistos na sala de aula, o que os ajuda na compreensão teórica daquele conteúdo. Entendemos que estes ciclos do concreto-abstrato convergem à perspectiva de aprendizagem Construcionista.

A partir disso, façamos uma breve reflexão acerca das atividades de robótica constantes nesta pesquisa, retomando algumas informações sobre suas condições de desenvolvimento: os sujeitos estabelecem conexão com o conhecimento empírico, por meio da “coleção de modelos”, ou seja, interagem com suas estruturas internas; desenvolvem o trabalho em equipes, e; manipulam materiais para a construção de um artefato robótico, que são entendidos como Objeto de Aprendizagem que desenvolvem a autonomia.

O que foi discutido nos possibilitou a visualização do que se entende por papéis do professor e do estudante no Ambiente Construcionista de Aprendizagem, a interação construída por eles e mediada pelo Objeto de Aprendizagem, assim passamos a explorar a Afetividade nesse ambiente, a qual está posicionada na intersecção dos conjuntos professor-estudante, que passamos a discutir na próxima seção.

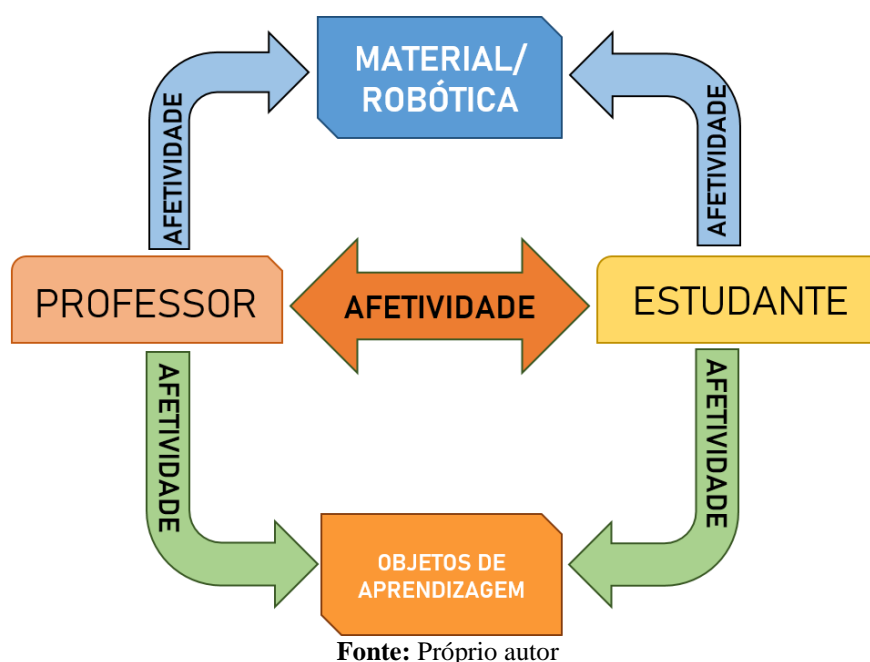
5.3 Afetividade suscitada no ACA

Discute-se nesta seção a respeito da Afetividade, que segundo Alves; Dantas; Oliveira (2012) contribui com a criação de um ambiente favorável à construção de conhecimento, portanto tornou-se fundamental no processo de ensino aprendizagem. Porém reconhecemos tratar-se de um tema complexo que envolve a área de psicologia do desenvolvimento e que, segundo Picard *et al* (2004, p. 255), “[...] ainda há muito pouco entendimento sobre quais emoções são mais importantes na aprendizagem e como elas influenciam a aprendizagem”, deste modo, levando em consideração estas condições, entendemos que a discussão sobre o tema não poderia ficar de fora desta análise, uma vez que o próprio Papert (1988, 1994) o classifica como aspecto central da teoria Construcionista.

Para discussão acerca da Afetividade no processo de ensino e aprendizagem assumiu-se a concepção de desenvolvimento do filósofo francês Henri Wallon (1879 – 1962), descritas por autores como Mahoney; Almeida (2005) e Tassoni; Leite (2013). Em sua definição de Afetividade, Mahoney; Almeida (2005, p. 19), afirmam que “Refere-se à capacidade, à disposição do ser humano de ser afetado pelo mundo externo/interno por sensações ligadas a tonalidades agradáveis ou desagradáveis”, logo infere-se que, podendo ser externalizados em expressões de natureza agradáveis ou desagradáveis, o afeto não necessariamente diz respeito a sensações que podem corroborar com a aprendizagem.

Todavia, abordaremos a Afetividade em três estágios distintos perceptíveis no Laboratório de Robótica da escola SESI, que entendemos causar influência na aprendizagem: no primeiro estágio, apresentamos evidências da Afetividade em relação à robótica como área tecnológica, tanto do ponto de vista do professor como dos estudantes; no segundo exploramos o afeto na relação professor-estudante, e; no terceiro explora-se a Afetividade relacionada ao artefato e seu desempenho depois de pronto.

Afim de ilustrar os estágios da afetividade no Laboratório de RE elaborou-se, a partir das evidências deste estudo de caso a Figura 13.

Figura 13: Afetividade no laboratório de RE

Na figura, as setas azuis indicam o relacionamento afetivo do professor e dos estudantes em relação ao material/robótica. Consideramos este como o primeiro estágio de afetividade no laboratório, que acontece antes mesmo do início das atividades. Após a aproximação e iniciado o trabalho no laboratório nota-se o envolvimento afetivo entre o professor e o estudante, indicado pela seta de via dupla na cor laranja, enxergamos este como o segundo estágio. O terceiro estágio afetivo no laboratório de RE corresponde ao relacionamento do professor e, principalmente, do estudante em relação ao robô na execução da tarefa para qual foi desenvolvido.

A partir destas diretrizes e reconhecendo como uma tonalidade de sensação agradável o gosto pela robótica discute-se a seguir o primeiro estágio afetivo.

5.3.1 Primeiro estágio afetivo no ACA: gostar de robótica

Quando falamos em afeto, acredita-se que, no caso da aprendizagem Matemática, o professor “entra no jogo” com saldo negativo, pois, segundo Alves; Dantas; Oliveira (2012) o relacionamento afetivo de boa parte dos estudantes com a Matemática condiz com emoções associadas a aspectos negativos, o que causa uma tensão na relação do estudante com a Matemática. No entanto Picard *et al* (2004, p. 263) cita um projeto inspirado no seguinte *slogan*: “Em vez de tentar fazer com que as crianças amem a matemática que odeiam, faça uma matemática que elas vão adorar”; compreendemos que este é um dos desafios do professor de

Matemática na atualidade, porém, acreditamos que o docente desta área tem um forte aliado, que pelo menos é um atrativo natural dos jovens da atualidade: a tecnologia.

