



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E
TECNOLÓGICA

Toni Fernando Mendes dos Santos

Robótica Educacional e qualidade motivacional dos estudantes em aulas de física

FLORIANÓPOLIS

2020

Toni Fernando Mendes dos Santos

Robótica Educacional e qualidade motivacional dos estudantes em aulas de física

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Mestre em Educação Científica e Tecnológica.

Orientador: Prof. Dr. Paulo José Sena dos Santos.

Florianópolis

2020

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

Santos, Toni Fernando Mendes dos
Robótica Educacional e qualidade motivacional dos
estudantes em aulas de física / Toni Fernando Mendes dos
Santos ; orientador, Paulo José Sena dos Santos, 2020.
211 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas,
Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica,
Florianópolis, 2020.

Inclui referências.

1. Educação Científica e Tecnológica. 2. Robótica
Educacional. 3. Teoria da autodeterminação. 4. Motivação. 5.
Ensino de Física. I. Santos, Paulo José Sena dos. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós
Graduação em Educação Científica e Tecnológica. III. Título.

Toni Fernando Mendes dos Santos

Robótica Educacional e qualidade motivacional dos estudantes em aulas de física

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. José Francisco Custódio Filho, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Luiz Clement, Dr.
Universidade do Estado de Santa Catarina

Prof.(a) Gabriela Kaiana Ferreira, Dr.(a)
Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Educação Científica e Tecnológica.

Prof. Juliano Camillo, Dr.
Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Prof. Paulo José Sena dos Santos, Dr.
Orientador

Florianópolis, 2020.

Este trabalho é dedicado à minha família, em especial, minha esposa Ivani, minha filha Eduarda e nossa incansável companheira de quatro patas, Mel (em memória).

AGRADECIMENTOS

Agradecer é manifestar o sentimento de gratidão, é reconhecer que não caminhou sozinho, que algumas vezes precisou de amparo e de carinho. É perceber que certas pessoas contribuíram para seu crescimento, valorizar o esforço ou as ações do outro que te permitiram fazer algo mais.

Assim, agradeço aos amigos que tive durante essa caminhada, aos colegas de mestrado da turma de 2018, com os quais compartilhei bons momentos e gargalhadas. Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica da UFSC, pela formação sólida que nos possibilitou ir mais longe. Em especial, aos professores José Francisco Custódio Filho, Frederico Firmo de Souza Cruz e Adriana Mohr.

Aos professores do Colégio de Aplicação, Reginaldo Manoel Teixeira, Sandra Madalena Franke e Alfredo Müllen da Paz, pela inestimada colaboração ao longo do trabalho. Em particular, ao professor Reginaldo pela amizade e confiança e a professora Sandra pelo apoio.

À empresa Atto Educacional, por contribuir com manutenções dos materiais sem oferecer qualquer custo.

Ao professor Dr. Paulo José Sena dos Santos, orientador de longa data. Agradeço pela amizade, confiança, atenção e dedicação despendida a esse trabalho, pelas contribuições, discussões, ideias e sugestões, mas principalmente, pela paciência em compreender meus momentos de frustração e desgaste. Excelente profissional, dedicado e sempre disponível, tomo como exemplo a ser seguido.

Agradeço aos meus pais, Cleo Borges dos Santos e Fernanda Mendes dos Santos por me ensinarem o valor dos estudos. Aos meus sogros Luiz Evaldo Voos e Alzira Laci Voos, pelo carinho e pela mão sempre estendida.

À minha esposa Ivani Cristina Voos, sem a qual não chegaria até aqui. Agradeço pelo amor, dedicação e carinho. Saiba que valorizo teu esforço e o teu apoio, os quais foram fundamentais. Agradeço teu incentivo, mas principalmente, tua paciência em aguentar por quase dois anos conversas diárias sobre motivação, robótica e Física. Agradeço à minha filha Eduarda Voos dos Santos, por mais uma vez compreender meus momentos de ausência e contribuir da sua forma. Amo vocês duas.

Agradeço a todos os alunos que participaram da construção dessa pesquisa, pela receptividade e confiança. Em particular, àqueles alunos que doaram seu tempo, disponibilizando-se a participar das entrevistas.

Por fim, agradeço pelo apoio financeiro recebido, algo tão importante para a manutenção da pesquisa em nosso país. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Muitas crianças que crescem em nossas cidades estão cercadas por artefatos da ciência, mas têm boas razões para vê-los como pertencentes aos "outros" [...] (PAPERT, 1980, p. 4, tradução nossa).

RESUMO

A aprendizagem é um processo complexo e depende de inúmeros fatores, entretanto, na maioria das vezes o foco parece direcionado apenas aos aspectos cognitivos ou metodológicos, ficando a afetividade à margem. Tal visão deixa escapar diversos elementos envolvidos na complexidade de uma sala de aula, uma vez que as emoções, os interesses, as motivações, os valores, as crenças dos alunos podem afetar consideravelmente como eles se engajam nas atividades escolares. Com isso, tanto a razão quanto a afetividade mostram-se capazes de influenciar o processo de aprendizagem. Uma das queixas mais recorrentes dos professores relaciona-se com a apatia, aparente falta de motivação, de interesse dos estudantes para se envolver nas atividades propostas, o que resultaria, então, em baixo rendimento acadêmico. Embora a pouca intensidade e a baixa qualidade motivacional pareçam afetar todas as componentes curriculares, o assunto se mostra sensível ao ensino de Física, constituindo-se num problema a ser considerado. Nos últimos anos, estudos envolvendo novas tecnologias no ambiente escolar vêm apontando benefícios do uso desses recursos para o processo de ensino e aprendizagem. Em particular, destaca-se a Robótica Educacional cujo emprego dentro das salas de aula vem crescendo e, as pesquisas, embora preliminarmente, apontam-na como algo capaz de melhorar a motivação dos estudantes. Com o intuito de contribuir com os estudos envolvendo o construto motivação, o presente trabalho procurou compreender o impacto que o uso de atividades didáticas envolvendo Robótica Educacional poderia ter na motivação dos estudantes para aprender Física. Para isso foram elaboradas atividades didáticas envolvendo dispositivos robóticos com o intuito de discutir gráficos cinemáticos e o conceito de velocidade escalar média. As atividades foram realizadas em quatro turmas de primeiro ano do ensino médio de uma escola pública federal, localizada na cidade de Florianópolis-SC. Para dar luz à motivação, utilizou-se como referencial a teoria da autodeterminação. Os dados que formaram a base do estudo foram obtidos por meio da aplicação de uma escala de medida de motivação, de entrevistas semiestruturadas e do engajamento comportamental dos estudantes mediante análise de videogravações das atividades. Os resultados obtidos indicam que a robótica apresenta potencial para contribuir com a aprendizagem dos alunos. Porém, em relação a ser uma ferramenta capaz de motivar os estudantes para realizar atividades didáticas em Física, tal questão deve ser encarada com ressalvas, pois a promoção ou manutenção de uma motivação de qualidade depende que diferentes aspectos sejam contemplados e o conteúdo abordado e desenho das atividades influenciam sobremaneira.

Palavras-chave: Robótica Educacional. Teoria da autodeterminação. Motivação. Ensino de Física. Ensino médio.

ABSTRACT

Learning is a complex process which depends on countless factors, however, most of the time the focus seems directed only to cognitive or methodological aspects, leaving affectivity on the sidelines. This perspective leaves behind many elements involved in the complexity of a classroom once emotions, interests and motivations, the values and the student's beliefs, which may affect considerably how they engage in school activities. Considering all this, both the reason and affectivity are shown being capable of influencing the learning process. One of the most frequent complains from teachers is related to apathy, apparent lack of motivation, of interest from students to get involved in the proposed activities, what would result in low academic performance. Although the low intensity and motivational quality seem to affect every curricular component, the subject shows itself being sensitive to Physics teaching, therefore, being a considerable problem. In the last years, studies involving new technologies in scholar environment, which have been showing benefits of these resources for the learning and teaching process. In particular, Educational Robotics stands out, which the use in classroom is rising and the researches, although preliminarily, show it as something capable of helping rise student motivation. In order to contribute with these studies involving the motivation construct, this paper searches understanding the impact that using didactic activities involving Educational Robotics might have in motivating students to learn Physics. For that, didactic activities were elaborated involving robotic gadgets intending to discuss cinematic graphics and the concept of average scalar velocity. The activities were applied in four classes of high school's first year in a public federal school in Florianópolis-SC. To bring light to motivation, the referential used was Self-Determination Theory. The data that form the base of study were obtained by applying a scale of motivation measure, semi-structured interviews and behavioral engaging of the students upon the analysis of videorecording of the developed activities. The obtained results indicate that robotics presents potential to contributing students to develop didactic activities in Physics, topic that must the faced with reservations, for promoting or maintaining quality motivation depends on contemplating different aspects and the content covered and the activities drawn influence it specially.

Keywords: Educational robotics. Self-Determination Theory. Motivation. Physics Teaching. High school.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Versões da tartaruga de chão	30
Figura 2 - Versão da tartaruga de tela	31
Figura 3 - Kit Atto Educacional	82
Figura 4 - Protótipo veicular.....	82
Figura 5 - Ardublock.....	83
Figura 6 - Erros associados ao item (1), escolha de escala ou omissão das unidades de medida.....	165
Figura 7 - Erro associado ao item (2), traçar curva ligando ponto a ponto.....	165
Figura 8 - Exemplo 1 - gráfico de posição por tempo da atividade A.2.2.....	167
Figura 9 - Exemplo 2 - gráfico de posição por tempo da atividade A.2.2.....	167
Figura 10 - Exemplo 1 - esboço do gráfico de velocidades.....	168
Figura 11 - Exemplo 2 - esboço do gráfico de velocidades	168

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - O <i>continuum</i> da autodeterminação e os tipos de motivação associados.	62
Quadro 2 - Descrição das atividades da primeira fase.....	85
Quadro 3 - Descrição das atividades da segunda fase.	87
Quadro 4 - Descrição da atividade da terceira fase.	88
Quadro 5 - Distribuição de atividades dentro das fases e respectiva carga horária.....	88
Quadro 6 - Principais características das atividades didáticas e dos contextos em que estão inseridas.....	89
Quadro 7 - Relação entre os itens do roteiro e indicadores de engajamento comportamental.	100
Quadro 8 - Instrumentos/ferramentas/técnicas e momentos de aplicação.....	102
Quadro 9 - Ficha de análise do engajamento comportamental – Estudante E1.	136
Quadro 10 - Ficha de análise do engajamento comportamental – Estudante E2.	137
Quadro 11 - Ficha de análise do engajamento comportamental – Estudante E3.	138
Quadro 12 - Ficha de análise do engajamento comportamental – Estudante E4.	140
Quadro 13 - Ficha de análise do engajamento comportamental – Estudante E5.	142
Quadro 14 - Ficha de análise do engajamento comportamental – Estudante E6.	144
Quadro 15 - Ficha de análise do engajamento comportamental – Estudante E7.	146
Quadro 16 - Ficha de análise do engajamento comportamental – Estudante E8.	148
Quadro 17 - Ficha de análise do engajamento comportamental – Estudante E9.	149
Quadro 18 - Ficha de análise do engajamento comportamental – Estudante E10.	151
Quadro 19 - Ficha de análise do engajamento comportamental – Estudante E11.	152
Quadro 20 - Ficha de análise do engajamento comportamental – Estudante E12.	154
Quadro 21 - Ficha de análise do engajamento comportamental – Estudante E13.	156
Quadro 22 - Síntese do engajamento comportamental dentro das diferentes fases.....	157

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados obtidos mediante aplicação da EMADF.	104
Tabela 2 - Teste de normalidade Shapiro-Wilk.	105
Tabela 3 - Avaliação da diferença entre os resultados pré e pós-teste e escore do TDE.....	106
Tabela 4 - Resultados da avaliação geral das atividades.	117

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAAE	Certificado de Apresentação para Apreciação Ética
CEPSH	Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos
DCNEM	Diretrizes Curriculares Nacionais para o ensino médio
EMADF	Escala de Motivação: Atividades Didáticas de Física
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
LDBEN	Lei das Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MEC	Ministério da Educação
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
MRU	Movimento Retilíneo Uniforme
MRUV	Movimento Retilíneo Uniformemente Variado
PIBID	Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio
RE	Robótica Educacional
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TDE	Tamanho do Efeito
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina

LISTA DE SÍMBOLOS

σ Desvio padrão

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	18
2	AS TECNOLOGIAS E A EDUCAÇÃO.....	25
2.1	TECNOLOGIAS: FORMAS DE EMPREGO NAS SALAS DE AULA	29
2.2	O CONSTRUCIONISMO DE PAPERT: COMPUTADORES COMO FERRAMENTAS PARA APRENDER	32
2.3	A ROBÓTICA EDUCACIONAL	35
2.3.1	A Robótica Educacional no ensino de Física.....	41
2.3.2	A Robótica Educacional e a motivação do aluno.....	44
3	DISCUTINDO SOBRE MOTIVAÇÃO	46
3.1	UM CONSTRUTO COMPLEXO.....	46
3.2	MOTIVAÇÃO NO CONTEXTO ESCOLAR	50
3.2.1	Motivação do aluno e o ensino de Física.....	51
3.3	TEORIA DA AUTODETERMINAÇÃO.....	54
3.3.1	Miniteorias.....	54
3.3.2	Explorando aspectos da teoria da autodeterminação.....	56
3.3.3	Diferentes tipos de motivação	59
3.3.4	Locus de causalidade	61
3.3.5	As necessidades psicológicas básicas.....	63
3.4	ENGAJAMENTO E MOTIVAÇÃO.....	67
3.5	A ROBÓTICA EDUCACIONAL E A MOTIVAÇÃO DO ALUNO.....	70
3.5.1	Potencial suporte às necessidades psicológicas básicas	70
4	DELINEAMENTO METODOLÓGICO	74
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	74
4.1.1	Contexto e sujeitos	75
4.2	AS ATIVIDADES	77
4.2.1	Escolha e justificativa	77
4.2.2	Elaboração: características didático-pedagógicas	79
4.2.3	O papel do professor.....	81
4.2.4	Materiais e organização geral.....	81
4.2.5	Descrição das atividades.....	84
4.3	OS INSTRUMENTOS	92
4.3.1	Escala de medida de motivação	92

4.3.2	Entrevistas	93
4.3.3	Observação	94
4.3.4	Videograções e gravações em áudio	95
5	RESULTADOS	103
5.1	DA ESCALA DE MOTIVAÇÃO – EMADF	103
5.1.1	Discussão dos resultados da EMADF	107
5.2	DAS ENTREVISTAS	108
5.2.1	Análise das atividades	110
5.2.2	Análise do suporte à necessidade psicológica básica de autonomia a partir da percepção dos estudantes	118
5.2.3	Análise do suporte à necessidade psicológica básica de competência a partir da percepção dos estudantes	124
5.2.4	Análise do suporte à necessidade psicológica básica de pertencimento a partir da percepção dos estudantes	127
5.3	DO ENGAJAMENTO COMPORTAMENTAL.....	134
5.3.1	Fichas de análise do engajamento comportamental	135
5.4	ANÁLISE DOS RESULTADOS	158
5.5	DAS ATIVIDADES	163
6	CONSIDERAÇÕES	170
6.1	LIMITAÇÕES	176
	REFERÊNCIAS	178
	APÊNDICE A - Atividades envolvendo Robótica Educacional	188
	APÊNDICE B - Roteiro para as entrevistas com os estudantes	201
	APÊNDICE C - Roteiro de observação	202
	APÊNDICE D - Aplicação do roteiro de observação	203
	ANEXO A - Escala de Motivação: Atividades Didáticas de Física - EMADF ..	207

1 INTRODUÇÃO

Uma das coisas mais certas sobre o passado e o futuro é a importância da motivação na prática educacional (MAEHR; MEYER, 1997, p. 372, tradução nossa).