Os dados produzidos no momento das observações nos mostraram que antes mesmo de frequentar o ambiente do Laboratório de Robótica da Escola SESI os participantes desta pesquisa já demonstravam um interesse pela área de robótica. Este interesse tem como mola propulsora uma sensação agradável comum aos estudantes e ao professor investigados, o gostar de robótica, portanto, apresentamos no Quadro 13 as evidências que justificam este os padrão observável.

Quadro 13: Gostar de robótica

FONTE DA EVIDÊNCIA	PADRÃO OBSERVACIONAL GOSTAR DE ROBÓTICA
PROFESSOR	[...] trabalhar com Robótica Educacional, tem uma questão que eu acho que é o fator é, assim [...] mais importante, você precisa gostar, você precisa gostar de tecnologia [...] E eu acho que o que me fez hoje ser o responsável, o interlocutor do SESI, da Lego perdão, aqui no nosso Departamento Regional, foi justamente o fato de simplesmente gostar [...] esse gostar nos fez buscar e tentar enxergar o que os outros departamentos regionais estavam fazendo, entende [...] e aí a gente foi ganhando proximidade, a gente foi pegando gosto pelo uso do material [...]
ESTUDANTE 1	Assim [...] eu sempre [...] desde meus 11 anos eu já gostava desse tipo de coisa eu já mexia com algumas coisas relacionadas e tal [...] e eu sempre gostei de robótica em si [...] mas só tive a oportunidade de me incluir num projeto a partir do momento que me matriculei aqui, que foi de 2016 pra 2017, 2017 eu entrei [...] Eu gosto de trabalhar com robótica [...] tipo, é [...] foi muito importante pra mim nesses últimos anos trabalhar com robótica, por que fez me levar pro ramo que eu quero seguir na minha vida [...]
ESTUDANTE 2	Eu já tentei fazer aula de piano, eu já tentei mexer com um monte de tipo de coisa diferente, mas uma das coisas que mais me chamou a atenção foi a robótica. Só que tinha uma questão, onde eu morava que é uma cidade muito pequena de 15 mil habitantes, mais ou menos, não tinha esse acesso, então tipo assim, isso eu gostava, eu pesquisava bastante, quando eu via alguma coisa de eletrônica eu gostava de mexer.
ESTUDANTE 4	Quando minha mãe me falou que iria me matricular aqui na escola (SESI), no caso no sétimo ano, eu já fiquei [...] meu Deus tem robótica!!!

Fonte: Próprio autor

As falas denotam o gosto pela robótica ou pela tecnologia como um todo, no caso do professor, e percebe-se que todos foram afetados, ou seja, segundo a perspectiva walloniana, há um envolvimento afetivo, o gostar. O Professor R relata que o fato de gostar de tecnologia o fez conhecer o material de Robótica Educacional e ao trabalhar com este material também foi “pegando gosto”, portanto esta fala evidencia que o relacionamento afetivo do professor pela tecnologia que, aconteceu também pela robótica, à medida que foi se envolvendo com o material, e isso acontece deste antes da implementação do laboratório.

Do mesmo modo, nas falas destacadas, o Estudante 1 afirma gostar de trabalhar com robótica e pratica atividades dessa natureza desde os 11 anos de idade. Ele também deixa claro que isso aconteceu antes de chegar a escola SESI. O Estudante 2, fala de suas tentativas com outras atividades, mas afirma que a que lhe chamou mais a atenção foi a robótica e isso o fez sair de perto dos pais para viver com o irmão em outra cidade. A Estudante 4, por sua vez, vibra “meu Deus tem robótica!” ao saber que iria estudar em uma escola que tem robótica, seguindo o mesmo padrão dos demais participantes da pesquisa.

Portanto é evidente que a Afetividade os conduziu ao trabalho com robótica. Neste sentido, Mahoney; Almeida (2005, p. 10) afirmam que “ser afetado é reagir com atividades internas/externas que a situação desperta”, logo, entendemos que a reação de buscar a robótica, condiz com o envolvimento afetivo, assim sendo o trabalho será desenvolvido com motivação, e isto resultará em melhor aproveitamento no processo de aprendizagem.

Acreditamos que este relacionamento afetivo causa influência na aprendizagem de tal modo que o Estudante 1 (2020) chega a atribuir a definição da área que quer seguir na vida à prática da robótica. Ao ser questionado pelo pesquisador sobre qual o significado da robótica em sua vida o Estudante 2 a definiu da seguinte forma:

Pra mim é como se fosse [...] **eu diria que, é o futebol de quem não gosta de futebol** [...] por que basicamente quem gosta de futebol, fica na quadra pra jogar futebol, mas eu, como eu gosto de tá criando projetos, gosto de tá desenvolvendo algumas coisas [...] então o que acontece, eu vejo a robótica como se fosse o meu passatempo, entendeu??? Claro eu gosto de fazer outras coisas, mas a robótica é como se fosse minha tarefa principal, que eu gosto de fazer [...] entendeu? é o meu espaço de lazer, basicamente (ESTUDANTE, 2020)

A partir das falas, nota-se um alto grau de envolvimento afetivo com a robótica, entretanto, chamamos atenção para o fato de uma possível interferência negativa da Afetividade no processo de aprendizagem, porém, Picard *et al* (2004, p. 253) escreve que “Embora sempre tenha sido entendido que emoção demais é ruim para o pensamento racional, descobertas recentes sugerem que também é pouca emoção, pois, quando os mecanismos básicos da emoção estão faltando no cérebro, o funcionamento inteligente é prejudicado”, logo é necessário que haja equilíbrio no envolvimento afetivo presente no processo de ensino e aprendizagem.

Assim, o professor deve assumir seu papel de orientador para manter este equilíbrio, pois, segundo Mahoney; Almeida (2005) na perspectiva walloniana, o adulto encontra-se no estágio de equilíbrio entre os fatores afetivos e cognitivos, enquanto o estudante situa-se no estágio em que é mais comum o afetivo influenciar o cognitivo, podendo causar distorções na aprendizagem. Deste modo, compreendemos que a ideia de protagonismo do estudante na

perspectiva Construcionista, nos termos em que foi defendida na seção anterior é reforçada, confirmando a dependência do estudante a se apoiar nos outros pontos desta rede de aprendizagem em que está inserido. Tassoni; Leite (2013) relatam a identificação de alguns aspectos que podem revelar a influência da Afetividade no processo de ensino e aprendizagem.

São eles: as formas de o professor ajudar os alunos; as formas de falar com os alunos; as atividades propostas; as aprendizagens que vão além dos conteúdos; as formas de corrigir e avaliar; a repercussão na relação aluno-objeto de conhecimento; a relação do professor com o objeto de conhecimento; os sentimentos e percepções do aluno em relação ao professor (TASSONI; LEITE 2013, p. 264).