Há décadas a motivação do aluno vem sendo pauta de pesquisas educacionais (MAEHR; MEYER, 1997; PINTRICH, 2003; BZUNECK, 2009), pois ao longo desse período, estudos vêm confirmando relação recíproca com a aprendizagem (BORUCHOVITCH, 2004; BZUNECK, 2009; GUIMARÃES, 2009). De certa forma, o que os estudos sugerem é que as questões afetivas apresentam tanta significância quanto as cognitivas (BUTLER, 1999).

Laburú (2006) sustenta que para muitos estudantes, frequentar as aulas e fazer lições de casa nada mais são do que tarefas árduas, maçantes, realizadas somente por que existe pressão da família ou da sociedade (e.g. obter um diploma para conseguir trabalho). Como consequência, na maioria das vezes realizam-nas empregando o mínimo de esforço, apenas para cumprir as obrigações escolares (BZUNECK, 2010). Contudo, não raro são os casos onde nem isso acontece. De forma recorrente, professores relatam que muitos alunos não cumprem as tarefas de casa, as atividades propostas em sala, não respondem a perguntas orais, nem participam dos trabalhos em grupo, mesmo que essas atividades valham nota (BZUNECK, 2009). Tais comportamentos mostram-se preocupantes, uma vez que apresentam potencial para prejudicar a formação discente.

Apesar de ser uma adversidade em qualquer momento da vida escolar, a aparente falta de motivação, de interesse para aprender, de se envolver nas atividades parece se acentuar com o avanço da escolaridade (STIPEK, 1993 apud BZUNECK, 2009; PALMER, 2005). Butler (1999) ao conduzir um estudo que pretendia, entre outras coisas, analisar a intenção comportamental dos alunos frente às atividades de ciências, tanto laboratoriais quanto não laboratoriais, observou que essa diminuía com o avançar da escolaridade. Ou seja, com o passar dos anos, menos alunos encontravam-se dispostos a realizar atividades de aprendizagem relacionadas às ciências, mesmo quando solicitados por seus professores. Assim, ao chegar ao ensino médio e ter maior contato com a componente curricular Física, o aluno provavelmente não contará com tanta disposição para realizar as atividades propostas. E menos ainda se essas acompanharem o padrão com o qual já estão acostumados (pouca ou nenhuma liberdade para criar, pensar, argumentar, expor suas ideias, seja com os colegas ou com o professor).

Ao refletirmos sobre esse afastamento dos alunos em relação à componente curricular Física, diversas questões podem ser consideradas. Certamente isso passa por fatores pessoais, pois nem todas as pessoas se interessam pelas mesmas coisas. Entretanto, aspectos de ordem mais geral relativos a como essa componente é apresentada aos alunos acabam contribuindo com esse distanciamento. De maneira sucinta, elencaremos alguns pontos que poderão ilustrar o que pretendemos dizer.

Não raro os alunos percebem a Física abordada na escola de forma bastante idealizada, sem entender como ela se relaciona com a realidade por eles observada. Os modelos que são empregados para explicação dos fenômenos apresentam-se com inúmeras abstrações, idealizações e limitações de aplicação. No entanto, dificilmente tais situações são exploradas pelos professores. Tratam a questão muitas vezes como mera simplificação matemática, desconsiderando todo o trabalho envolvido no processo de modelização. Como resultado, os alunos percebem uma Física que só funciona na escola, desvinculada dos problemas fora dela, ou seja, que opera tão somente num mundo ideal (MACHADO; CRUZ, 2011).

Outro ponto é a forma como os conteúdos são apresentados. Os conhecimentos, os saberes produzidos pelas ciências, acabam por sofrer um conjunto de transformações para que possam ser ensinados. Nesse processo, denominado por Chevallard (1998) de Transposição Didática, ocorre a supressão de determinados elementos e a incorporação de novos. Os conteúdos selecionados para serem objetos de ensino, geralmente passam por uma descontextualização, há um desligamento entre o referido saber e o problema que lhe deu origem. Posteriormente, são recontextualizados dentro de um novo discurso (RICARDO, 2010). Tais saberes também sofrem um processo de despersonalização, onde o autor ou autores que contribuíram para sua construção são suprimidos do processo. Além disso, os conteúdos precisam ser estruturados em partes, padronizados, uma vez que existem etapas de aprendizagem e tempos a serem considerados (RICARDO, 2010; SOUZA et al., 2012).

O próprio professor dentro de sua prática “produz” nova transposição, adaptando o saber a ensinar para o saber ensinado, ou seja, transforma o conhecimento presente nos livros ou outros materiais didáticos em uma sequência de aulas previamente planejadas. Tais transformações (transposições didáticas), embora necessárias, exigem que o professor tome alguns cuidados a fim de evitar que esses saberes ensinados passem a ser apenas aplicação de algoritmos ou se resumam a resolução de problemas padrão, fazendo com que o aluno não perceba esse conhecimento como algo que lhe possibilite compreender melhor o mundo que o rodeia. Como pontua Ricardo (2010, p. 34), “a credibilidade assegurada pela legitimidade

epistemológica atribuída à Física não é garantia para o seu ensino”. Assim, os conhecimentos são apresentados aos alunos como um produto pronto, descaracterizados, construídos por mentes brilhantes em trabalhos isolados.

Outro problema a ser enfrentado no ensino de Física é a forma como os conteúdos são tratados, excessivamente presos a matematização e a aplicação de fórmulas, e cuja aprendizagem dar-se-ia pela apropriação e reprodução de exemplares. Com isso, abordagens centradas na resolução de exercícios acabam dando menor ênfase à parte conceitual, tão importante para a interpretação dos próprios resultados matemáticos. Não estamos nem queremos minimizar o papel e a importância da Matemática para a Física, mas refletir acerca da mera redução dessa à aplicação de equações e fórmulas. A atenção dada ao domínio matemático faz com que muitos alunos tenham uma visão equivocada, fragmentada a respeito da Física, não conseguindo estabelecer sequer diferenças entre essas duas componentes curriculares (RICARDO; FREIRE, 2007). Para os alunos que gostam de cálculos, essa prática acaba trazendo apreço. Para aqueles que apresentam dificuldades, torna-se mais um obstáculo a ser superado, distanciando a Física de sua zona de interesse. Segundo Clement (2013), essa matematização pautada na resolução de exercícios, somada à falta de contextualização,

[...] faz com que o ensino de Física mantenha seu caráter propedêutico e sua pouca relevância para a vida dos estudantes, não conseguindo despertar o interesse e a curiosidade deles (elementos importantes da motivação para aprender) (CLEMENT, 2013, p. 29).

Além dos problemas destacados, podemos questionar a respeito de quão envolventes são as aulas de física. Fora dos muros escolares, os alunos estão cercados dos mais diferentes meios de comunicação, das mais diversas tecnologias. Manter o interesse, melhorar a qualidade motivacional e o engajamento dos alunos também passa por apresentar atividades mais atrativas. Dentro desse contexto, podemos discutir o uso das novas tecnologias e os potenciais impactos que trazem ao ensino de Física. Atualmente, inúmeros são os recursos que podem ser utilizados pelos professores com uma finalidade pedagógica, como *smartphones*, *tablets*, simuladores, lousas digitais, *e-books*, jogos digitais e até realidade aumentada. Todos esses elementos aumentam o horizonte de possibilidades para se elaborar aulas mais dinâmicas e interessantes, oferecendo aos estudantes diferentes formas de interação com os objetos de aprendizagem¹.

¹ Aqui, referimo-nos aos objetos de aprendizagem relativos ao ensino de Física, como os conceitos (velocidade, deslocamento, aceleração, massa, entre outros) e não aos dispositivos tecnológicos.

Como exemplo, podemos citar o trabalho realizado por Cavalcanti, Teixeira e Balaton (2016), que elaboraram uma atividade experimental de espectroscopia cujo objetivo era auxiliar o entendimento de conceitos ligados à luz e às cores. Para isso, construíram uma espécie de espectrômetro formado por uma caixa de papelão, um CD, um led RGB² controlado via Arduino e dois *softwares* livres (*Scratch* e *Tracker Analysis*) para analisar o fenômeno³. Outro trabalho é o de Freitas, Neto e Silva (2016), onde um jogo digital foi utilizado para discutir com alunos do ensino fundamental o lançamento de projeteis e o conceito de gravidade (FREITAS; NETO; SILVA, 2016). Por fim, o trabalho de Machado e Nardi (2006), o qual abordou conceitos de Física Moderna (relação entre massa e energia), enfocando aspectos históricos, filosóficos, tecnológicos, sociais e ambientais da Ciência através do uso de um software educacional, elaborado pelos próprios autores.

O rol de possibilidades em relação ao uso de novas tecnologias mostra-se considerável. Dentro desse contexto, nos últimos anos um recurso em especial vem recebendo atenção por parte dos pesquisadores, a Robótica Educacional (RE). No ensino de Física, por exemplo, observou-se crescente número de trabalhos, teses e dissertações que fizeram uso dessa tecnologia, principalmente na última década⁴, grande parte devido aos mestrados profissionais.

Em geral, pesquisas envolvendo robótica, seja no âmbito do ensino de Física ou não, evidenciam diversos benefícios, como: a possibilidade de realizar atividades interdisciplinares (ZILLI, 2004; MILL; CÉSAR, 2009), a capacidade de estimular o trabalho cooperativo (SCHIVANI, 2014; DINIZ; SANTOS, 2014), o trabalho de pesquisa (MILL; CÉSAR, 2009; FORNAZA; WEBBER, 2014), a criatividade e o senso crítico (ZILLI, 2004). Além disso, muito se destaca sua aparente capacidade de motivar os alunos (CERCILIAR et al., 2011; FORNAZA; WEBBER, 2014; TRENTIN et al., 2015; DWORAKOWSKI; DORNELES;

² RGB é um acrônimo (em inglês) que faz referência a um sistema de cores em que o vermelho (RED), o verde (GREEN) e o azul (BLUE) podem ser combinados de diferentes formas a fim de reproduzir um amplo espectro de cores. Quando todas as cores estão ativas no led RGB, esse emite na cor branca.

³ Os autores propuseram analisar o fenômeno tanto qualitativamente (ao observar o espectro apresentado), quanto quantitativamente (calculando os diferentes comprimentos de onda das cores que compunham o led).

⁴ Uma busca no catálogo de teses e dissertações da CAPES utilizando descritores como “robótica”, “Arduino” e “Lego”, restringindo os trabalhos pelas grandes áreas “Ciências Exatas e da Terra”, “Ciências Humanas” e “Multidisciplinar”; dentro das áreas de conhecimento “Educação”, “Ensino” e “Física”; e selecionando as seguintes áreas de concentração: “ciência tecnologia e ensino”, “educação”, “educação e contemporaneidade”, “educação escolar”, “física”, “ensino de física”, “física na educação básica” e “educação tecnológica”, obtivemos um retorno de 103 trabalhos entre os anos de 2009 a 2018. Desses, após leitura dos títulos e resumos, observou-se 39 trabalhos envolvendo o ensino de física, dos quais 37 só nos últimos 5 anos, principalmente oriundos de mestrados profissionais (31 trabalhos).

HARTMANN, 2018), algo considerado importante face a constante reclamação dos professores no que diz respeito à apatia dos alunos para se envolver nas atividades propostas.

Assim, tais elementos nos fazem considerar com mais atenção o uso desse recurso em aulas de física. A Robótica Educacional pode melhorar a motivação dos estudantes? Um olhar mais crítico nos mostra que, embora o caráter motivacional da robótica seja mencionado por alguns pesquisadores, não encontramos nos periódicos e eventos consultados⁵, pesquisas em âmbito nacional que tivessem por foco avaliar essa questão, principalmente, no ensino de Física. Em pesquisas que alegam aumento de motivação, tal construto costumeiramente é abordado de forma superficial, não sendo analisado à luz de qualquer teoria. Desse modo, cabem reflexões a respeito de como e o que está sendo observado afinal.

Embora a robótica seja o recurso em foco, ao olharmos para o passado vemos que inúmeras tecnologias já ocuparam em algum momento posição de destaque no cenário educacional. Segundo Cysneiros (1999a), diferente do que muitos pesquisadores possam pensar, a inclusão de recursos tecnológicos dentro das salas de aula não é algo inteiramente novo. Ao longo da história, inúmeras foram as tecnologias que receberam o rótulo de salvadoras, mas que no fim apresentaram relativo insucesso. Nesse sentido, Cysneiros apresenta o trabalho de Larry Cuban (1986), professor de educação da universidade de Stanford, que estudou a introdução de diferentes tecnologias, como o rádio, o filme, a TV e o computador em escolas norte-americanas. Uma das conclusões que o professor Cuban alcança é que a introdução de novas tecnologias, geralmente, apresenta quatro ou cinco fases de um processo cíclico.

[...] inicia com pesquisas mostrando as vantagens educacionais do seu uso, complementadas por um discurso dos proponentes salientando a obsolescência da escola. Após algum tempo são lançadas políticas públicas de introdução da nova tecnologia nos sistemas escolares, terminando pela adoção limitada por professores, sem a ocorrência de ganhos acadêmicos significativos. Em cada ciclo, uma nova sequência de estudos aponta prováveis causas do pouco sucesso da inovação, tais como falta de recursos, resistência dos professores, burocracia institucional, equipamentos inadequados.

Após algum tempo surge outra tecnologia e o ciclo recomeça, com seus defensores argumentando que foram aprendidas as lições do passado, que os novos recursos

⁵ Fizemos uma breve revisão bibliográfica consultando periódicos representativos da área de ensino de Física e de Ciências; periódicos relacionados ao emprego de tecnologias educacionais, bem como alguns periódicos internacionais relacionados a essas temáticas. Analisamos também os principais eventos da área de ensino de Física e de Ciências, e o Workshop de Robótica Educacional (WRE), além de buscarmos trabalhos dentro do catálogo de Teses e Dissertações da CAPES. O período de busca compreendeu os últimos dez anos (2009 a 2018). Foram consultados os seguintes periódicos: Revista Novas Tecnologias na Educação (RENOTE); Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC); Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF); Ciência e Educação; Física na Escola (FnE); Investigações em Ensino de Ciências (IENEC); Educação Temática Digital (ETD); Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias; e a Revista Electrónica de Investigación en Ciencias (REIEC).

tecnológicos são mais poderosos e melhores que os anteriores, podendo realizar coisas novas, conforme demonstram novas pesquisas. E o ciclo fecha-se novamente com uso limitado e ganhos educacionais modestos. (CYSNEIROS, 1999a, p. 13).

Assim, podemos nos perguntar: seria o mesmo caso agora com a Robótica Educacional? Estaríamos nesse momento na fase de exploração desse novo recurso, apresentando os possíveis ganhos que os alunos teriam frente a uma escola que se apresenta obsoleta? Respostas para essas perguntas virão com o tempo. No entanto, podemos começar a explorar os “ganhos motivacionais” atrelados ao seu uso, os quais vêm sendo observados de forma implícita ou explícita nos trabalhos, particularmente envolvendo o ensino de Física.