Diante da constatação da atuação do professor como ponto de equilíbrio entre os fatores afetivos e cognitivos do estudante, por meio das ações apresentadas por Tassoni; Leite (2013) começamos a explorar a afetividade na relação professor-estudante, passando ao nosso segundo estágio de Afetividade no laboratório de RE.

5.3.2 Segundo estágio afetivo no ACA: afetividade na relação professor estudante

O envolvimento entre professor e estudante no ACA acontece antes mesmo da chegada dos estudantes no laboratório, pois como explicitado anteriormente, o primeiro é responsável pela seleção dos estudantes que irão compor as equipes. Este laço vai ficando cada vez mais forte e evidente a medida que as atividades acontecem, então pode-se observar o envolvimento afetivo que permeia a relação professor-estudante, consequentemente causando influência no processo de ensino e aprendizagem. Apresentamos no Quadro 14 os padrões observáveis de Afetividade nesta relação.

Quadro 14: Afetividade na relação professor-estudante

FONTE DA EVIDÊNCIA	PADRÃO OBSERVACIONAL AFETIVIDADE NA RELAÇÃO PROFESSOR-ESTUDANTE
PROFESSOR R	É bem isso né [...] a gente vai desenvolvendo uma amizade , a gente passa muito tempo juntos, os alunos entendem como que eles devem se portar, os alunos entendem o quão significativo é pra eles estar ali no laboratório e isso eu digo conclusões minhas, mas é baseado no que eles relatam, tanto para mim quanto para família né como um todo. E assim eu acho que esse senso de responsabilidade, que os meninos desenvolvem faz com que eu, na figura de professor confie muito neles , entende?! A ponto de entregar o laboratório nas mãos deles, e sabe a gente tem material da caro, a gente tem impressora 3D, micro retifica, computador com acesso à internet, Wi-fi no celular deles, que não é algo que os outros alunos das outras turmas têm e são algo que eles administram com muita naturalidade e eu acho que justamente essa postura que eles têm é que faz a gente ter confiança neles , entende?! E assim, eu vou te ser sincero, eles nunca, até hoje nunca me decepcionaram, precisei corrigir alguns alunos?! Precisei , as vezes a imaturidade faz com que eles tenham em sala de aula, não laboratório,

Quadro 14: Afetividade na relação professor-estudante

	em sala de aula algumas atitudes que não são condizentes, mas assim no todo eu acho de responsabilidade que eles têm para com laboratório é que me faz depositar confiança neles, ter essa relação de amizade com eles, entende?!
ESTUDANTE 1	A gente tenta manter uma relação (de amizade) assim porque é importante pra gente como pessoa, é importante pra equipe, é importante pra vários sentidos aqui na robótica [...] pra várias áreas. E a gente mantém esse tipo de relação até porque o tratamento dele para com a gente é da mesma forma então é um consentimento.
ESTUDANTE 2	É! o que eu digo [...] é basicamente uma amizade [...] o que acontece, quando eu entrei no laboratório, eu não tinha muita intimidade, eu não falava muito, não falava muito com o pessoal, não falava com o professor, mas o que acontece, com o tempo a gente foi e acabou tendo uma relação, foi criando uma amizade [...] tipo assim, esse pessoal pode ajudar a gente em algumas coisas. [...] eu digo que ele, ajuda a gente moralmente, entendeu?!
ESTUDANTE 3	Deixa a vontade, mas também não pode extrapolar. A gente não pode deixar nosso foco para fazer outras coisas, entendeu?! Então ele deixa a gente a vontade aqui escutando música, mas ele também cobra da gente. A gente tem que está bem em sala de aula, até por que [...] dos outros professores, a gente tem que tá tirando nota boa, ter boa disciplina na sala, ser referência [...]
NOTA DE CAMPO	Professor R pergunta ao Estudante 1 se as atividades de CAP (Ciências Aplicadas) estão em dia. Nota-se a preocupação para que as atividades de robótica não atrapalhem o andamento das outras disciplinas.

Fonte: Próprio autor

Considerando o tempo de formação do Professor R, 13 anos que concluiu a graduação, Mahoney; Almeida (2005, p. 12) apontam que “O grande desafio do professor, que teve uma formação na qual sua integração não foi levada em conta, é enxergar seu aluno em sua totalidade e concretude”, pois, segundo Alves; Dantas; Oliveira (2012) o estudante adentra na escola por inteiro, não apenas com o intelecto, e a influência dos aspectos cognitivos e afetivos é mútua. As falas em destaque apontam para um relacionamento afetivo entre professor e estudante de tal forma que o professor aponta algumas situações em que os estudantes recebem responsabilidades e, nas palavras do Professor R (2020): “até hoje nunca me decepcionaram”.

O registro de campo do pesquisador também evidência uma preocupação do professor com os conteúdos extra laboratório, e em outra fala o professor afirma que sua preocupação não é apenas com as notas dos estudantes, mas da pessoa que o estudante está a se formar.

[...] espera-se que os integrantes do laboratório tenham uma postura condizente, condizente com a oportunidade que está sendo dado a eles [...] eu não me refiro inclusive, ao aluno só tem tirar 10 dentro de sala de aula, não é isso [...] Veja bem, esse é o conceito de nota, então o que eu me refiro aqui é postura. Ele é um bom aluno, “cê” sabe que toda instituição de ensino se não tiver regras, e se o aluno não seguir essas regras a coisa vira uma balbúrdia. Então esse aluno não interessa quais são as notas dele em sala, esse aluno, ele tem uma postura condizente em sala, respeita colegas, respeita o espaço do professor, respeita as diretrizes da escola, sim! Faz jus ele integrar a equipe. Se em algum momento, ele deixa de seguir essa postura, automaticamente ele não serve pro laboratório, por que alguma coisa tá errada. Porque os alunos que tem contato com o material e que fazem [...]que tem um senso de

responsabilidade, ele sabe que outros alunos queriam tá ali no lugar dele, então consequentemente ele se esforça para ter uma postura condizente e também ele se esforça para ser um bom aluno e a nota é algo que vem naturalmente... a nota é algo que vem naturalmente [...] lá em sala de aula, mas essa cultura é algo que precisa ser cobrado (PROFESSOR R, 2020).

As falas dos estudantes, quando afirmam haver uma amizade entre eles e o professor também apontam para um envolvimento afetivo, o que faz esta ser uma via de mão dupla, assim como representado na figura descrita anteriormente. Neste sentido, Mahoney; Almeida (2005) afirmam que no ambiente de aprendizagem professor e estudante são afetados um pelo outro e ambos pelo contexto que frequentam, em nosso caso o Laboratório de Robótica. As autoras (2005, p. 13) afirmam ainda que “A não satisfação das necessidades, afetivas, cognitivas e motoras prejudica a ambos, e isso afeta diretamente o processo ensino-aprendizagem”, podendo causar no estudante dificuldade de aprender e no professor um processo progressivo de insatisfação, descompromisso e apatia.

A dificuldade de aprendizagem do estudante termina por afeta-lo de forma desagradável, provocando o desinteresse pelo que está estudando. Já o professor segue o caminho da zona de conforto, onde trabalhará de forma automatizada, no caso do professor de Matemática seguindo a velha máxima do ciclo definição-exemplo-exercício-prova.

A psicologia de desenvolvimento de Henri Wallon caracteriza a pessoa como o conjunto de integração afetiva-cognitiva-motora (MAHONEY; ALMEIDA, 2005). O Construcionismo defende a construção do conhecimento a partir do envolvimento afetivo apoiado pela construção de algo palpável, ou seja, compreendemos que o Construcionismo está compreendido na perspectiva walloniana e segue a interação proposta na seguinte ordem: afeto-motor-cognição. A atribuição de cada componente desta interação é descrito por Mahoney; Almeida (2005, p. 16)

O conjunto afetivo oferece funções responsáveis pelas emoções, pelos sentimentos e pela paixão. O conjunto ato motor oferece a possibilidade de deslocamento do corpo no tempo e no espaço, as reações posturais que garantem o equilíbrio corporal, bem como o apoio tônico para as emoções e os sentimentos se expressarem. O conjunto cognitivo oferece um conjunto de funções que permite a aquisição e a manutenção do conhecimento por meio de imagens, noções, ideias e representações.

Das atividades de robótica observadas na escola SESI, apresentamos evidências da Afetividade como propulsora a ação que movimenta os participantes ao encontro com a robótica, este encontro proporciona um novo envolvimento afetivo, agora na relação professor-estudante. Contemplando o terceiro estágio da Afetividade no Laboratório de Robótica SESI,

que está relacionado as emoções assim como denota a fala de Mahoney; Almeida (2005, p. 16), apresentamos a discussão a seguir.

5.3.3 Terceiro estágio afetivo no ACA: a satisfação com o desempenho do robô

Todo o trajeto percorrido pelos estudantes desde que começam a desenvolver suas atividades no laboratório de robótica tem como objetivo central, construir um robô (Objeto de Aprendizagem) para desenvolver determinada função. Seja ela a superação de um desafio proposto pelo professor, ou para apresentação em feiras de exposições internas ou externas à escola. É certo aos estudantes interessa o desempenho do robô depois de pronto, é neste sentido que observamos o terceiro estágio do afeto nas atividades de robótica da escola SESI. Apresentamos no Quadro 15 padrões observáveis na relação afetiva com o artefato, que vem sendo criado a partir do envolvimento afetivo inicial.

Para tanto, esclarecemos que as evidencias constantes neste quadro fazem referência ao desempenho do robô na mesa de testes e na participação das equipes em competições. Ressalta-se, ainda que algumas falas foram coletadas de declarações destes participantes em vídeos postados na rede social *Instagram* criada pelos componentes do laboratório, e em reportagem exibida pela rede de TV local, como previsto na subseção 4.3.1 – produção de documentos.

Quadro 15: Satisfação com os resultados

FONTE DA EVIDÊNCIA	PADRÃO OBSERVACIONAL A SATISFAÇÃO COM O DESEMPENHO DO ROBÔ
PROFESSOR R	E aí galera, tudo beleza? Oxente, galera tá aqui [...] E aí galera que foi que está todo mundo triste assim, vocês não estão sabendo não? É CAMPEÃO!!! É CAMPEÃO!!! É CAMPEÃO!!!
ESTUDANTE 1	Cara quando você monta um robô que ele faz todo um trajeto, ainda mais nessa modalidade que é um pedido tão complexo, que ele tem que passar todo um trajeto, passar por obstáculos, chegar no final resgatar a vítima e colocar em uma área segura. Quando ele segue todas essas tarefas e série dá uma satisfação muito grande, sabe?! Tipo, em relação a você sentir que você com sua equipe montou aquilo e está funcionando perfeitamente é muito gratificante.
ESTUDANTE 2	Sim, é [...] a robótica é assim, eu [...] o que eu vejo resultado é a parte que assim, a gente ver que é mais interessante, por que quando a gente cria um projeto e a gente ver que ele tá funcionando, assim dá uma satisfação, tipo assim, ah aquilo foi eu que fiz, então acaba que dá uma felicidade pra gente, quando isso acontece. Sim a gente fica feliz quando isso acontece só que a gente tem que analisar todos os fatos. Por exemplo, quando o robô, ele dá uma enganchada quando ele fez alguma coisa, entendeu? Então não é só por que ele chegou no final que a gente fica feliz, a gente fica feliz pelo trajeto que ele fez, entendeu? Por que, por exemplo, ele pode ter feito, ele pode ter dado uma enganchada, pode ter errado alguma lógica, então a gente tem que analisar isso par ficar cada vez mais perfeito, entendeu? A gente fica feliz mesmo é quando chega o ponto que a gente vê

Quadro 15: Satisfação com os resultados

	que está tudo saindo realmente como a gente pensou que era pra ter saído na mesa, por exemplo, eu programei pra ele fazer X e ele saiu X, entendeu? Então é isso que dá satisfação, não é simplesmente ele passar tudo, mas quando ele executa da maneira que a gente quer [...]
ESTUDANTE 4	Eu e minha parceira de equipe né, a gente tá muito feliz por ter conseguido essa colocação que já é um grande feito, por que vai servir para a gente ampliar nossos conhecimentos e no próximo ano ir de novo para tentar conquistar essa vaga para a gente passar pelo nacional.

Fonte: Próprio autor

Na fala do Professor R, proferida logo após a conquista da OBR 2018 por uma das equipes orientadas por ele, é explícita a manifestação de felicidade. Iniciando com uma brincadeira visivelmente combinada entre eles, o professor questiona os demais participantes da equipe sobre a sua tristeza, para em seguida apresentar o troféu da conquista e começar a gritar juntamente com os outros componentes: **É campeão! É campeão!**

A fala do Estudante 1 expressa a satisfação em ver o artefato criado por sua equipe funcionando perfeitamente, também denota a sensação de felicidade. O Estudante 2 segue a mesma linha do Estudante 1, porém, vai além ao deixar claro que não importa somente que o robô execute a tarefa, mas que obedeça às exigências que foram pré-determinadas no projeto.

Já a Estudante 4 fala após sua equipe ter ficado em segundo lugar na etapa regional da OBR 2019. Expressa felicidade, define a colocação como um grande feito que contribui com sua aprendizagem e ainda demonstra o sentimento de motivação para ficar em primeiro lugar no ano seguinte.

Todas as falas obedecem ao mesmo padrão de Afetividade em relação ao desempenho do robô, os participantes agora foram afetados emocionalmente. Segundo Mahoney; Almeida (2005, p. 19) a “emoção é um estado afetivo, comportando sensações de bem-estar ou mal-estar que tem um começo preciso, é ligado a um objeto específico e de duração relativamente breve e inclui ativação orgânica”. As sensações orgânicas referidas pelas autoras e que puderam ser notadas nos participantes da pesquisa, vão desde o sorriso à euforia, expressa principalmente após as conquistas das competições.