Na intenção de contribuir com essa discussão, nossa pesquisa busca responder a seguinte questão: **Como o uso de atividades didáticas envolvendo Robótica Educacional influencia a motivação dos estudantes em aulas de Física no ensino médio?** Para dar luz ao construto motivação, utilizamos como referencial a teoria da autodeterminação (RYAN; DECI, 2017), a qual segundo Bzuneck e Guimarães (2010), tem sido apontada como promissora, principalmente quando se quer compreender o envolvimento, persistência, desempenho e o uso de estratégias de aprendizagem pelos alunos em contextos escolares.

O objetivo geral deste trabalho consiste em estabelecer relações entre o uso da Robótica Educacional em atividades didáticas em aulas de Física no ensino médio e a motivação do aluno. Para isso, apresentamos como objetivos específicos: (a) identificar, tomando por base a teoria da autodeterminação, que elementos devem estar presentes nas atividades didáticas quando se busca promover/favorecer uma melhor qualidade motivacional nos alunos; (b) elaborar e realizar, com base nesses elementos, atividades didáticas envolvendo a Robótica Educacional para discutir conceitos cinemáticos e análise gráfica, visando analisar possíveis alterações na qualidade motivacional dos estudantes; e (c) analisar potenciais contribuições da Robótica Educacional para a aprendizagem de conceitos cinemáticos e análise gráfica.

Visando atingir esses objetivos, o trabalho estrutura-se em cinco capítulos. No primeiro traçamos algumas reflexões a respeito de como as novas tecnologias impactam a sociedade e, conseqüentemente, a educação. Discutimos possíveis formas de emprego das tecnologias e como isso se relaciona com o processo de aprendizagem. Apresentamos sucintamente as bases do construcionismo, teoria proposta por Papert, expondo suas principais ideias em relação ao uso dos computadores como máquinas de aprender. Por fim, exploramos questões relativas à Robótica Educacional, em particular, no contexto do ensino de Física.

No segundo capítulo dissertamos a respeito do construto motivação, buscando evidenciar um pouco sua complexidade histórica e sua importância na tentativa de compreender os motivos da ação humana, além de discuti-la brevemente dentro do contexto escolar. Em seguida, como suporte teórico aos estudos motivacionais, introduzimos a teoria da autodeterminação, apresentando em maiores detalhes suas bases e pressupostos. Na sequência, abordamos a relação entre motivação e engajamento, em especial, o comportamental, um dos descritores utilizados durante a análise motivacional. Como fechamento, traçamos algumas relações entre o uso da Robótica Educacional e motivação, tecendo reflexões a partir do referencial teórico escolhido.

Reservamos o terceiro capítulo para descrever o delineamento metodológico. Nele buscamos caracterizar o tipo de pesquisa, o contexto e os sujeitos. Apresentamos os instrumentos selecionados e as bases teóricas que os sustentam. Também descrevemos as características, a estrutura e os objetivos das atividades didáticas desenvolvidas. Nesse capítulo estabelecemos reflexões envolvendo o construcionismo e a teoria da autodeterminação, cujos pressupostos serviram de base para a elaboração das atividades didáticas. Por fim, descrevemos em maiores detalhes as atividades desenvolvidas e implementadas.

A apresentação e discussão dos dados se faz presente no quarto capítulo. É aqui que trazemos as informações provenientes dos diferentes instrumentos e as triangulações realizadas na tentativa de melhor compreender o fenômeno em questão: a motivação do estudante para realizar atividades didáticas em Física. Também tratamos a respeito das dificuldades encontradas pelos alunos durante o desenvolvimento das atividades e as potenciais contribuições relativas ao ensino de Cinemática. Por fim, fechamos o trabalho no quinto capítulo discutindo os resultados e retomando alguns pontos de maior relevância, tecendo considerações, perspectivas e limitações.

2 AS TECNOLOGIAS E A EDUCAÇÃO

Queiramos ou não, o desenvolvimento tecnológico tem inúmeras implicações, as novas tecnologias vêm mudando significativamente as relações sociais, econômicas e políticas. Empregos que por ora existem, nas próximas décadas poderão desaparecer, novas demandas surgirão, outras necessidades impactarão a sociedade. As inovações tecnológicas também afetam as relações interpessoais. A velocidade das comunicações e o acesso a um número cada vez maior de informações mudaram de forma dramática a forma como nos relacionamos, como vemos o mundo e como vivemos em sociedade. Como sintetiza Kenski (2007),

Na atualidade, o surgimento de um novo tipo de sociedade tecnológica é determinado principalmente pelos avanços das tecnologias digitais e de comunicação. Essas novas tecnologias - assim consideradas em relação às tecnologias anteriormente existentes -, quando disseminadas socialmente, alteram as qualificações profissionais e a maneira como as pessoas vivem cotidianamente, trabalham, informam-se e se comunicam com outras pessoas e com todo o mundo. (KENSKI, 2007, p. 22).

Outra área que também sente essas transformações é a educação. Frente às novas demandas, a capacidade da escola em atender as expectativas dos alunos é cada vez mais questionada, assim como a pertinência dos conteúdos ensinados. Além disso, dispositivos tecnológicos presentes em praticamente todos os contextos da vida humana apresentam-se com aplicações limitadas ou até mesmo inexistentes dentro das escolas, o que colabora para uma sensação de distanciamento em relação ao mundo que existe fora dos muros escolares. Porém, a mera introdução de novas tecnologias nas salas de aula não basta. Um dos desafios da educação é se adaptar aos avanços tecnológicos ao mesmo tempo em que cria condições para que os alunos se apropriem criticamente desses novos meios (KENSKI, 2007).

Nesse sentido, cabe perguntar: onde se situa a escola nesse contexto de profundas e constantes mudanças? E a formação docente, passou a considerar esses novos saberes, preparando os professores para o atendimento dessas demandas? Reflexões acerca do papel da escola e sobre a prática docente podem ser consideradas pautas permanentes, objetos de políticas públicas e de pesquisas acadêmicas, entretanto, mudanças efetivas dentro do processo formativo demoram a acontecer, principalmente devido ao regular descompasso entre as velocidades com que ocorrem o aparecimento de novas tecnologias, as alterações de demandas por parte da sociedade e as mudanças curriculares.

A preocupação com um ensino que considere as tecnologias dentro do processo formativo se faz presente em documentos reguladores e orientadores, como na Lei das

Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN/1996), nos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM/2000), nas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM/2013⁶) e na Base Nacional Comum Curricular (BNCC/2018).

A LDBEN, por exemplo, assegura que o ensino fundamental deve ter como um dos objetivos, a formação básica do cidadão mediante “a compreensão do ambiente natural e social, do sistema político, **da tecnologia**, das artes e dos valores em que se fundamenta a sociedade” (BRASIL, 1996, p. 23, grifo nosso). Enquanto isso, os PCNEM expressam que “A formação do aluno deve ter como alvo principal a aquisição de conhecimentos básicos, **a preparação científica e a capacidade de utilizar as diferentes tecnologias relativas às áreas de atuação**” (BRASIL, 2000, p. 5, grifo dos autores), destacando a necessidade de uma formação mais geral, que vise “o desenvolvimento de capacidades de pesquisar, buscar informações, analisá-las e selecioná-las; a capacidade de aprender, criar, formular, ao invés do simples exercício de memorização” (BRASIL, 2000, p. 5).

Complementarmente, as DCNEM destacam a importância do conhecimento científico e do conhecimento sobre as novas tecnologias, enfatizando-os como condição cada vez mais necessária para o exercício da cidadania, uma vez que é importante conhecer para se posicionar frente a processos e inovações com potencial de afetar a sociedade. A BNCC, por sua vez, traz de forma bastante relevante o papel das tecnologias dentro do processo educativo, seja como conteúdo (o papel da ciência e suas tecnologias; os impactos políticos, econômicos, socioambientais que os avanços científicos e tecnológicos podem acarretar à sociedade, entre outras questões), seja como ferramenta para aprender (**uso das novas tecnologias de informação e comunicação, apropriação e o domínio de linguagens dessa nova cultura digital, uso das mais diversas ferramentas de software e aplicativos para produzir conteúdos, simular fenômenos, entre outras aplicações**). Assim, pontua a importância de preparar o aluno para o mundo em constante mudança, principalmente em virtude dos avanços tecnológicos e dos desafios que está para enfrentar.

Essa constante transformação ocasionada pelas tecnologias, bem como sua repercussão na forma como as pessoas se comunicam, impacta diretamente no funcionamento da sociedade e, portanto, no mundo do trabalho. A dinamicidade e a fluidez das relações sociais – seja em nível interpessoal, seja em nível planetário – têm impactos na formação das novas gerações. É preciso garantir aos jovens aprendizagens para atuar em uma sociedade em constante mudança, prepará-los para profissões que ainda não existem, para usar tecnologias que ainda não foram

⁶ A Resolução nº 3, de 21 de novembro de 2018 atualizou o texto das DCNEM, procurando deixá-la alinhada às mudanças ocorridas com a homologação da BNCC, principalmente no tocante a organização curricular (itinerários formativos, competências e habilidades requeridas, especificação de carga horária).

inventadas e para resolver problemas que ainda não conhecemos. (BRASIL, 2018, p. 473).

Nesse ponto, a base destaca que se faz importante desenvolver tanto conhecimentos e habilidades, quanto atitudes e valores que visem dar condições ao aluno fazer parte desse novo cenário que se vislumbra. Como exemplo, pontua que é bastante pertinente desenvolver no aluno um pensamento computacional, que envolva “as capacidades de compreender, analisar, definir, modelar, resolver, comparar e automatizar problemas e suas soluções, de forma metódica e sistemática, por meio do desenvolvimento de algoritmos” (BRASIL, 2018, p. 474).

Dessa forma, podemos perceber a amplitude do tema tecnologia dentro da educação, uma vez que podemos trata-la enquanto objeto de ensino, como uma possível referência aos saberes escolares (RICARDO; CUSTÓDIO; JUNIOR, 2007), abordando questões como o conhecimento científico relacionado aos aparatos tecnológicos, o desenvolvimento de novas tecnologias e suas implicações sociais, ambientais, políticas e econômicas, podendo discutir acerca das relações de poder e controle a respeito de quem usa e quem produz tecnologia. Ou de outra forma, podemos trata-la como objeto com o qual se aprende, capaz de mediar⁷ o processo de ensino e aprendizagem. Nesse panorama entram em discussão as tecnologias educacionais e seus potenciais impactos na área de ensino. O escopo desse trabalho relaciona-se com a segunda perspectiva.

Tomando por partida esse cenário, algumas questões se apresentam para reflexão: O que entendemos por tecnologia? Quais as possibilidades de uso dentro das salas de aula? Quais dessas possibilidades responderiam melhor ao objetivo de formar um cidadão autônomo, crítico, capaz de aprender, pesquisar, posicionar-se frente aos novos processos e inovações que o afetam? Responder a primeira pergunta poderia conduzir a reflexões de ordem filosófica, uma vez que há polissemia teórica em relação ao termo, além de que implicaria visualizar sobre o que se fala, o objeto tecnologia. Para Cupani (2017), trata-se de algo complicado, pois não identificamos tecnologias como identificamos pessoas ou vestimentas. “Não há dúvidas de que um avião é um objeto tecnológico e (aparentemente) uma agulha não o é” (CUPANI, 2017, p. 11, grifo do autor). Discussões acerca do conceito de tecnologia são bastante amplas, complexas e demandariam maior espaço para discussão,

⁷ As tecnologias educacionais podem ser entendidas como mediadoras quando utilizadas de forma a induzir a investigação, a reflexão e a apropriação de conhecimento. Assim, deixam de ser simples ferramentas e passam a constituir um elo entre o sujeito e o objeto de estudo, principalmente quando permitem interatividade e participação ativa do aluno. Nesse sentido, o professor passaria a ser um facilitador do processo de aprendizagem, fornecendo suporte, condições e contextos para que essa ocorra.

entretanto, não fazem parte do objetivo desse trabalho. Mas e quanto à questão proposta? Essa ainda continua. Seriam tecnologias apenas os computadores, os *datashows* e os *smartphones*? Certamente que não.

Aquilo que denominados tecnologia se apresenta, pois, como uma realidade polifacetada: não apenas em forma de objetos e conjuntos de objetos, mas também como sistemas, como processos como modos de proceder, como certa mentalidade. (CUPANI, 2017, p. 12).

O conceito de tecnologia estende-se para além de computadores, aviões e agulhas. Conhecimentos desenvolvidos pela engenhosidade humana que conduzem ao planejamento e a criação de produtos, serviços ou processos são considerados tecnologias. As linguagens também são tecnologias, pois são sistemas desenvolvidos para comunicação, criados pelo homem para estabelecer relações interpessoais (KENSKI, 2007; SENA DOS ANJOS, 2008). E ao considerarmos a comunicação como a base do processo educativo, essas tecnologias – oralidade e escrita –, são e ainda serão largamente utilizadas dentro do contexto escolar, assim como os livros, o lápis, o quadro e giz. No entanto, ao longo da história outras tecnologias foram desenvolvidas e algumas com grande possibilidade de incorporação à realidade escolar.

Quando falamos de tecnologia nas salas de aula, o computador é uma das mais lembradas e, durante os primeiros anos de sua inserção nas escolas, chegou a ser tomado como uma possível solução para os problemas de ensino e aprendizagem. No entanto, isso acabou não acontecendo. Quaisquer tecnologias inseridas no ambiente escolar, por si só não trarão mudanças, pois poderão ser subutilizadas, principalmente se não houver conhecimento de suas potencialidades e limites, além de uma clara intenção didático-pedagógica para sua aplicação. Cysneiros (1999a) chama essa prática de inovação conservadora. Para o referido autor, as novas tecnologias muitas vezes são utilizadas para realizar tarefas que poderiam muito bem ser feitas por outros equipamentos mais simples, até mesmo usando apenas lápis e papel. Trata-se de aplicações que não exploram de forma satisfatória os recursos oferecidos por aquela tecnologia em questão, e que “na realidade, mudam-se apenas aparências” (CYSNEIROS, 1999a, p. 16). Costuma-se dar ênfase ao meio e não ao conteúdo ou a forma.

E para a questão referente às possibilidades de uso dentro das salas de aula, Cabral (2011) aponta que os recursos tecnológicos podem ser utilizados tanto para “receber” conhecimentos, quanto para “construir” conhecimentos. Passaremos, então, a discutir esses duas perspectivas em maiores detalhes.

2.1 TECNOLOGIAS: FORMAS DE EMPREGO NAS SALAS DE AULA

O uso de artefatos tecnológicos no meio educacional, em especial, o ensino através da informática, teve início na década de 1950 com a “Máquina de Ensinar” de Skinner, utilizando o conceito de “estudo programado” (VALENTE, 1998; CABRAL, 2011). Segundo Cabral (2011),

A máquina consistia em uma espécie de caixa, onde, em um espaço vazado, aparecia uma pergunta para o estudante e, ao lado, em outro pequeno espaço, ele deveria marcar a resposta que considerasse correta. Geralmente, era um símbolo ou palavra que completava a questão. Depois de escrever a resposta, o estudante girava o rolo da máquina e lia imediatamente a resposta correta. Para a “metodologia da instrução” ou “estudo programado”, o conhecimento deveria ser imediato e os erros eram considerados indesejáveis e deveriam ser rapidamente eliminados. Além disso, o criador da “Máquina de Ensinar” dizia respeitar o tempo de cada criança, uma vez que o aluno resolvia as questões no seu próprio ritmo. (CABRAL, 2011, p. 38, grifos do autor).