Neste sentido Picard *et al* (2004, p. 262) afirma que “aprender por meio do apego a objetos pode beneficiar o aprendizado de ciências [...] esse envolvimento vem, em grande parte, da ‘identificação’ pessoal com os robôs e máquinas que eles constroem”, acredita-se que isto vem acontecendo com os estudantes envolvidos nesta pesquisa.

Por outro lado, quando se fala em motivação, o fato dos praticantes de robótica educacional, não só da escola SESI, mas no contexto geral, participarem de competições de RE, segundo Aroca *et al* (2019) é visto, tanto por críticos como por diversas instituições, como

motivador destas práticas. Entretanto, entende-se que a motivação primária e original, principalmente dos estudantes, vem da afetividade, conforme as evidências apresentadas. Entendemos que a competição, ocupando papel secundário, contribui com a continuidade das atividades, em alguns casos determinando o foco das equipes e ainda é vista pelos estudantes como momento de colocar seus conhecimentos a prova.

Neste sentido, as competições exercem papel importante no processo de ensino e aprendizagem, funcionando como espaço de externalização de diferentes ideias e de enfrentamento de desafios, onde os estudantes tem oportunidade de construir conhecimento na troca de informações com os demais participantes e na superação destes desafios. Mahoney; Almeida (2005) apontam que do ponto de vista afetivo o processo de ensino e aprendizagem pode ser facilitado com a permissão da expressão e discussão das diferenças, portanto justifica-se a necessidade de haver estes espaços para tal, podendo acontecer em feiras de exposição internas ou externas à escola ou mesmo nas competições, nos mais diversos âmbitos, escolar, regional, nacional.

Diante do que foi exposto compreende-se que a Afetividade presente no Laboratório de Robótica da Escola SESI de Araguaína, contribui com o ACA constituído neste espaço de aprendizagem, agindo como propulsora da ação a partir dos vários estágios afetivos, que vão desde de o gostar até à emoção, quando se diz respeito ao desempenho do robô construído por meio da interação professor-objetos de aprendizagem-estudante. Portanto fica evidente que assim como previsto na teoria do Construcionismo de Papert (1988, 1994), a Afetividade deve ser levada em consideração no processo de ensino e aprendizagem.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Iniciamos este trabalho de pesquisa apresentando argumentos que apontam para a necessidade de inclusão das tecnologias digitais nas escolas, afim de contribuir com o processo de fluência tecnológica, que acreditamos se equiparar à leitura e a escrita na sociedade atual, e assim atender à exigência constitucional do objetivo da Educação Escolar que visa o pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho. Portanto, sendo um dos principais recursos tecnológicos em ambientes de aprendizagem a Robótica Educacional tem muito a contribuir com este processo e precisar ser entendida e otimizada como ferramenta de aprendizagem.

No segundo capítulo, apresentamos nossa descrição do Construcionismo de Papert (1988, 1994), que em nossa compreensão figura como a teoria que deu início, portanto fundamenta, o que se conhece como Robótica Educacional. Nesta descrição buscando identificar a vinculação da referida teoria com a RE.

Foi possível a identificação de alguns padrões teóricos que estabeleceram um vínculo com as práticas de RE, a saber: Aprendizagem a partir Formulação de Micromundos; Professor desenvolvendo o papel de Orientador Autônomo; o Estudante como protagonista; Aprendizagem Afetiva. Neste capítulo contemplou-se a proposição do primeiro objetivo específico desta pesquisa.

Os cenários da RE nas produções acadêmicas constituem o segundo objetivo específico e estão descritos no terceiro capítulo. Nele, descrevemos as constatações dos trabalhos acadêmicos relacionados à RE publicados nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. Os trabalhos foram desenvolvidos a partir de oficinas de robótica ou experimentos de ensino e a predominância das pesquisas visa a utilização da robótica como objeto de aprendizagem de ordem motivacional ou como mediador da aprendizagem na perspectiva de Vygotsky.

Os dois últimos objetivos específicos: identificação dos Micromundos de Aprendizagem Matemática, e; análise das produções dos estudantes; foram descritos no quinto capítulo.

Este capítulo, de análise de dados, apresentou de forma expansiva, os aspectos Construcionistas ilustrados na Figura 6, onde, após assumir que, a teoria de Papert (1988, 1994) no que tange a Robótica Educacional, possibilita a Formulação dos Micromundos de Aprendizagem Matemática, com o envolvimento do professor e do estudante que, respectivamente, assumem papéis de orientador e protagonista da construção do conhecimento,

apresentou-se alguns micromundos de aprendizagem, sendo o primeiro deles o próprio laboratório.

Identificou-se uma rede de espaços de aprendizagem na escola SESI, em que suas pontes de ligação são constituídas pela interação entre os estudantes nestes diversos espaços. Ao voltarmos nossa atenção ao Laboratório de Robótica, o reconhecemos como um Micromundo de aprendizagem desta rede, que por sua vez se constituiu como um Ambiente Construcionista de Aprendizagem, levando-se em consideração seu espaço físico, materiais e ferramentas, que figuraram como Objetos de Aprendizagem.

Neste ambiente, ao analisarmos a atuação do professor e dos estudantes, observou-se que estes constroem uma interação, com via de mão dupla, e ainda interagem com o artefato robótico, também considerado um Objeto de Aprendizagem, que ao ser manipulado possibilita aos estudantes a construção de conhecimento.

A interação Professor-Objeto de aprendizagem-Estudante sustenta os papéis do Professor Orientador Autônomo e do Estudante Protagonista, convergindo ao padrão de comportamento previsto pela teoria do Construcionismo.

Do interior do Laboratório foram apresentados momentos do desenvolvimento das atividades, onde a partir de um projeto de trabalho, os estudantes constroem um Objeto de Aprendizagem robótico, e o percurso trilhado por eles lhes oportuniza a construção do conhecimento científico-tecnológico-matemático. Neste sentido, citou-se como exemplo algumas formas distintas de apresentação do conceito de ângulos por diferentes materiais didáticos, e os dados mostraram que essa variedade aliada as atividades de robótica pode contribuir com o processo de cognição por parte do estudante, e ainda possibilita a visualização da empregabilidade da Matemática Escolar.

Expomos ainda a formulação de uma rede de aprendizagem, interna ao laboratório, que tem seus centros “móveis”, ora Professor, ora Estudante, ora Objeto de Aprendizagem. Portanto, mesmo como protagonista o estudante depende de outros atores da rede para a construção do conhecimento, fato exemplificado ao explorar o erro como articulador de novos saberes.

Por fim, discutimos a Afetividade presente no Laboratório de RE em três estágios. Como primeiro estágio apresentamos evidências da Afetividade, tanto por parte do professor como dos estudantes, em relação à robótica, antes mesmo do início das atividades no laboratório. No segundo estágio discute-se a Afetividade na relação Professor-Estudante, mostrando que a relação de cumplicidade e amizade contribuiu com a aprendizagem. O terceiro estágio, evidencia o afeto dos participantes da pesquisa em relação ao Objeto de Aprendizagem

robótico, ou mais especificamente, ao seu desenvolvimento na execução das tarefas para qual foi criado.

Deste modo retomamos nossa questão de pesquisa: *Como a Robótica Educacional, da Escola SESI de Araguaína, se aproxima do Construcionismo de Seymour Papert?* e concluímos que a Robótica Educacional da Escola SESI aproxima-se do Construcionismo de Papert (1988, 1994) em três perspectivas gerais:

- Aprendizagem a partir da Formulação de Micromundos;
- Os papéis desenvolvidos pelo professor e pelo estudante, e;
- Afetividade no processo de ensino e aprendizagem.

Pode-se observar ainda que outros aspectos da teoria Construcionista como: aprendizagem a partir da interação prática; o erro como articulador de novos saberes; *link* com a coleção de modelos; “mão na massa” ou aprender fazendo; autonomia para ensinar e para aprender; aprendizagem afetiva; estão presentes nas evidências apresentadas e também são exercidos nas atividades estudadas contribuindo com a aprendizagem neste ambiente escolar.

Acredita-se que o trabalho com Robótica Educacional, na perspectiva Construcionista, mesmo que objetivando a aprendizagem de temas diversos, como Ciências e Matemática, contribui com o processo de fluência tecnológica defendido no primeiro capítulo deste texto, além de corroborar com a formação de um cidadão independente, pró ativo, que expressa suas ideias e aprende com seus erros, mas que ao aprender através de um rede, sabe reconhecer a importância do outro na construção do conhecimento.

Ressaltamos ainda que esta pesquisa não tem o objetivo de esgotar os possíveis vínculos entre o Construcionismo e a Robótica Educacional, mas pelo contrário, busca incentivar outros pesquisadores a discutirem acerca do tema apresentando suas visões para que a Robótica Educacional, área com grande potencial de contribuição para o processo de ensino e aprendizagem, seja incrementada e cumpra sua função social.

Entendemos que o desenvolvimento desta pesquisa possibilitou a visualização de outros nichos na área da Robótica Educacional que podem ser explorados por este pesquisador em uma futura pesquisa de doutorado, são eles: A contribuição da Robótica Educacional na formação do estudante na perspectiva da fluência tecnológica; Quais conhecimentos matemáticos são potencializados com a prática das atividades de Robótica Educacional; As aprendizagens emergentes das competições de Robótica Educacional; a Robótica Educacional no contexto dos cursos de licenciatura em Matemática na região norte do Brasil; Quais os cenários da Robótica Educacional nos cursos de pós graduação na área de Educação

Matemática; A Robótica Educacional como ferramenta de inclusão social e digital na cidade de Araguaína.

Por fim, destacamos a relevância deste trabalho de investigação sendo o pioneiro na cidade de Araguaína e no estado de Tocantins, que agora contém um marco no mapa mundial das pesquisas na área de Robótica Educacional. Desenvolvida no contexto do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGecim) esta pesquisa busca iluminar o vínculo entre teoria e prática no que tange a Robótica Educacional e assim prestar suporte aos professores da Educação Básica que almejam trabalhar o ensino de Ciências e Matemática com a utilização da robótica.

7 REFERÊNCIAS

ALVES, Deive Barbosa. **Modelagem matemática no contexto da cultura digital**: uma perspectiva de educar pela pesquisa no curso de técnico em meio ambiente integrado ao ensino médio. 2017. 280 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Educação, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

ALVES, Jamille de Andrade Aguiar; DANTAS, Viviane Andrade de Oliveira; OLIVEIRA, Maraísa Santos. Influências afetivas no ensino-aprendizagem de matemática. In: **COLÓQUIO INTERNACIONAL EDUCAÇÃO E CONTEMPORANEIDADE**, Não use números Romanos ou letras, use somente números Arábicos., 2012, São Cristóvão - Se. Artigo. São Cristóvão: Educon, 2012. p. 1-12.

AMIEL, Tel; AMARAL, Sergio Ferreira do. Nativos e Imigrantes: questionando o conceito de fluência tecnológica docente. **Revista Brasileira de Informática na Educação**. v 21. n. 3. 2013.

ARAÚJO, Carlos Alberto Pedroso. **As potencialidades da robótica educacional na matemática básica sob perspectiva da teoria da atividade**. 110 p. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, 2015.

ARAÚJO, Laura Filomena Santos de; DOLINA, Janderléia Valéria; PETEAN, Elen; MUSQUIM, Cleiciene dos Anjos; BELLATO, Rosene; LUCIETTO, Grasiela Cristina. Diário de pesquisa e suas potencialidades na pesquisa qualitativa em saúde. **Revista Brasileira Pesquisa Saúde**, Vitória, Espírito Santo, p. 53-61, jul./set. 2013

AROCA, Rafael Vidal *et al.* Robótica educacional e as “competições”. In: PERALTA, Deise Aparecida (org.). **Robótica & Processos Formativos**: da epistemologia aos kits. Porto Alegre, Rs: Editora Fi, 2019. Cap. 10. p. 245-270.

BARAN, Paul. **On Distributed Communications: introduction to Distributed communications networks**. 1964. Disponível em: <<https://goo.gl/SaL5qM>>. Acesso em: 10 de março 2021.

BARBOSA, Fernando da Costa et al. Mapeamento das pesquisas sobre Robótica Educacional no Ensino Fundamental / Mapping of researches on Educational Robotics in Elementary School. **Texto Livre**: Linguagem e Tecnologia, [s.l.], v. 11, n. 3, p.331-352, 26 dez. 2018. Faculdade de Letras da UFMG. <http://dx.doi.org/10.17851/1983-3652.11.3.331-352>.

BARBOSA, Fernando da Costa. **Rede de aprendizagem em robótica**: uma perspectiva educativa de trabalho com jovens. 2016. 366 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Educação, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.

BARBOSA, Fernando da Costa; ALEXANDRE, Mário Lúcio; ALVES, Deive Barbosa; MENEZES, Douglas Carvalho de; SOUZA JUNIOR, Arlindo José de. EXPLORANDO MATEMÁTICA EM SITUAÇÃO PROBLEMA DE ROBÓTICA EDUCACIONAL. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENSINO DE CIÊNCIAS E FORMAÇÃO DE PROFESSORES, 2017, **Anais [...]**. Catalão: Cecifop, 2020. p. 1304-1315.