O recurso tecnológico em questão não considerava o conhecimento como dialógico, tampouco as concepções e vivências do aluno. Era um processo unilateral de “recebimento” de informação, seguido imediatamente de uma avaliação. Valente (1998) argumenta que, apesar de a máquina de Skinner ser pouco prática e haver falta de padronização no processo, o que tornava seu emprego difícil, o surgimento do computador fez com que os módulos de material instrucional passassem a ser empregados com maior flexibilidade e, durante os anos 60, inúmeros programas de instrução programada foram produzidos e implementados por computador. Era o que se convencionou chamar instrução auxiliada por computador ou o *computer-aided instruction* (CAI). No entanto, alguns pesquisadores não compartilhavam dessa visão, onde a ênfase era dada ao recurso e não ao aluno. Um dos seus representantes era Seymour Papert.

Na visão de Papert, não era o computador quem deveria dizer ao aluno o que fazer e sim o contrário. O aluno deveria ser o responsável por controlar as ações, comandando o computador e aprendendo com esse processo. Nas décadas de 1960-70, baseado nas ideias construtivistas e almejando que as crianças tivessem uma maneira de explorar o universo da computação de uma forma mais amigável, inteligível e benéfica a aprendizagem, em conjunto com um grupo de colegas e estudantes do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), Papert desenvolveu uma linguagem de programação que possuía um vocabulário simples e fácil de ser aprendido: a linguagem LOGO.

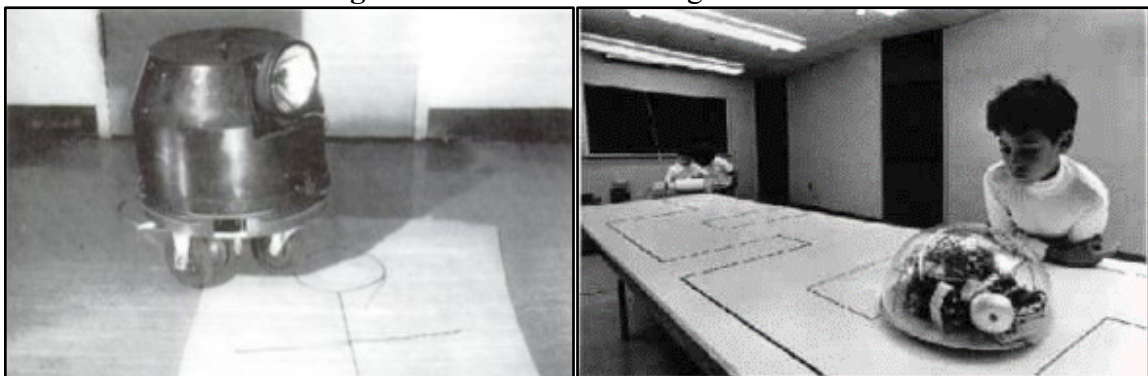
Fazendo uso dessa linguagem, as crianças programavam os movimentos de um robô que ficou conhecido como “tartaruga de chão” (Figura 1). Conectada ao computador por um longo fio, ela podia ser programada através de comandos simples, possibilitando as crianças a

construção, o teste e a reconstrução de hipóteses. Posteriormente, a tartaruga ganhou uma versão sem fio e, mais tarde, com a popularização dos computadores pessoais nos Estados Unidos no fim da década de 1970, passou para a tela do computador (Figura 2) (ZANATTA, 2013). Eram as “tartarugas de tela”.

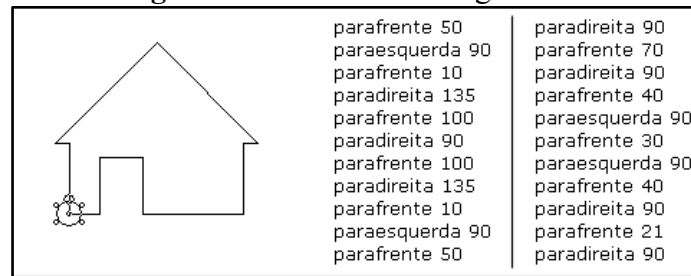
Ao se movimentarem na tela do computador sob o comando das crianças, as tartarugas digitais deixavam rastros que poderiam formar diferentes imagens, a partir das quais se poderia trabalhar, por exemplo, figuras geométricas. Assim, ao contrário da instrução programada onde o aluno recebia a informação do computador, essa prática centrava as ações no aluno, que passaria a agir sobre a máquina. Enquanto o primeiro método propunha uma “máquina para ensinar”, o segundo apresentava uma “máquina para aprender” (VALENTE, 1998; CABRAL, 2011).

Para Baranauskas et al. (1999), da forma como foi elaborada, a linguagem LOGO assumiu um caráter de extensão do pensamento do aluno. Dada a sua simplicidade, o estudante tinha a possibilidade de elaborar ideias e construir procedimentos atribuindo nomes que lhe fossem significativos, inteligíveis. Como exemplo, o “parafrente 50”, utilizado para comandar a tartaruga para frente na quantidade de unidades desejada, aqui no caso 50. Durante a execução desses passos, erros poderiam ocorrer e caberia ao estudante analisa-los e corrigi-los. Dessa forma, o aluno poderia encontrar um meio rico para o aprendizado, principalmente para a construção de conceitos e elaboração de ideias visando à resolução de problemas.

Figura 1. Versões da tartaruga de chão



A esquerda, uma das primeiras versões da tartaruga de chão, projetada em 1969. À direita, uma versão mais moderna, sem fio, projetada mais tarde em 1972 pelo engenheiro Paul Wexelblat. Fonte: <http://cyberneticzoo.com/cyberneticanimals/1969-the-logo-turtle-seymour-papert-marvin-minsky-et-al-american/>. Acesso em: 20 jun. 2019.

Figura 2. Versão da tartaruga de tela

Comandos fornecidos à tartaruga e formação de imagens pelo seu rastro. Fonte:

<https://sites.google.com/site/infoeducunirio/perspectiva-construtivista/linguagem-logo>. Acesso em: 20 jun. 2019.

Fazendo uso das ideias de Valente (1998), Cabral (2011) aponta que nas escolas o uso das tecnologias ainda se dividiria dessa forma. Ao utilizar programas tutoriais, programas de exercício e prática, jogos educacionais baseados em estímulo-respostas e simulações sem a preocupação da discussão dos modelos por de trás dos processos, o professor estaria empregando a máquina no modelo de “transmissão” de conhecimento, ou seja, usaria a máquina para ensinar, um processo diretivo. Doutro modo, ao colocar o aluno como autor de sua produção, de seu aprendizado, na perspectiva de “construir” conhecimento utilizando para isso o computador (ou outra tecnologia), estaria dentro do modelo máquina para aprender. O computador passaria de um instrumento que “ensina”, para uma ferramenta com a qual o aluno desenvolve, constrói algo e “aprende” através de suas ações (VALENTE, 1998; CABRAL, 2011).

Dessa forma, para Valente (1998), o aluno poderia empregar o computador com autoria, resolvendo problemas ou elaborando projetos, fazendo uso de linguagem de programação; utilizando aplicativos para construção de gráficos ou para banco de dados; produzindo músicas ou vídeos; enfim, tomando mão de um leque de oportunidades para criar, refletir, compreender e controlar. O importante é que a tecnologia seria como meio para expressar ideias e não constituiria o objeto de estudo em si. Iríamos assim, segundo a perspectiva de Papert (1994), do instrucionismo para o construcionismo, conceitos que discutiremos posteriormente.

Com base no que foi exposto, podemos refletir sobre a terceira questão. Qual dessas possibilidades responderia melhor ao objetivo de formar um cidadão autônomo, crítico, capaz de aprender, pesquisar, posicionar-se frente aos novos processos e inovações que o afetam? Apesar de possível pluralidade de respostas, compartilhamos da compreensão de que, independente da tecnologia utilizada, são as situações que propiciam ao aluno autoria de seu aprendizado através do pensar, planejar, discutir, imaginar, as que mais contribuirão para sua formação. Dessa forma, a máquina deve ser utilizada para aprender e não para ensinar.

2.2 O CONSTRUCIONISMO DE PAPERT: COMPUTADORES COMO FERRAMENTAS PARA APRENDER

Para entendermos com mais clareza a teoria proposta por Papert, o construcionismo, faz-se importante compreender o conceito de **Matética**. O conceito de Matética tem sua origem na obra de Comenius (1680 apud FINO, 2016, 2017), *Spicilegium Didacticum*, sendo definida como **a arte do discente** ou **a arte de aprender**. Diferente da Didática, que apesar de sua preocupação com a aprendizagem sempre colocou como foco as ações do professor e o como ensinar, a Matética preocupa-se com o como se aprende, deslocando sua atenção para as ações do aluno. E, como veremos, o construcionismo de Papert usa de forma expressiva tal ideia.

Ao elaborar o construcionismo, Papert toma por base teorias construtivistas, principalmente a piagetiana. No entanto, como afirma Silveira (2012), afasta-se da Psicologia do Desenvolvimento optando por delinear uma teoria mais voltada à intervenção pedagógica. Como o próprio Papert destaca, o construcionismo que propõe é sua reconstrução pessoal do construtivismo de Piaget, diferindo desse por examinar mais de perto às construções mentais, atribuindo “especial importância ao papel das construções no mundo como um apoio para o que ocorre na cabeça” (PAPERT, 1994, p. 128). Dessa forma, a teoria papertiana considera que a melhor maneira de construir conhecimento é quando o agente – no caso, o aluno – o consolida através de ações concretas, que resultam num produto palpável ou ao menos observável.

Um dos meus princípios matéticos centrais é que a construção que ocorre "na cabeça" ocorre com frequência de modo especialmente prazeroso quando é apoiada por um tipo de construção mais pública, "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. Parte do que tenciono dizer com "no mundo" é que o produto pode ser mostrado, discutido, examinado, sondado e admirado. Ele está lá fora. (PAPERT, 1994, p. 127, grifos do autor).

Ao mesmo tempo em que apresenta as bases de sua teoria, Papert critica o processo de ensino que comumente ocorre nas escolas. Argumenta que, quando o aluno não aprende, o primeiro movimento é pensar em aumentar ou melhorar o ensino. Ou seja, na sua perspectiva atacam-se problemas de aprendizagem com mais ensino. Esse entendimento de que o conhecimento se dá mediante a instrução, seja pelas ações ativas do professor ou pelo uso do computador como **máquina de ensinar** (o CAI), é denominado de **instrucionismo**. Papert (1994) se opõe a esse modelo alegando que, embora não se coloque em dúvida o valor da instrução, é imperativo deixar o ensino sobre controle de maneira que ele não ocupe todo o

processo. Assim, enfatiza que diferente do instrucionismo, o construcionismo que propõe tem como objetivo ensinar de maneira a produzir uma maior aprendizagem a partir de um mínimo de ensino. A mencionada redução do ensino não deve ser encarada como menos tempo para o processo educativo, uma vez que haveria mais tempo para a aprendizagem, mais momentos onde a autoria do processo pertencesse ao aluno. Nesse sentido, Papert (1994) sustenta que as escolas deveriam, então, preocupar-se com o tempo para aprender, princípio óbvio que incide diretamente sobre a Matemática. Contudo, para ele tal questão é flagrantemente transgredida, pois o tempo é constantemente retalhado.

“Peguem seus livros... façam dez problemas no final do capítulo 18... DONG... o sinal tocou fechem seus livros”. Imagine um executivo, um neurocirurgião ou um cientista que tivesse que trabalhar com uma agenda tão fragmentada (PAPERT, 1994, p. 83, grifos do autor).

Não obstante, as reflexões não se restringem ao tempo. Papert sustenta que a Matemática tem como um dos pontos centrais a premissa de que uma boa discussão leva a aprendizagem, porém cabe se debruçar sobre quais tipos de discussão e quais contextos (situações potenciais) seriam os mais relevantes para a finalidade que é aprender. Assim, dentro de sua percepção, a escola poderia ser considerada antimatética, uma vez que comumente não oferece nem tempos nem situações para a aprendizagem. Nesse sentido, ressalta que a educação tradicional estaria mais preocupada em codificar o que pensa ser importante para o cidadão saber, em vez de ensiná-lo a aprender. Para esclarecer seu ponto de vista, constrói uma analogia comparando o ato de ensinar com o ato de entregar “o peixe” sem “ensinar a pescar”. O mais importante, argumenta, seria fazer com que os alunos aprendessem “pescando” o conhecimento de que precisam. Para isso, poderiam usar uma poderosa ferramenta, o computador.

É por isso que precisamos desenvolver a Matemática. Evidentemente sobre o conhecimento sobre pescar, é também necessário ter boas varas de pesca - motivo pelo qual precisamos de computadores - e saber a localização de águas férteis - motivo pelo qual precisamos desenvolver uma ampla gama de atividades mateticamente férteis [...]. (PAPERT, 1994, p. 125).

Assim, Papert relaciona Matemática e construcionismo, propondo o computador como uma ferramenta **para aprender**. Esse seria como a vara de pescar, cabendo ao professor ensinar ao aluno como usá-lo de maneira a ter autoria sobre seu processo de aprendizagem. Segundo Cabral (2011), embora Papert defendesse a expansão do uso dos computadores na educação, seu foco estava nos processos mentais e não na máquina em si. Acreditava, pois, que a máquina apenas potencializaria o processo de aprendizagem, uma vez que possibilitaria ao aluno refletir sobre o que precisaria fazer, programar a máquina e, dessa forma, aprender com suas ações. E a linguagem LOGO desempenharia um papel fundamental nesse processo,

pois seria a partir dela que o aluno poderia expressar suas ideias, testar hipóteses, construir e desconstruir, programando o computador.

Ao mesmo tempo em que incentivava o uso dos computadores na educação, Papert acreditava que a escola não exploraria o recurso adequadamente, pois de alguma forma o veria “pela lente mental das suas próprias formas de pensar e fazer” (PAPERT, 1994, p. 42). Assim, transformaria algo positivo em mais uma ferramenta que serviria para reproduzir o modelo tradicional de ensino. Com isso, chegou a flertar com o uso dos computadores em ambientes não formais, como por exemplo, a educação domiciliar, dado seu otimismo frente às possibilidades que essa tecnologia poderia oferecer.

Embora o construcionismo de Papert possa ter contribuído ao apresentar outro olhar sobre o uso dos computadores na educação, minimizar o papel do professor frente ao processo é supervalorizar os computadores, algo com o qual não concordamos. Tal visão também é criticada por Cysneiros (1999b), ao dizer que não será a tecnologia quem resolverá todos os problemas da educação, visto que, antes dessa outras tantas já vieram com o rótulo de salvadoras e fracassaram.

Embora ninguém discorde de que a escola precisa atualizar-se tecnologicamente, a tese acima tem sido amplamente refutada (e.g. Cuban, 1986), aceitando-se que os problemas da Educação não serão resolvidos pela tecnologia. Até mesmo outros estudiosos dos computadores na escola (e.g. Perkins et alii, 1995, de um grupo de Harvard, universidade vizinha ao MIT) concordam que, mesmo com todas as dificuldades existentes, a instituição escolar dirigida para a educação de populações – com seus professores, livros-texto, currículos e organização escolar – constitui uma das invenções fundamentais da civilização contemporânea. (CYSNEIROS, 1999b, p. 3).