BARROS, Ana Paula Rodrigues Magalhães de; STIVAM, Elen Priscila. O software GeoGebra na concepção de micromundo. In: CONFERÊNCIA LATINO AMERICANA DE GEOGEBRA, 1. 2011, São Paulo. **1º Conferência Latino Americana de GeoGebra**. São Paulo: Puc-Sp, 2012. p. 184-194.

BORBA, Marcelo de Carvalho; ALMEIDA, Helber Rangel Formiga Leite de; GRACIAS, Telma Aparecida de Souza. **Pesquisa em ensino e sala de aula: diferentes vozes de uma investigação**. 2. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2019. 126 p.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, 2020. Disponível em https://www.senado.leg.br/atividade/const/con1988/CON1988_05.10.1988/art_205_.asp Acesso em: 7 nov 2020.

BRASIL. A prova o Regulamento do serviço Social da Indústria (SESI). **Decreto Nº 57.375, de 2 de Dezembro de 1965**. Brasília, 2 dez. 1965. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1950-1969/d57375.htm Acesso em: 10 mar 2021.

BRASIL. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). **Avaliação da CAPES aponta crescimento da pós-graduação brasileira**. 2017. Disponível em: <<http://twixar.me/2st1>>. Acesso em: 03 set 2019

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.

CAMPOS, Flavio Rodrigues. **Diálogo entre Paulo Freire e Seymour Papert: a prática educativa e as tecnologias digitais de informação e comunicação**. 2008. 183 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Letras, Universidade Presbiteriano Mackenzie, São Paulo, 2008.

CARRILHO, Ronaldo. **O Micromundo Ritmática: uma abordagem multissensorial para os conceitos de razão e proporção**. 2013. 141 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Mestrado em Educação Matemática, Universidade Bandeirante Anhanguera, São Paulo, 2013.

CASTELNUOVO, E. *Didática de la Matemática Moderna*. México: Ed. Trillas, 1970

CAVALCANTE, Priscila. **SESI conquista o 1º lugar para o Tocantins em olimpíada nacional de robótica na Paraíba**. 9 nov 2018, Notícia do Portal da Escola SESI. Disponível em: <<http://sesi-to.com.br/Noticia.aspx?c=486da3a8-4066-4240-b88a-e76da3167d8d>> Acesso em: 11 fev 2019.

DEMO, Pedro. **Pesquisa e Informação Qualitativa: aportes metodológicos**. 5. ed. Campinas, SP: Papirus, 2012.

DEMO, Pedro. **Introdução à Metodologia da Ciências**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1985

FERRARI, Márcio. **Maria Montessori, a médica que valorizou o aluno**. Disponível em <<https://novaescola.org.br/conteudo/459/medica-valorizou-aluno>> Acesso em: 08 nov 2020.

FIORENTINI, D.; MIORIM, M,A. Uma reflexão sobre o uso de materiais concretos e jogos no Ensino da Matemática. **Boletim da SBEM**. SBM: São Paulo, ano 4, n. 7, 1990.

- GALVÃO, Angel Pena. **Robótica Educacional e o Ensino de Matemática: um experimento educacional em desenvolvimento no ensino fundamental**. 2018. 136 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, 2018.
- GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 175 p.
- HOYLES, C. 2012. Tackling the Mathematics: potential and challenges for research in mathematics education, **Anais do V Seminário Internacional de Pesquisa em Educação Matemática**, (pp. 1-12), Petrópolis, Rio de Janeiro, Brasil.
- IEZZI, Gelson. **Fundamentos de matemática elementar**. 2. ed. São Paulo: Atual, 1977.
- LEGO, Education. **Catálogo LEGO® Education: Experiências lúdicas de aprendizagem que permitem que todo aluno atinja o sucesso**. The LEGO Group, 33p. 2017.
- LEMOS, André. **A comunicação das coisas: teoria ator-rede e cibercultura**. São Paulo: Annablume, 2013.
- LOPES, Livia Mara Menezes; RIBEIRO, Viviane Salvador. O Estudante como protagonista da aprendizagem em ambientes inovadores de ensino. In: **CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO E TECNOLOGIAS**, 1., 2018, São Carlos. Artigo. São Carlos: Ufscar, 2018. p. 1-7.
- LUCIANO, Ana Paula Giacomassi. **A Robótica Educacional e a Plataforma Arduino: estratégias construcionistas para a prática docente**. 2017. 151 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência e a Matemática do Centro de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Maringá, 2017.
- MAHONEY, Abigail Alvarenga; ALMEIDA, Laurinda Ramalho de. Afetividade e processos de ensino-aprendizagem: contribuições de Henri Wallon. In: **REUNIÃO ANUAL DO ANPED**, 27. 2004, São Paulo. **GT Psicologia da Educação**. São Paulo: Anped, 2005. p. 11-30.
- MALTEMPI, Marcus Vinicius (2004). Construcionismo: pano de fundo para pesquisas em informática aplicada à educação matemática. In: M.A.V. Bicudo e M.C. Borba (org.), **Educação Matemática: pesquisa em movimento**. São Paulo: Editora Cortez. ISBN 85-249-0985-4. p. 264-282.
- MARCONI, Maria de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. S: Atlas, 2003. 311 p.
- MARINA, José Antonio. **Teoria da Inteligência Criadora**. Rio de Janeiro, Rj: Guarda Chuva, 2009. 320 p. Tradução: Antonio Fernando Borges.
- MATARIC, Maja J. **Introdução à robótica**. São Paulo: Unesp/Blucher, 2014. 367 p. Tradução: Humberto Ferasoli Filho, José Reinaldo Silva, Silas Franco dos Reis Alves.
- MATINEZ, Sylvia Libow; STAGER, Gary. **Invent To Learn: making, tinkering, and engineering in the classroom**. Torrance - Ca: Constructing Modern Knowledge Press, 2013 (Tradução nossa).

MEIRELLES, Hely Lopes. A licitação nas entidades paraestatais. **Revista de Direito Administrativo**, v. 132, p. 32-40, 1978.

MICHAELIS. **Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa**. Disponível em <https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/ensinar> Acesso em 14/07/2019.

MOTA, Érico Ricard Lima Cavalcante. **O construcionismo de Papert como concepção epistemológica: fundamentos para qual educação?** 2014. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Educação, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza - Ce, 2014.

OLIVEIRA, Ailton Diniz de. **Robótica nas aulas de matemática: uma perspectiva tecnológica associada ao ensino de funções**. 69 p. (Dissertação) Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Estadual da Paraíba, Pro-reitoria de Pós-graduação e Pesquisa, 2017.

OLIVEIRA, Edvanilson Santos de. **Robótica Educacional e Raciocínio Proporcional: uma discussão à luz da teoria da relação com o saber**. 161 p. (Dissertação) Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2015.

PAPERT, Seymour. **Oito grandes ideias por trás do Laboratório de aprendizagem Construcionista**. Disponível em < <https://fellows.fablearn.org/wp-content/uploads/2017/02/Oito-grandes-id%C3%A9ias-Papert.pdf> > Acesso em 28 fev 2021.