Ao encontro dessas ideias, Valente (1998) pontua que a implantação do computador na educação depende de quatro ingredientes: o próprio computador, o software educativo, o professor e o aluno, sendo todos esses elementos importantes. Dessa forma, concordamos com Papert quando diz que o foco deve estar nas ações do aluno, o qual estaria aprendendo ao “colocar a mão na massa”; porém, acompanhamos as ideias de Valente e valorizamos igualmente o papel do professor, pois caberá a ele planejar e proporcionar as situações didáticas, oferecer os espaços e tempos para que as discussões possam ocorrer e dar o suporte necessário. Deverá, pois, discutir com os alunos sobre as formas adequadas de uso dos recursos tecnológicos, mediar os processos de pesquisa, indicando quais fontes são confiáveis e quais não são, promover e incentivar os discursos e, principalmente, apresentar caminhos a serem explorados, direcionando ações quando necessário.

2.3 A ROBÓTICA EDUCACIONAL

O trabalho de Papert com o uso dos computadores dá frutos até hoje. A linguagem de programação que seu grupo de pesquisa do MIT desenvolveu na década de 1960, a LOGO, foi a semente a partir da germinou a Robótica Educacional (RE). Em 1998, um convênio entre o Laboratório de Mídias do MIT e a LEGO® *Dacta* deu origem a um kit que juntou a linguagem LOGO com as peças do tipo LEGO®. Surgiu o projeto LEGO-LOGO, embrião do conhecido kit de Robótica LEGO® *Mindstorms* (CABRAL, 2011). De lá pra cá, diversas opções de plataformas de prototipagem e peças para montagem de modelos programáveis foram desenvolvidas, constituindo inúmeros kits de robótica com fins educacionais. Os mais utilizados ainda são os da LEGO® e os baseados na placa Arduino, embora exista a possibilidade de utilizar *softwares* livres em conjunto com peças e componentes eletrônicos provenientes de sucata.

Ao ouvirmos a palavra robótica, dificilmente nos foge da memória filmes de ficção científica onde robôs autônomos, dotados de inteligência artificial, conseguem fazer diversas atividades de forma idêntica ou superior aos humanos. A popularização da robótica deu-se, principalmente, através da literatura e um dos responsáveis por isso foi o escritor russo, Isaac Asimov, que em 1950 lançou o livro de contos “*I, Robot*”, clássico conhecido principalmente pelas 3 Leis da Robótica⁸. Na ficção de Asimov essas leis seriam necessárias, pois os robôs possuiriam inteligência e emoção, e a convivência harmoniosa com os humanos, bem como a integridade desses deveria ser assegurada de alguma forma. Embora o cenário apresentado pareça fantasioso, não se encontra tão longe de ser factível. Atualmente, a robótica progride em diversos cenários de forma bastante acelerada, inclusive com gradual emprego de inteligência artificial cada vez mais sofisticada. Comumente utilizada nas áreas industrial e comercial, o uso de dispositivos robotizados expandiu-se para outras áreas como a médica e a educacional. Na educação, em especial, muito se deve aos trabalhos de Seymour Papert, como já mencionado.

⁸ A título de curiosidade, as três leis da Robótica segundo Asimov (1969) são: **Lei 1** – Um robô não pode ferir um ser humano ou, por omissão, permitir que um ser humano sofra algum mal. **Lei 2** – Um robô deve obedecer as ordens que lhe sejam dadas por seres humanos, exceto nos casos em que tais ordens contrariem a Primeira **Lei 3** – Um robô deve proteger sua própria existência, desde que tal proteção não entre em conflito com a Primeira e a Segunda Leis. (ASIMOV, 1969). Mais tarde foi incluída uma quarta lei, a **Lei zero**: Um robô não pode causar mal à humanidade ou, por omissão, permitir que a humanidade sofra algum mal, nem permitir que ela própria o faça. (ASIMOV, 2004).

Aplicada em contextos educacionais, encontramos-a sob as seguintes denominações: Robótica Educacional, Robótica Pedagógica, Robótica Pedagógica Livre e Robótica Educativa. Mill e César (2009), ao discutirem sobre a expressão Robótica Pedagógica, observaram uma falta de consenso em relação ao seu emprego. Segundo esses autores, muitas vezes a expressão está relacionada ao uso de dispositivos robóticos (hardware); por vezes associada ao espaço físico, laboratório ou ambiente de aprendizagem; ou então, utilizada como sinônimo de um projeto ou uma metodologia em si.

Sem julgar o mérito quanto à adequação dos demais usos, Mill e César (2009) entendem-na como uma proposta pedagógica, definindo-a como um “[...] conjunto de processos e procedimentos envolvidos em propostas de ensino-aprendizagem que tomam os dispositivos robóticos como tecnologia de *mediação* para a construção do conhecimento”. (MILL; CÉSAR, 2009, p. 222, grifo nosso).

Em relação ao emprego desses dispositivos em sala de aula, Cabral (2010, p. 36) pontua que pode se dar de diversas formas, como: através de “montagem de protótipos sugeridos pelo professor, montagens livres, resolução de problemas, transformação de protótipos, além de projetos de Aprendizagem envolvendo montagem e programação”. Apesar de concordarmos com a autora, cabe aqui uma ressalva. Muitas vezes denomina-se Robótica Educacional a utilização de dispositivos para coleta automatizada de dados, conceituada com a qual discordamos. Se assim fosse, qual seria a diferença entre laboratórios automatizados e a Robótica Educacional? Ambas as atividades têm seus méritos e podem contribuir com a aprendizagem do aluno, mas são coisas distintas.

A utilização de dispositivos eletrônicos para coleta automatizada de dados, conforme apontam Haag, Araujo e Veit (2005), apresenta inúmeros benefícios, como: enriquecer as experiências de aprendizagem, propiciando ao aluno compreender e relacionar os dados obtidos aos conceitos vinculados à fundamentação teórica; permite a tomada de medidas que envolvam tempos muito pequenos, onde a coleta manual seria impraticável; propicia a redução de tempo para a coleta de dados, permitindo ao aluno desenvolver outras habilidades e competências, como trabalhar com planilhas eletrônicas; além de permitir a obtenção de medidas com maior precisão. No entanto, a montagem dos aparatos e a programação dos modelos montados geralmente não competem aos alunos. Na Robótica Educacional o envolvimento do estudante durante todo o processo é maior, incluindo, na maioria das vezes, autoria nas etapas de *design*, montagem e programação dos protótipos. Entretanto, isso não significa que a coleta automatizada de dados não possa ocorrer, ela será usada sempre que necessário ou conveniente, mas não se resume a isso.

Visando expandir a definição de Robótica Educacional anteriormente apresentada, trazemos a proposta por Lopes e Fagundes (2006), a qual julgamos em consonância com nosso entendimento.

[...] a robótica educacional pode ser compreendida como um conjunto de recursos que visa o aprendizado científico e tecnológico integrado às demais áreas do conhecimento, utilizando-se de atividades como design, construção e programação de robôs. Diferencia-se do aprendizado técnico em robótica no sentido de não priorizar o domínio dos instrumentos e códigos de programação em função de uma demanda profissionalizante. (LOPES; FAGUNDES, 2006, p. 3).

As formas de utilização da Robótica Educacional nas salas de aula são muitas e dependem de diversos fatores, como o domínio do professor em relação à tecnologia, suas intenções pedagógicas, concepções em relação ao uso desses recursos, a receptividade da turma, o tempo disponível para a atividade, a infraestrutura da escola e, em particular, o conteúdo a ser trabalhado. Trabalhar tópicos de Cinemática ou Dinâmica é diferente de abordar assuntos relativos à Termodinâmica ou Física Moderna. Construir um carro para discutir conceitos de posição e velocidade é uma coisa, construir um aparato para discutir radiação de corpo negro é outra. A liberdade para o aluno construir, manipular os materiais, discutir, elaborar hipóteses, programar não será a mesma devido à complexidade envolvida em cada um dos casos, porém o importante é definir momentos de autoria para o aluno.

Outro ponto bastante pertinente refere-se aos possíveis ganhos para o processo de ensino e aprendizagem. A Robótica Educacional apresenta alguma vantagem em relação ao ensino dito tradicional? O que apontam as pesquisas? Para Benitti (2012), apesar de muitas pesquisas indicarem potenciais benefícios na educação, trabalhos como os de Willians, Ma, Prejean, Lai e Ford (2007) sugerem evidências limitadas para confirmar seu impacto nos currículos. Com o objetivo de compreender melhor esse cenário, a autora realizou uma revisão bibliográfica sistemática. Como questão norteadora, Benitti (2012) procurou responder se a robótica utilizada como ferramenta de ensino em outras áreas que não ligadas ao campo da robótica, poderia melhorar o desempenho de alunos do ensino fundamental e médio. Para isso, realizou uma revisão nos principais bancos de dados internacionais *on-line* compreendendo os anos de 2000 a 2009. Como critérios de seleção, os trabalhos deveriam utilizá-la como meio educacional, exceto para o ensino de robótica em si. Deveriam ser aplicados em contextos de ensino médio ou fundamental e trazer avaliação quantitativa da aprendizagem, principalmente através de testes antes e depois da aplicação. Dos 197 trabalhos encontrados, 45% foram excluídos nesse processo de seleção.

Após proceder a análise, a referida autora destacou que, em geral, os artigos mostraram ganho de aprendizado com o uso da robótica. No entanto, argumentou que embora

tenha potencial para auxiliar no ensino, isso não está garantido com sua simples utilização. Tomando por base diversos autores consultados durante a pesquisa, Benitti (2012) apresenta alguns fatores que julga importante para o uso efetivo da robótica em sala de aula. Dentre eles destacamos: o papel do professor em estimular seus alunos; o tamanho das equipes, que não devem ser grandes, no máximo três alunos por kit; o espaço para o desenvolvimento das atividades, que deve possibilitar aos alunos espalharem os materiais; a tarefa deve ser relevante e realista para os alunos; deve ser ofertada oportunidade para os alunos explorarem o material antes de exigir que trabalhem num desafio; e o *feedback*, as orientações de desempenho devem ser fornecidas constantemente (BENITTI, 2012).

Em outra publicação no ano de 2017, Spolaôr e Benitti realizaram mais uma revisão sistemática, agora com o intuito de compreender como a robótica estava sendo empregada no ensino superior. Nessa pesquisa tinham por objetivo responder questões como: que teorias educacionais estavam subsidiando o desenvolvimento dos trabalhos e quais assuntos comumente eram abordados. Dentre os selecionados, observaram elevado número no campo da Ciência da Computação, principalmente voltado à programação. Em relação às teorias, a mais empregada foi a aprendizagem baseada em projetos. Também apareceram as teorias de aprendizagem construtivista, aprendizagem colaborativa e a aprendizagem baseada em problemas. Quanto aos assuntos mais abordados, os autores destacaram que a robótica tem sido utilizada para ajudar na aprendizagem de conceitos/assuntos relativos a inúmeras áreas (como programação, ensino de conceitos relacionados à Física, em especial a Cinemática) e o desenvolvimento de competências e habilidades (como o trabalho em equipe, a comunicação e a solução de problemas).

Em relação aos trabalhos nacionais, alguns pesquisadores vêm se dedicando a essa temática, apontando benefícios da robótica em sala de aula. Por exemplo, Trentin, Pérez e Teixeira (2013, p. 52) pontuam que ela pode ser percebida como “uma ponte de ligação interdisciplinar visando à construção de conhecimento coletivo através da aplicação com a realidade”. Além do caráter interdisciplinar, também enfatizado por outros pesquisadores (ZILLI, 2004; MILL; CÉSAR, 2009; CERCILIAR et al., 2011), a robótica é apontada como sendo capaz de incentivar o trabalho cooperativo (SCHIVANI, 2014; DINIZ; SANTOS, 2014; TRENTIN et al., 2015; BIEHL; MARTINS; GONZATTI, 2018; SANTOS; SANTOS, 2018); o trabalho de pesquisa (MILL; CÉSAR, 2009; FORNAZZA; WEBBER, 2014); o desenvolvimento da criticidade, a resolução de problemas, o raciocínio lógico (ZILLI, 2004; FORNAZZA; WEBBER, 2014); exposição e defesa de pensamentos, a responsabilidade, a

postura empreendedora (TRENTIN et al., 2015); além de desenvolver a criatividade e tornar a experiência do erro parte do processo (ZILLI, 2004; MILL; CÉSAR, 2009).

Outro fator mencionado com certa frequência é o aparente impacto motivacional que ela produz nos alunos (ROUXINOL et al., 2011; FORNAZZA; WEBER, 2014; TRENTIN et al., 2015), influenciando positivamente o engajamento nas atividades e, por conseguinte, a aprendizagem. Pesquisas de caráter internacional também destacam a robótica como uma ferramenta motivacional. Spolaôr e Benitti (2017), por exemplo, apontam alguns trabalhos onde isso é evidenciado.

[...] eles foram considerados como uma ferramenta complementar para melhorar a motivação dos alunos e a compreensão de conceitos abstratos, por exemplo, (Behrens, Atorf, Schwann, Neumann, Schnitzler, Baile et al., 2010; Bertacchini, Bilotta, Gabriele, Pantano & Servidio, 2010; Junior & Olguin, 2011; McGill, 2012). (SPOLAÔR; BENITTI, 2017, p. 2, tradução nossa).

Ao analisarmos a literatura referente à Robótica Educacional, percebemos que os trabalhos geralmente ressaltam os potenciais benefícios associados ao seu uso, os aspectos positivos de sua aplicação e finalizam discutindo os resultados que, de modo geral, são bastante satisfatórios. Entretanto, as dificuldades enfrentadas muitas vezes são suprimidas ou relativizadas, não sendo, portanto, discutidas. Pensando nessas questões buscamos apresentar alguns pontos com objetivo de tencionar o uso das tecnologias, em particular, a robótica nas salas de aula. Para isso, baseamo-nos em trabalhos que discutem o uso da robótica ou, de forma geral, as tecnologias educacionais. Além disso, pontuamos questões tendo como base experiências anteriores (SANTOS, SANTOS, 2018):

- (i) A introdução de novas tecnologias, embora possam apresentar potencial para afetar os processos e relações dentro da sala de aula, poderá em contrapartida oferecer grandes desafios aos professores, pois requererá novas competências e habilidades, além de uma postura diferenciada (SENA DOS ANJOS, 2008; CAMPOS, 2017). Também exigirá mais tempo e dedicação para elaboração das atividades;
- (ii) a carga horária destinada semanalmente à componente curricular Física é relativamente pequena e o uso da Robótica Educacional, mesmo que o foco não esteja na programação, exigirá espaços e tempos para isso. Tais atividades comumente demandam maior quantidade de aulas se comparado à abordagem tradicional (CAMPOS, 2017). Essa conjuntura pode implicar adequações de calendário, exigindo bom planejamento;

- (iii) nem todos os alunos apresentam os mesmos interesses, tampouco o mesmo entusiasmo frente a um mesmo interesse em particular. Alguns alunos podem não gostar de mudanças, não gostar de fazer uso de tecnologia dentro dessa perspectiva (ensino de Física), até mesmo não terem tido nenhum contato anteriormente com um computador e se sentirem incomodados em ter que aprender a programar. Além disso, diferentes alunos serão atraídos por diferentes atividades de robótica (RESNICK, 1991; BENITTI, 2012). Assim, “alunos interessados em carros provavelmente serão motivados a criar veículos motorizados, enquanto estudantes interessados em arte ou música provavelmente ficarão mais motivados a criar esculturas interativas” (BENITTI, 2012, p. 2, tradução nossa). Logo, as atividades didáticas envolvendo robótica no ensino de Física poderão ter maior impacto em alguns alunos, ao passo que pouco influenciará outros;
- (iv) as atividades de robótica priorizam o trabalho coletivo, embora possa haver momentos individuais. Alguns alunos podem não gostar de realizar atividades em grupo, de expressar suas ideias ou demonstrar aos demais colegas que tem dúvidas. Embora a escolha do grupo possa contribuir, pois o aluno poderá trabalhar com pessoas com as quais sente alguma afinidade, tal problema poderá persistir;
- (v) assim como qualquer tecnologia, a robótica está sujeita a falhas técnicas. Os computadores podem parar de se comunicar com as placas dos kits, peças podem quebrar, deixar de funcionar. Dependendo do tipo de ambiente de programação que está sendo utilizado para fazer a comunicação com os modelos, falhas na lógica de programação, na compilação e/ou erros de sintaxe podem ocorrer, fazendo com que os comandos inseridos pelos alunos não cheguem aos protótipos. Pode haver certa demora em localizar o problema, principalmente quando os alunos tiverem liberdade para elaborar os programas, as atividades não forem fechadas e, dessa forma, uma pluralidade de caminhos for possível. Os alunos, assim como o professor, podem passar por momentos de frustração até encontrar a origem do problema.

Assim, embora benefícios sejam apontados, também se faz importante sinalizar dificuldades para que o professor que deseja utilizar a robótica tenha maior número de informações na hora de avaliar o emprego desse recurso em sala de aula, percebendo não só

seu potencial, mas também as limitações e os possíveis problemas que acompanham o uso dessa tecnologia.

2.3.1 A Robótica Educacional no ensino de Física

Dado seu caráter inerentemente experimental, a robótica é entendida por Mitnik et al. (2009) como um caminho natural a ser utilizado pelo ensino de Física, pois o uso de dispositivos eletromecânicos capazes de interagir com o mundo sob o comando dos alunos, poderia gerar afastamento de uma abordagem mais abstrata de ensino. A manipulação de materiais, a construção de protótipos, a programação dos modelos, o levantamento de hipóteses e a avaliação do processo com a depuração dos erros são etapas que trazem pressupostos construcionistas defendidos por Papert (1994), o qual atribuía especial importância às construções no mundo como apoio aos processos mentais. Além disso, dentro do construcionismo, defende-se a ideia de que uma boa discussão pode gerar aprendizado. Dessa forma, a robótica apresenta potencial para contribuir com a proposição de contextos diferenciados, capazes de fomentar discussão de diferentes conceitos físicos (FORNAZZA; WEBER, 2014; SANTOS; SANTOS, 2018).

No ensino de Ciências e de Física, a maioria dos trabalhos envolvendo robótica ainda relaciona-se ao ensino de Cinemática (SPOLAÔR; BENITTI, 2017). Entretanto, inúmeros outros assuntos já foram explorados e de forma constante a literatura relativa a essa área vem sendo ampliada. Dentro do cenário nacional, podemos citar alguns trabalhos, como o de Zanatta (2013), que se valeu da robótica para discutir a 2ª Lei de Newton nas séries finais do ensino fundamental; Fornaza e Webber (2014), que desenvolveram atividades com alunos de 5ª série com o intuito de identificar e desestabilizar concepções prévias sobre gravidade, movimento e força de atrito; Veronez (2016), que abordou absorção e emissão de radiação térmica e visível utilizando sensores de temperatura e um Cubo de Leslie adaptado; Duminelli (2016), que discutiu sobre resistores (ôhmicos e não ôhmicos) durante uma sequência didática com alunos do 3º ano, onde os próprios estudantes construíram os circuitos que movimentavam seus carrinhos; ou Santos e Santos (2018), que empregaram a robótica como ferramenta para discutir forças de atrito com alunos do 1º ano do ensino médio.

Para além do estudo motivacional, um dos objetivos da nossa pesquisa é utilizar a robótica para explorar gráficos do movimento retilíneo uniforme (MRU) e o conceito de velocidade escalar média. Assim, separamos alguns trabalhos correlatos para discutirmos em maiores detalhes. Começamos pela pesquisa apresentada por Biehl, Martins e Gonzatti

(2018), cujo objetivo era investigar como a Robótica Educacional poderia contribuir para introduzir conceitos de Física no nono ano do ensino fundamental em uma escola pública. As atividades, estruturadas sob a perspectiva investigativa (Resolução de Problemas), buscaram discutir conceitos como movimento e velocidade. Os autores propuseram situações onde os alunos tinham que planejar, discutir e programar os carrinhos para resolver os desafios propostos. Num dos exemplos citados, os alunos receberam a missão de programar o carinho para resgatar vítimas, fazendo o percurso no menor tempo possível. Sob essa dinâmica, os grupos montavam e programavam seus modelos, discutiam as estratégias e os conceitos de interesse apareciam no decorrer da atividade. Segundo os autores, além da robótica propiciar um ambiente mais interativo e dinâmico, pode-se perceber uma evolução das concepções dos alunos em relação aos conceitos abordados.

Dentro do ensino médio, temos o trabalho de Wrasse et al. (2013), que utilizaram carrinhos automatizados baseados na plataforma Arduino para discutir gráficos cinemáticos em turmas do primeiro ano do ensino médio. Os carrinhos, previamente programados pelos autores, andavam sobre uma faixa preta demarcada no solo e desenvolviam um movimento retilíneo devido a sensores acoplados em sua estrutura. Em distâncias pré-determinadas foram colocadas faixas transversais que, ao serem identificadas pelos sensores, faziam o carrinho mudar de velocidade ou o sentido do movimento conforme programação inserida. Aos alunos, organizados em duplas, competia colocar os carrinhos nas posições de partida, analisar os movimentos e cronometrar os tempos de cada etapa. Após dados coletados (posições e intervalos de tempo) calculavam as velocidades médias e construíam gráficos de posição por tempo e de velocidade por tempo.

Os autores destacaram que nem todos os alunos se dispuseram a fazer as tomadas de tempo, mas pelo menos um em cada dupla interessou-se em concluir a atividade. Relataram, também, que os estudantes tiveram dificuldades para construir e interpretar os gráficos, como exemplo, dificuldades em adotar escalas apropriadas para os eixos ao usar papel milimetrado; em associar a posição inicial ao tempo inicial, uma vez que o carrinho começava a andar antes de passar pela posição adotada como origem; e dificuldade em construir o gráfico de velocidade por tempo nos movimentos em que o carrinho apresentava alguma aceleração. Ao final, os autores apontaram que, embora obstáculos tenham se apresentado (como problemas na configuração dos motores que dificultavam o movimento em linha reta), o saldo foi positivo. Os alunos mostraram-se mais dispostos a fazer as atividades e interagiram bem com os colegas. Alegam que as dificuldades apresentadas pelos alunos durante a construção e interpretação dos gráficos foram superadas mediante intervenção do professor e que, para

futuras aplicações, remodelariam algumas das atividades, como exemplo, incluiriam inicialmente movimentos com velocidade constante durante todo o trajeto para, somente depois, oferecer situações com velocidades constantes e distintas num mesmo percurso.

Outro trabalho que visou discutir gráficos cinemáticos foi o de Dworakowski, Dorneles e Hartmann (2018). As atividades, estruturadas em dois módulos didáticos, foram desenvolvidas com alunos do 1º ano do ensino médio de uma escola estadual, localizada no interior do Rio Grande do Sul. O primeiro módulo, que contou com 09 horas aula, explorou as coordenadas cartesianas através do jogo batalha naval com a construção de um grande plano cartesiano no pátio da escola. O segundo módulo, que durou 11 horas aula, foi voltado ao ensino de Física, particularmente, para o estudo de gráficos cinemáticos. Durante o segundo módulo foram utilizados carrinhos automatizados, baseados na plataforma Arduino, a partir dos quais os alunos podiam programar/controlar os movimentos através de um controle remoto, definindo diferentes velocidades. Ao analisar os movimentos dos carrinhos, os grupos deviam coletar informações para construção e discussão de gráficos do tipo espaço por tempo e velocidade por tempo. Os autores relataram que as atividades apresentaram bons resultados, constituindo-se numa possibilidade eficaz para introdução aos estudos de gráficos cinemáticos.

Também podemos citar Siqueira e Santos (2019), que utilizaram carrinhos baseados na placa Arduino para discutir gráficos do movimento retilíneo uniforme. As atividades foram desenvolvidas numa turma do 1º ano do ensino médio, durante aulas regulares da componente curricular Física e se estenderam por 16 aulas (45 min cada), divididas em dois blocos com 08 aulas. O primeiro bloco de atividades visava introduzir noções de prototipagem e o uso do programa Ardublock, utilizado para programar os modelos. O segundo bloco foi voltado à discussão de gráficos do tipo $s \times t$ e $v \times t$. Durante a sequência os alunos programaram os carrinhos, filmaram os movimentos com os celulares e coletaram dados para calcular a velocidade média e representar graficamente o comportamento da posição e da velocidade ao longo do tempo. Segundo os autores do trabalho, a análise dos resultados obtidos no pré (antes da sequência) e pós-teste (ao término das atividades) evidenciaram diferenças estatísticas entre as medianas relativas ao número de acertos. Além disso, o tamanho do efeito (magnitude de diferença entre os dois resultados) foi considerado importante, sugerindo ganhos na aprendizagem.

Por fim, apresentamos o trabalho de Teixeira et al. (2018), que utilizaram carrinhos montados com kits LEGO® MINDSTORMS® para discutir velocidade escalar média em turmas do primeiro ano do ensino médio. A realização das atividades deu-se em oficinas de

robótica que se estenderam por duas semanas, dois dias por semana, totalizando 6 horas. Durante as atividades os alunos interagiram com os protótipos veiculares, montando, manipulando e os programando em diferentes configurações, avaliando e medindo posições, distâncias, deslocamentos, intervalos de tempo e calculando as respectivas velocidades médias. Os autores enfatizaram que os alunos que participaram dessa oficina apresentaram, em testes posteriores, melhores resultados quando comparados com as demais turmas que tiveram aulas convencionais no mesmo período dentro da escola. Além disso, perceberam que os estudantes se mostraram mais engajados nas atividades, mais dispostos e motivados para aprender Física. Para obter essas informações, aplicaram um questionário aos estudantes, perguntando se os mesmos sentiam-se mais motivados para estudar Física com o uso da RE. Entretanto, apesar de fazerem menção à motivação e engajamento, tais construtos não foram analisados à luz de qualquer teoria.

Além desses trabalhos, pesquisas internacionais como as de Mitnik et al. (2009) e Alimisis e Boulougaris (2014), também utilizaram a robótica para discussão de conceitos cinemáticos e análise gráfica. Ambos evidenciaram resultados satisfatórios quanto ao uso da robótica para abordar esses assuntos, indicando ganhos em relação à aprendizagem dos alunos quando comparados a grupos de controle que utilizaram outros recursos (como simuladores) ou até mesmo abordagem tradicional.

2.3.2 A Robótica Educacional e a motivação do aluno

Como já mencionado, um dos aspectos observados em diferentes trabalhos (ROUXINOL et al., 2011; FORNAZZA; WEBER, 2014; TRENTIN et al., 2015; TEIXEIRA et al., 2018) é o aparente impacto motivacional que a robótica pode ter nos estudantes. No entanto, tal construto comumente é tratado de forma superficial ou com entendimento baseado no senso comum. Ao realizarmos uma busca por pesquisas que visassem contemplar como a robótica poderia influenciar a motivação dos estudantes para aprender Física, não obtivemos sucesso. Em geral, estudos envolvendo robótica e motivação se concentram em outras áreas como, por exemplo, a área STEM⁹ (ANWAR et al., 2019) e não em componentes curriculares como a Física.

⁹ STEM é um acrônimo em inglês utilizado para designar um conjunto de disciplinas ou áreas do saber como Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (Science, Technology, Engineering and Mathematics).

Nossa pesquisa se insere com o objetivo de estudar o efeito motivacional produzido pelo emprego da robótica em aulas de física, pois entendemos que esse é um campo com potencial a ser explorado. Contudo, certas questões que tocam os estudos motivacionais precisam ser mais bem compreendidas, dentre as quais: O que é motivação? De que motivação estamos falando? Atividades didáticas envolvendo a Robótica Educacional podem influenciar positivamente a motivação dos estudantes nas aulas de física? Que elementos devem ser considerados dentro das atividades ou dos contextos em que estão inseridas essas atividades para que se possa promover motivação de melhor qualidade nos alunos?

Tais perguntas são pertinentes, principalmente quando um dos problemas do ensino de Física é justamente a baixa qualidade motivacional apresentada pelos estudantes, a falta de interesse em realizar as atividades propostas e, por consequência, o baixo rendimento acadêmico. No próximo capítulo exploraremos o construto motivação, procurando destacar um pouco da complexidade envolvida na sua construção histórica, assim como discuti-lo brevemente no contexto educacional. Também apresentaremos em maiores detalhes a teoria que dará luz aos nossos estudos, a teoria da autodeterminação, e traçaremos algumas considerações a respeito do uso da Robótica Educacional tendo em vista pressupostos dessa teoria.

3 DISCUTINDO SOBRE MOTIVAÇÃO

3.1 UM CONSTRUTO COMPLEXO

Subir numa árvore, correr uma maratona, ler um livro, sair com os amigos, estudar para uma prova, fazer parte de um grupo social. O que essas atividades têm em comum? Aparentemente nada, a não ser o fato de que pessoas as fazem por alguma razão, a qual pode se apresentar consciente ou inconsciente para elas. Ao nos questionarmos sobre os motivos da ação humana estamos entrando nos estudos sobre motivação. Esses motivos podem ser provenientes de fontes internas ou externas, pessoais ou situacionais, podem refletir sonhos, interesses, valores, sentimentos, a cultura, o meio social ou até mesmo ser uma mescla de tudo isso.

Segundo Reeve (2009), os estudos motivacionais almejam respostas satisfatórias para duas questões fundamentais: (a) O que causa um comportamento e (b) porque ele muda de intensidade. Tais perguntas suscitam respostas que todos nós gostaríamos de saber, se não para compreender melhor as outras pessoas, para compreender melhor a nós mesmos. De fato, motivação é um tema que perpassa todos os contextos da vida humana. Não é surpresa que ao longo dos anos tal construto constituiu-se como objeto de estudo da Filosofia, Psicologia, Pedagogia, bem como de outras ciências (FERREIRA, 2010).

Ao analisarmos o percurso histórico dentro da Psicologia, perceberemos que a motivação foi estudada sob diferentes enfoques, o que resultou na produção de inúmeras teorias com abordagens diferentes (REEVE, 2009; BZUNECK, 2009). Como exemplo, podemos citar a teoria Expectativa x Valor, desenvolvida inicialmente por Victor Vroom (1964); Autoeficácia, de Albert Bandura (1977); Estabelecimento de Metas, de Locke e Latham (2002); e a teoria da autodeterminação, de Ryan e Deci (2000) (REEVE, 2009). Como resultado, atualmente motivação apresenta-se como um objeto altamente complexo, com literatura ampla e diversificada (MAEHR; MEYER, 1997; BZUNECK, 2009; REEVE, 2009).