PAPERT, Seymour. **A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994. 210 p. Sandra Costa.

PAPERT, Seymour. **LOGO: computadores e educação**. 3. ed. São Paulo: Editora Brasiliense, 1988. 253 p. Tradução: José Armando Valente, Beatriz Bitelman, Afira Vianna Ripper.

PICARD, Rosalind; PAPERT, Seymour; BENDER, Walter; BLUMBERG, Bruce; BREAZEL, Cynthia; CAVALLO, David; MACHOVER, Tod; RESNICK, Mitchel; ROY, Deb; STROHECKER, Carol. Affective Learning: a manifesto. **Bt Technology Journal**, Massachussets, v. 22, n. 4, p. 253-269, out. 2004.

PRADO, José Pacheco de Almeida; MORCELI, Gustavo. Robótica educacional: do conceito de robótica aplicada à concepção dos kits. In: PERALTA, Deise Aparecida (org.). **Robótica & Processos Formativos: da epistemologia aos kits**. Porto Alegre, Rs: Editora Fi, 2019. Cap. 2. p. 31-58.

PRENSKY, M. Digital native, digital immigrants. Digital Native immigrants. **On the horizon**, MCB University Press. vol. 9, v. 5, october, 2001. Disponível em: <https://bit.ly/3bX7Owx>. Acesso em: 15 de fev. de 2020. (Tradução nossa).

PRIMO, Alex. **Interação mediado por computador: comunicação, cibercultura, cognição**. Porto Alegre: Sulina, 2007. 240 p. (Coleção: Cibercultura).

RAABE, André; ZORZO, Avelino F.; BLIKSTEIN, Paulo. **Computadores na educação básica: fundamentos e experiências**. Porto Alegre: Penso, 2020. (E-PUB). Série Tecnologia e inovação na educação brasileira.

RODRIGUES, Fredy Coelho; GAZIRE, Eliane Scheid. Reflexões sobre uso de material didático manipulável no ensino de matemática: da ação experimental à reflexão. *Reflections on use of material in school teaching of mathematics manipulable*. **Revemat**: revista eletrônica de educação matemática, [S.L.], v. 7, n. 2, p. 187-196, 13 dez. 2012. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). <http://dx.doi.org/10.5007/1981-1322.2012v7n2p187>

ROSSO, Ademir José; BERTI, Nívia Martins. O erro e o ensino-aprendizagem de matemática na perspectiva do desenvolvimento da autonomia do aluno. **Bolema**, Rio Claro Sp, v. 23, n. 37, p. 1005-1035, dez. 2010.

RUBIÑOS, Ediciones. **Trigonometria 2012**: la enciclopedia. Peru: Rubiños, 2012. 1100 p.

SANTOS, Edméa. **Ensino híbrido**: fundamentos e dispositivos formativos. In: Congresso virtual UFBA 2021. 92 minutos. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=D6cToTIUZ8w> Acesso em: 24/02/2021.

SANTOS, Paulo Gabriel Franco dos, Reflexões filosóficas em tecnologia para um pensar dialético: do encantamento à profanação. In: PERALTA, Denise Aparecida (org). **Robótica e Processos formativos**: da epistemologia aos kits [recurso eletrônico]—Porto Alegre, RS: Editora Fi, 2019.

SANTOS, Ricardo Sousa; COSTA, Dailson Evangelista; ALVES, Deive Barbosa. O Papel do Professor e do Estudante em Ambiente Construcionista de Aprendizagem. **REMATEC**, v. 15, p. 252-265, 7 out. 2020.

SAVIANI, Demerval; A SILVA JUNIOR, Celestino Alves. Os saberes implicados na formação do educador. In: BICUDO, Maria Aparecida Viggiani; SILVA JUNIOR, Celestino Alves da (org.). **Formação do Educador**: dever do estado, tarefa da universidade. São Paulo, SP: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1996. p. 145-155.

SESI, Serviço Social da Indústria. Departamento Regional do Tocantins. **Livro do Professor**: ensino fundamental, anos finais. Palmas: SESI-DR/TO, 2021.

SESI, Serviço Social da Indústria. Departamento Regional do Tocantins. **Relatório de Gestão Exercício 2018**. Palmas: SESI-DR/TO, 2019. 83 p.

SESI, Serviço Social da Indústria. Departamento Regional do Tocantins. **Relatório de Gestão de 2016**. Palmas: SESI-DR/TO, 2019. 142 p.

SESI, Serviço Social da Indústria. Departamento Regional do Tocantins. **Relatório de Gestão 2020**. Palmas: SESI-DR/TO, 2020. 86 p.

SILVA, Ricardo Sucucuglia Rodrigues da. Robóticas. In: PERALTA, Denise Aparecida (org). **Robótica e Processos formativos**: da epistemologia aos kits [recurso eletrônico]—Porto Alegre, RS: Editora Fi, 2019.

SINKOVICS, Noemi. Pattern Matching in Qualitative Analysis. In: CASSELL, Catherine; CUNLIFFE, Ann; GRANDY, Gina. **The SAGE Handbook of Qualitative Business and Management Research Methods**. Thousand Oaks, Eua: Sage, 2018. Cap. 28. p. 468-485.

TASSONI, Elvira Cristina Martins; LEITE, Sérgio Antônio da Silva. Afetividade no processo de ensino-aprendizagem: as contribuições da teoria walloniana. **Educação**, Porto Alegre, v. 26, n. 2, p. 262-271, ago. 2013.

TOLEDO, Cleber. **Sesi conquista o 1º lugar para o Tocantins em Olimpíada Nacional de Robótica**. 2018. Disponível em: <<http://twixar.me/w6t1>>. Acesso em: 03 set. 2019.

UGARTE, David de. **O poder das redes**: manual ilustrado para pessoas, organizações e empresas, chamadas a praticar o ciberativismo. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2008.

VALENTE, José Armando. POR QUE O COMPUTADOR NA EDUCAÇÃO? In: VALENTE, José Armando (org.). **Computadores e Conhecimento**: repensando a educação. 2. ed. Campinas - SP: UNICAMP/NIED, 1998. p. 29-53.

VALENTE, José Armando. **Webinar**: Construcionismo e aprendizagem criativa no Brasil. Transmitido em 23 de set. 2020. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=JL0wU8vkyaQ&t=3s>> Acesso em: 10/02/2021.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso**: planejamento e métodos. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. 290 p. Cristhian Matheus Herrera.

YIN, Robert K. **Pesquisa Qualitativa do Início ao Fim**. Porto Alegre: Penso, 2016. 286 p. (E-PUB). Daniel Bueno.

ZUCKERMAN, Oren. **Historical Overview and Classification of Traditional and Digital Learning Objects**. Cambridge: MIT Media Laboratory. 2021.