Apesar de termos uma ideia do que é motivação, como construto psicológico ela tem suas particularidades e sua definição não apresenta caráter consensual. Essa palavra permeia o senso comum, por isso se faz importante especificá-la (MAEHR; MEYER, 1997) a fim de balizar as reflexões acerca do tema. Não raro, presumimos a motivação de uma pessoa por suas ações, manifestações comportamentais, tratando-a como sinônimo de entusiasmo, animação ou interesse. Embora guarde relações com esses estados (psicológicos, emocionais),

motivação não se resume a isso. Segundo Bzuneck (2009), historicamente motivação ora foi vista como um fator psicológico ou conjunto de fatores, ora como um processo. Apesar das divergências, pesquisadores concordam que esses fatores ou processos “levam a uma escolha, instigam, fazem iniciar um comportamento *direcionado* a um objetivo” (BZUNECK, 2009, p. 9, grifo nosso), assegurando a persistência da ação escolhida, mesmo frente a uma série de obstáculos que possam se apresentar (BZUNECK, 2009; PINTRICH; SCHUNK, 2002). Assim, podemos dizer que os estudos sobre motivação se concentram no que direciona e energiza o comportamento humano (RYAN; DECI, 2017). Direciona no sentido de que entre diversas escolhas optamos por uma linha de ação em especial, nosso comportamento sempre tem um propósito e é dirigido a algum objetivo específico. Quanto à energia, os comportamentos são dotados de força, intensidade e persistência (REEVE, 2009). Além disso,

O comportamento varia em intensidade e a intensidade em si varia tanto dentro do indivíduo quanto entre diferentes pessoas. A ideia de que a motivação pode variar dentro do indivíduo implica que uma pessoa pode participar ativamente em um momento, mas pode ser passiva e apática em outro. A ideia de que a motivação pode variar entre as pessoas implica que, mesmo na mesma situação, alguns indivíduos participarão ativamente, enquanto outros serão passivos e apáticos. (REEVE, 2009, p. 4, tradução nossa).

Embora a motivação humana sempre tenha despertado interesse, o estudo sistemático a respeito desse construto é de origem recente (MAEHR; MEYER, 1997; REEVE, 2009). Tais estudos começaram basicamente com abordagens mecanicistas, que envolviam construtos como impulso, instinto e necessidades (REEVE, 2009; RYAN; DECI, 2017), tendo grandes contribuições os trabalhos de Freud (na psicanálise) e Hull (na psicologia empírica). As teorias mecanicistas, embora diferentes entre si, apresentavam como pressuposto um organismo passivo, sujeito a impulsos fisiológicos e estímulos ambientais (DECI; RYAN, 1985), que seriam as bases derivativas, pelo menos em parte, do comportamento observado. Inclusive, necessidades de ordem social também derivariam, em certo grau, de necessidades fisiológicas mais básicas (MAEHR; MEYER, 1997). Como exemplo, a necessidade do ser humano em estabelecer vínculos sociais poderia ser explicada através da necessidade de se obter alimentos. Logo, sob essa perspectiva, a motivação seria proveniente de um processo reativo do organismo ao meio, visando sanar impulsos ou necessidades fisiológicas.

Com o tempo, os estudos na área se aprofundaram e gradualmente as pesquisas começaram a mostrar as limitações das teorias mecanicistas. Comportamentos observados não conseguiam ser explicados satisfatoriamente, mesmo com a evolução daquelas teorias. Como exemplo, ratos famintos mantidos sob certas condições recusavam comida pela oportunidade de explorar novos espaços, inclusive atravessando redes eletrificadas (DECI; RYAN, 1985).

O impulso fome nem sempre gerava o comportamento esperado, que era buscar alimento. Tentativas de aumentar o número de impulsos ou necessidades para acomodar as observações acabaram não logrando êxito e ficava cada vez mais evidente a participação ativa do organismo no processo. Trabalhos como o de White (1959, 1975) contribuíram para essa mudança de perspectiva.

White (1959) defendeu a ideia de que todo organismo apresenta o que ele chamou de *effectance motivation*, algo como motivação de efetividade ou motivação eficaz/competente. Segundo White, os organismos são naturalmente motivados a interagirem de forma eficaz com o ambiente (CLEMENT, 2013) e a recompensa para esse tipo de comportamento (como o de exploração, por exemplo) seria o próprio sentimento de efetividade/competência em si, o que se manteria independente de quaisquer reforços baseados em impulsos (DECI; RYAN, 1985).

Aos poucos os estudos motivacionais ganharam novo caráter. Passaram de mecanicistas, comportamentais, caracterizados por investigações que giravam em torno de compreensões a respeito de condicionantes do meio (como agentes responsáveis por desencadear comportamentos, como a teoria do Impulso), para abordagens mais amplas e complexas, onde motivação era compreendida como algo proativo, psicológico, inerente a todo ser humano, organísmico (DECI; RYAN, 1985; RYAN; DECI, 2017). Era o surgimento das teorias cognitivas e sociocognitivas. Pintrich (2003) destaca que essa mudança para modelos cognitivos se assemelha à própria revolução pela qual passava a Psicologia. Porém, enquanto os modelos cognitivos minimizavam a importância dos fatores sociais, os sociocognitivos faziam um movimento diferente, investigavam a importância desses contextos e das relações interpessoais, e foi sob essa perspectiva que a maioria das pesquisas motivacionais se concentrou (PINTRICH, 2003).

Apesar do progresso dessas teorias, o conceito de motivação ainda era tratado de forma unitária (RYAN; DECI, 2017), ou seja, desprendia-se uma relação dicotômica: há ou não há motivação e a característica chave para os estudos era seu nível de intensidade. A motivação poderia ser muito pequena ou inexistente (desmotivação), moderada, alta ou muito alta (REEVE, 2009) e a pergunta estava direcionada a como aumentar a motivação de um indivíduo, seja ele um aluno, um trabalhador ou um atleta. Com o passar do tempo, estudos com enfoques diferentes conduziram ao surgimento de diferentes tipos de motivação, evidenciando sua natureza complexa. Como destaca Reeve (2009),

[...] a motivação intrínseca é diferente da motivação extrínseca (RYAN; DECI, 2000b). A motivação para aprender é diferente da motivação para executar (AMES; ARCHER, 1988). E a motivação para aproximar-se do êxito é diferente da

motivação para evitar o fracasso (ELLIOT, 1997). Em outras palavras, os seres humanos são complexos em seu sentido motivacional. (VALLERAND, 1997) (REEVE, 2009, p. 12, tradução nossa).

À medida que o construto ia sendo refinado, ficava evidente a necessidade de se levar em consideração a área de desenvolvimento das atividades para que certas especificidades pudessem ser contempladas (BZUNECK, 2009). Tome por exemplo, o fato de que motivação para a prática de algum esporte ser diferente da motivação para vendas ou da motivação para aprender. Assim, considerar o contexto mostrou-se relevante. Atualmente, o termo motivação apresenta conotações diversificadas, principalmente relacionando questões cognitivas mais profundas, envolvendo estudos sobre a razão ou o porquê das escolhas e do esforço despendido (BZUNECK, 2009). Outras variáveis provenientes de interações sociais, culturais e até mesmo questões de gênero e idade também passaram a ser consideradas (MAEHR; MEYER, 1997), ampliando ainda mais as discussões acerca desse tema.

O breve apanhado que traçamos até aqui não contempla toda a complexidade do construto motivação, apenas sinaliza o quão amplo e denso é esse campo de pesquisa e o quanto ainda tem a ser explorado, principalmente num contexto tão importante quanto à educação, com tantas particularidades (BZUNECK, 2009).

Quando se considera o contexto específico da sala de aula, as atividades do aluno, para cuja execução e persistência deve estar motivado, têm características peculiares que as diferenciam de outras atividades humanas igualmente dependentes de motivação, como esporte, lazer, brinquedo, ou trabalho profissional. [...] o aluno deve executar tarefas que são maximamente de natureza cognitiva, que incluem atenção e concentração, processamento e integração da informação, raciocínio e resolução de problemas. (BZUNECK, 2009, p. 10-11).

Isso significa, nas palavras de Bzuneck (2009), que a motivação do aluno está relacionada com o trabalho mental situado nesse contexto específico e seu estudo não pode se restringir a aplicação de princípios gerais da motivação humana. Na pesquisa sobre motivação do aluno, Pintrich (2003) aponta que a teoria da autodeterminação (DECI; RYAN, 1985; RYAN; DECI, 2017) é um modelo que conseguiu integrar tanto as necessidades relacionadas ao indivíduo, quanto construtos sociocognitivos. Reforçando esse ponto, Bzuneck e Guimarães (2010) destacam que essa teoria tem sido apontada como promissora, principalmente quando se quer compreender o envolvimento, persistência, desempenho e o uso de estratégias de aprendizagem pelos alunos em contextos escolares. Por sua abordagem ampla, que procura caracterizar tanto as necessidades psicológicas dos indivíduos quanto as características do contexto social que podem promover ou dificultar essas necessidades influenciando o processo motivacional, optamos por escolhê-la como um referencial para os estudos da motivação.

3.2 MOTIVAÇÃO NO CONTEXTO ESCOLAR

Apesar de a motivação estar presente em todos os contextos da vida humana, no contexto educacional ela merece destaque, principalmente quando levamos em conta sua influência no processo de aprendizagem. Segundo Lourenço e De Paiva (2010), o rendimento acadêmico de um aluno não pode ser explicado unicamente por conceitos como inteligência, contexto familiar e condição socioeconômica, a motivação para aprender constitui-se numa variável fundamental. Ao discutir sobre a importância da motivação nos estudos psicológicos, Maehr e Meyer (1997) afirmam que

Estar nas salas de aula, conversar regularmente com professores e diretores e ouvir os alunos deve deixar claro para quase qualquer psicólogo educacional que algo como "motivação" tem sido, é e provavelmente sempre estará no coração do ensino e da aprendizagem. (MAEHR; MEYER, 1997, p. 372, grifo dos autores, tradução nossa).

Tomando como base a definição de que motivação seria um conjunto de fatores ou um processo que ativa, orienta e mantém um comportamento, do ponto de vista educacional o termo pode ser “aplicado a qualquer processo que ativa e mantém o comportamento de aprendizagem” (PALMER, 2005, p. 1857, tradução nossa). Logo, podemos dizer que a relação da motivação com a aprendizagem mostra-se bastante estreita e com implicações a serem consideradas.

Atualmente muito se questiona a falta de interesse dos alunos sobre os assuntos ou sobre o próprio ambiente escolar. Não raro, professores mencionam uma desmotivação, pois observam, entre outros fatores, ações comportamentais ou expressões verbalizadas que apontam falta de disposição ou de vontade para com o envolvimento das atividades escolares. Conseqüentemente, essa falta de motivação estaria levando os alunos a apresentarem resultados acadêmicos pouco satisfatórios. Bzuneck (2010) nos alerta que para além da preocupação com esses alunos que se apresentam visivelmente apáticos em sala de aula, deveríamos nos preocupar igualmente com muitos outros, talvez a maioria, que apresenta frágil motivação. Esses alunos, apesar de realizarem as atividades propostas, contentam-se em empregar o mínimo esforço para alcançar rapidamente o objetivo, para se desincumbir das tarefas sem maior preocupação com o que realmente aprenderam. Na maioria das vezes, atrelam suas ações a questões externas como atenção a avaliações ou fuga de punições. Retirados esses controles, dificilmente se envolveriam nas atividades.

As pesquisas sobre motivação humana, principalmente as mais recentes que adotaram a perspectiva sociocognitiva, passaram a dar ênfase à importância das crenças dos

estudantes em si mesmos e em seu ambiente de aprendizagem, tendo como um dos pressupostos que elas podem ser significativamente influenciadas por aspectos do contexto de sala de aula (PINTRICH; SCHUNK, 1996 apud BZUNECK; GUIMARÃES, 2010). Tal perspectiva também está contemplada na teoria da autodeterminação, a qual sustenta que o meio pode fomentar ou minar determinadas necessidades psicológicas básicas e, nesse sentido, os estilos motivacionais dos professores (voltado mais para a autonomia ou para o controle) e os contextos fornecidos durante as atividades entram em pauta.

Tomando por premissa que as ações dos professores e dos contextos podem afetar o interesse e a motivação dos alunos, Bzuneck (2010) discute alguns pontos que podem ser observados pelos docentes ao elaborar as atividades, dentre os quais podemos destacar: fornecer atividades que tenham certo grau de desafio, onde a dificuldade faça fronteira com a capacidade atual do aluno; e adoção de embelezamentos¹⁰ para as atividades, mesmo que essas apresentem desafios, pois nem todos os desafios são inerentemente interessantes. Dessa forma, ao considerar pelo menos alguns desses aspectos, poderá o professor ter maior sucesso na tentativa de promover motivação de melhor qualidade nos estudantes.

Em resumo, o que podemos destacar é que a motivação é algo bastante relevante dentro do processo educacional, principalmente quando se almeja aprendizado de melhor qualidade. Além disso, as pesquisas motivacionais procedidas em espaços educacionais também contribuem para reflexões sobre o próprio planejamento instrucional das aulas, cujos resultados poderão impactar tanto a motivação dos estudantes, quanto a cognição e aprendizagem (FERREIRA, 2010).

3.2.1 Motivação do aluno e o ensino de Física

Embora o tema motivação venha recebendo mais atenção por parte dos pesquisadores ao longo dos anos, dentro do ensino de Ciências e de Física ainda são poucas as produções que abordam esse construto e, quando o fazem, seu entendimento muito está ligado ao senso comum (CARVALHO; STANZANI; PASSOS, 2017). Estudar motivação dentro da educação tem se mostrado pertinente dada sua relação com o aprendizado

¹⁰ Com base na lista organizada por Bergin (1999), Bzuneck (2010, p.23-24) elenca 13 tipos de embelezamentos: manipulação de objetos e movimento físico; conflito cognitivo; introdução de novidades; relação com comestíveis; interação com amigos no grupo; autor explícito, nas narrativas escritas; jogos; escolha de conteúdos atraentes para aquela classe; relacionamento com a vida, animal ou vegetal; fantasia; humor; e apresentação de casos ilustrativos.

(BORUCHOVITCH, 2004; BZUNECK, 2009; GUIMARÃES, 2009; LOURENÇO; DE PAIVA, 2010), porém a realização de pesquisas em áreas específicas do saber ainda configura-se como um caminho a ser trilhado de forma mais consistente (BORUCHOVITCH; BZUNECK, 2010).

Ao buscarmos publicações que fazem referência ao ensino de Física e que, cumulativamente, tenham como foco a motivação do aluno, percebemos um terreno pouco explorado, principalmente quando esse assunto relaciona-se com a avaliação de novos recursos didáticos ou novas perspectivas didático-pedagógicas. Mais comum, no entanto, é nos depararmos com pesquisas que visam avaliações psicométricas, como por exemplo, validar instrumentos como escalas de motivação ou a aplicação dessas escalas na busca por compreender correlações entre diferentes variáveis envolvidas, conforme teoria em que se baseiam.

Na perspectiva mencionada, podemos citar o trabalho de Goya, Bzuneck e Guimarães (2008) onde, baseados nas ideias de Bandura, (1997), buscaram avaliar as crenças da eficácia dos professores de física e a motivação dos seus alunos para aprender. Entre outros resultados, os autores evidenciaram que, de forma geral, os professores têm elevada crença em relação as suas capacidades pessoais, ou seja, avaliam de forma positiva suas capacidades para ser um bom professor de física (senso de eficácia pessoal), porém, apresentaram menor crença em relação à eficácia de ensino, a qual põe em destaque variáveis contextuais que podem afetar seu trabalho, como exemplo, o isolamento, falta de apoio da administração ou dos colegas. Além disso, em seu estudo os autores ratificaram a correlação positiva entre eficácia pessoal e motivação dos alunos, ao passo que a crença de eficácia de ensino se correlaciona de maneira negativa com a motivação discente. Em resumo, os autores enfatizam que, as crenças de eficácia dos professores podem influenciar a motivação dos alunos, porém sozinhas não são suficientes, pois outras exigências, como salientar a relevância dos conteúdos e primar por relacionamentos pessoais positivos de acolhimento e de atenção também devem ser atendidas.

Também podemos destacar o trabalho de Clement et al. (2014), que teve por objetivo apresentar um instrumento para avaliar a motivação de estudantes do ensino médio para realizar atividades na disciplina de Física, tomando por base a teoria da autodeterminação. Segundo os autores, a elaboração e validação dessa escala foram pertinentes, uma vez que observaram lacunas em relação à proposição de escalas de medida de motivação para áreas específicas do conhecimento, em especial, para a Física. Dessa forma, ao longo do trabalho apresentaram a metodologia relacionada à elaboração do

instrumento, os elementos participantes – 708 estudantes oriundos de escolas públicas das cidades de Joinville e Florianópolis –, os procedimentos de coleta e de análise de dados. Como resultado, afirmaram que a escala apresentou-se confiável, configurando-se num importante instrumento a ser utilizado em novas pesquisas que busquem avaliar a motivação do aluno em aulas de Física, bem como em pesquisas que “objetivem propor e avaliar novos recursos didáticos ou novas perspectivas didático-pedagógicas, pois com ela se poderá medir um eventual aumento na motivação dos estudantes, decorrente da utilização destes novos recursos, e/ou novas perspectivas de ensino” (CLEMENT et al., 2014, p. 54).

Em relação à proposição de novos recursos ou novas perspectivas didático-pedagógicas dentro do ensino de Física, cujo propósito era avaliar a motivação dos alunos, podemos destacar a pesquisa de Clement (2013), cujo objetivo pautou-se em investigar possíveis relações entre a implementação de ações de ensino por investigação e a promoção da motivação autônoma de estudantes em aulas de física no ensino médio. Para isso, o autor planejou, elaborou e implementou onze atividades didáticas, baseadas na perspectiva de ensino por investigação, numa turma de terceiro ano do ensino médio durante três bimestres consecutivos. Como uma das principais contribuições teóricas, articulou relações entre o ensino por investigação e a teoria da autodeterminação dentro do contexto escolar, evidenciando quais características atribuídas a essa perspectiva didático-pedagógica poderiam auxiliar no desenvolvimento de regulações motivacionais mais autônomas, ao dar suporte às necessidades psicológicas básicas dos alunos.

Para avaliar se as atividades foram capazes de afetar a qualidade motivacional dos estudantes, Clement valeu-se de diversos instrumentos/recursos, como: escala de medida de motivação; observações diretas, áudio e videogravação de aulas; escala de medida de interesse e suportes à autonomia; material produzido pelos alunos e entrevistas com os estudantes e com o professor, triangulando, assim, dados quantitativos e qualitativos. Segundo o autor, os resultados indicaram um aumento da motivação autônoma dos estudantes mediante a implementação das atividades didáticas de caráter investigativo, evidenciando a possibilidade de se intervir pedagogicamente a fim de aumentar o protagonismo dos estudantes no seu processo de aprendizagem, guiados por uma motivação de maior qualidade (CLEMENT, 2013).

Ao procedermos a uma revisão¹¹ da literatura objetivando levantar pesquisas que tomassem por foco o construto motivação dentro do ensino de Física, também mantivemos a preocupação de analisar se, dentre os trabalhos selecionados, algum abordava o uso da robótica como um recurso didático-pedagógico capaz de afetar a motivação do aluno. A partir das buscas efetuadas, novamente não obtivemos êxito, indicando possível lacuna a ser explorada.

3.3 TEORIA DA AUTODETERMINAÇÃO

A teoria da autodeterminação é uma teoria organísmica, psicológica, com bases empíricas, que procura abordar o comportamento humano e o desenvolvimento da personalidade. Trata-se de uma macroteoria atualmente composta por seis miniteorias que a sustentam. Cada uma delas aborda aspectos diferentes da motivação humana e integração psicológica (RYAN; DECI, 2017), sendo, portanto, bastante ampla e com aplicações em diversas áreas, não só na educacional. Vejamo-las brevemente.

3.3.1 Miniteorias

A primeira miniteoria formulada foi a da avaliação cognitiva (*cognitive evaluation theory*), a qual procura entender que influências fatores como recompensas, avaliações, *feedback*, restrições, estilos de comunicação interpessoal, entre outros, possuem sobre a motivação intrínseca e, conseqüentemente, sobre o desempenho nas atividades e o bem-estar. Entretanto, a suposição não é de que esses eventos produzam motivação intrínseca, mas que tenham potencial para promover ou frustrar esse tipo de motivação, algo que já seria natural ao ser humano.

¹¹ Realizamos uma breve revisão bibliográfica efetuando uma busca do tipo sumário a sumário, considerando o período dos últimos dez anos (2009-2019), consultando os seguintes periódicos: Psicologia: reflexão e crítica; Psicologia: teoria e pesquisa; Psicologia em revista; Psicologia escolar e educacional; Psicologia-USF; Avaliação psicológica: IJP. Dos artigos selecionados para análise (34), nenhum deles encaixou-se no escopo da pesquisa (motivação, ensino de Física, robótica). No periódico Ciências e Cognição, realizamos uma pesquisa utilizando o sistema de busca, a partir dos seguintes descritores (palavras-chave): “robótica”; “robôs”; “motivação”. Não foi localizado nenhum trabalho relacionado ao escopo de interesse de nossa pesquisa. Além desses periódicos, específicos da área da psicologia, também realizamos uma busca em outros relativos à área de ensino de Física: Caderno Brasileiro de Educação (sumário a sumário); Revista Brasileira de Educação (sumário a sumário); Investigações em Ensino de Ciências (Palavras-chave: “robótica”; “Arduíno”; “lego”; “motivação”); Experiências em Ensino de Ciências (sumário a sumário). Novamente não encontramos nenhum trabalho dentro do escopo considerado.

A segunda é a teoria da integração organísmica (*organismic integration theory*) e diz respeito ao desenvolvimento da motivação extrínseca através do processo de integração, ou seja, procura descrever como comportamentos extrinsecamente motivados podem se tornar autônomos através de processos de internalização e integração, conceitos que discutiremos posteriormente.

A terceira é a teoria da orientação da causalidade (*causality orientations theory*) e se preocupa em discutir aspectos da personalidade humana. Essa teoria tem como pressuposto que as diferenças individuais são resultado do desenvolvimento da pessoa interagindo com o meio social ao longo do tempo. Como destaca Ferreira (2010, p. 64), a questão principal dessa teoria seria “[...] identificar os aspectos da personalidade que podem estar envolvidos na regulação de comportamentos e experiências”. Desta forma, postula a existência de três diferentes tipos de orientações gerais de causalidade: orientação para autonomia, orientação controlada e orientação impessoal. Paralelamente, tais orientações se relacionam com os conceitos de motivação autônoma, motivação controlada e desmotivação.

A teoria das necessidades psicológicas básicas (*basic psychological needs theory*) é a quarta miniteoria. Ela trata da dialética pessoa-ambiente e como as necessidades psicológicas de autonomia, competência e pertencimento podem encontrar suporte ou resistência em função do contexto social. Segundo Ferreira (2010), essa teoria tem como objetivo principal identificar quais elementos são fundamentais para sustentar a motivação intrínseca, de tal forma a apoiar a natureza existencial das pessoas.

A quinta miniteoria é denominada teoria do conteúdo das metas (*goal contents theory*) e visa abordar como as metas das pessoas relacionam-se com as necessidades básicas de satisfação e bem-estar. Durante suas vidas, as pessoas traçam uma série de metas que desejam alcançar. Essas, por sua vez, são categorizadas como aspirações intrínsecas e extrínsecas. As aspirações intrínsecas são aquelas que são recompensadoras por si mesmas e se relacionam diretamente com as necessidades psicológicas básicas, como por exemplo, crescimento pessoal, relacionamentos significativos, entre outros. As aspirações extrínsecas são aquelas entendidas como instrumentais, ou seja, têm como objetivo satisfazer outros tipos de necessidades, como ficar rico, adquirir fama (RYAN; DECI, 2017).

Por fim, a mais recente das miniteorias é a teoria da motivação para relacionamentos (*relationship motivation theory*), a qual defende que relacionamentos interpessoais de alta qualidade dependem não somente da habilidade individual de experimentar positividade e respeito, mas também respeito à autonomia. Tal teoria reconhece que a necessidade

psicológica de pertencimento não só alimenta a internalização de práticas sociais, como também pode ser promovida ou prejudicada por elas.

3.3.2 Explorando aspectos da teoria da autodeterminação

Como já mencionado, a teoria da autodeterminação é bastante ampla e não será objetivo discutir todas as miniteorias que a compõe. Discutiremos aspectos gerais, aprofundando pontos diretamente relacionados ao interesse do trabalho. A referida teoria apoia-se no pressuposto de que fatores sociocontextuais podem promover ou dificultar o desenvolvimento dos indivíduos através da satisfação de três necessidades psicológicas básicas: autonomia, competência e pertencimento (DECI; RYAN, 1985; RYAN; DECI, 2017). Dessa forma, investiga criticamente tanto fatores intrínsecos ao desenvolvimento individual, quanto extrínsecos, presentes nos contextos sociais, que podem facilitar a vitalidade, motivação, integração social e o bem-estar ou, em caso contrário, contribuir para a fragmentação, comportamentos antissociais e infelicidade (RYAN; DECI, 2017). Para seus autores, a teoria procura “compreender o que os seres humanos realmente precisam em seus ambientes psicológicos e sociais para estarem plenamente funcionando e prosperarem” (RYAN; DECI, 2017, p. 4, tradução nossa).

Outro pressuposto da teoria é que os seres humanos são curiosos por natureza, propensos ao desenvolvimento saudável, ao engajamento proativo, a assimilação de informações, autorregulação do comportamento e a integração em grupos sociais (BZUNECK; GUIMARÃES, 2010; RYAN; DECI, 2017). Isso significa, que toda pessoa nasce orientada para o exercício ativo de suas capacidades e interesses, procurando desafios ótimos para integrar a sua experiência, principalmente desafios com potencial para desenvolver suas habilidades e capacidades. Trata-se de um processo intrínseco, caracterizado pela tendência a uma organização mais elaborada e extensa (DECI; RYAN, 1990). Além disso, com objetivo de se integrar socialmente, o organismo pode assimilar informações e regular seu comportamento.

Essa tentativa de melhorar a si mesmo e integrar novas experiências sobre o mundo, especialmente o mundo social, constitui-se através de processos de assimilação e regulação, e pode encontrar um meio que forneça suporte ao desenvolvimento saudável do organismo ou deparar-se com um meio resistente, até antagônico, que prejudique esse desenvolvimento. A teoria da autodeterminação preocupa-se com essa dialética pessoa-ambiente, pois, na tentativa de se desenvolver o organismo não apenas se modifica com base nas oportunidades oferecidas

pelo meio, mas também age e se envolve na tentativa de atuar modificando esse meio (DECI; RYAN, 1990).

Em relação à busca por integração social, o ser humano durante seu desenvolvimento anseia por pertencer a um grupo, compartilhando compreensões culturais, valores e crenças. Segundo Deci e Ryan (1990),

A qualidade da presença dos outros (seja real ou imaginada), bem como a qualidade do contexto social mais amplo em que interagimos com os outros, podem ter um efeito importante não apenas em nosso comportamento, mas também em nossos sentimentos sobre nós mesmos e nosso desenvolvimento global. (DECI; RYAN, 1990, p. 245, tradução nossa).

Desde cedo as crianças se esforçam para assimilar e integrar novas experiências a partir dos eventos oferecidos pelo meio em busca de se manterem conectadas e integradas aos seus grupos sociais (RYAN; DECI, 2017). Como veremos mais tarde, essa busca por estabelecer e manter vínculos sociais está associada a uma necessidade psicológica básica.

Outro ponto que merece destaque é que a teoria defende a existência de um *self* (eu) rudimentar desde o nascimento. Trata-se de um conjunto de processos e potenciais inatos, representados por uma série de preferências e interesses que, ao interagirem com o meio vão se desenvolvendo e evoluindo esse *self* em construção. Durante o processo, através das interações propiciadas pelos contextos sociais, alguns valores, crenças ou compreensões culturais vão sendo internalizados e se integram ao *self*. No entanto, pode ocorrer de o indivíduo julgar que alguns desses fatores (valores, crenças, prescrições) não são coerentes ou não estão alinhados ao seu senso de identidade (RYAN; DECI, 2017). Dessa forma, acabam sendo integrados apenas parcialmente ou até desconsiderados.

O processo pelo qual regulações externas, como práticas ou prescrições culturais tornam-se parte do indivíduo é chamado de internalização (BZUNECK; GUIMARÃES, 2010). Trata-se de um processo proativo individual por meio do qual contingências externas são transformadas em regulação por processos internos (DECI et al., 1991). A aceitação plena desses elementos internalizados pelo *self* é denominada de integração. No entanto, existem formas menos otimizadas de integração, tal como a introjeção e a identificação. Entender esses processos faz-se importante uma vez que se relacionam com diferentes tipos de comportamentos.

Regulações externas que são internalizadas integrando-se ao *self* e que por isso os indivíduos têm como suas (valores, crenças, dentre outros) geram comportamentos autodeterminados. Tais ações são compreendidas como oriundas de escolhas autônomas do indivíduo. Por outro lado, regulações externas que não são integradas ou pressões internas (de

origens intrapsíquicas) podem gerar comportamentos entendidos como controlados, provenientes de escolhas que não partiram do indivíduo. Assim, comportamentos considerados não autodeterminados podem ter como fonte tanto controles externos quanto internos. Esses sentimentos de autonomia ou de heteronomia¹² podem afetar a motivação dos indivíduos.

Cabe ressaltar que essa percepção não é fixa. Tome por exemplo o fato de uma pessoa iniciar uma ação em virtude de uma contingência externa (evitar punição) ou por uma pressão de ordem interna (aprovação social, autoestima). Durante a realização dessa ação, a pessoa pode ver ou produzir resultados que valoriza ou que considera importante. Nesse caso, possivelmente passará a entender seu comportamento como relativamente autônomo (RYAN; DECI, 2017), diminuindo a percepção de não ser mais o autor daquela escolha.

Segundo Deci e Ryan (1990), a motivação humana tradicionalmente foi diferenciada entre intrínseca e extrínseca. Quando um comportamento é movido por questões pessoais como interesse, vontade, quando a ação desenvolvida pela pessoa promove sentimento de felicidade, de responsabilidade pelo ato, de liberdade de escolha, o comportamento é dito intrinsecamente motivado. A recompensa está nos sentimentos que surgem na pessoa espontaneamente à medida que realiza a atividade (DECI; RYAN, 1990). Doutro modo, quando o comportamento é movido por qualquer tipo de contingência externa (recompensas ou punições) ou por pressões internas (angústia, vergonha, manutenção da autoestima), ou seja, quando o comportamento é realizado por seu valor instrumental, com resultados separáveis, dizemos que ele foi motivado extrinsecamente.

No entanto, com o decorrer das pesquisas, essa dicotomia intrínseca versus extrínseca se mostrou demasiado reduzida. Apoiados em estudos empíricos e nas ideias de internalização e integração orgânica, os autores da teoria da autodeterminação observaram haver um *continuum* de regulação do comportamento baseado no grau de autodeterminação percebida pelos indivíduos (BZUNECK; GUIMARÃES, 2010; CLEMENT, 2013), o que resultaria em diferentes tipos de motivação para além da intrínseca e extrínseca.

¹² Sentimento de estar sendo controlado ou estar sujeito à vontade de terceiros.

3.3.3 Diferentes tipos de motivação

A teoria da autodeterminação traz um *continuum* de possibilidades de motivação humana, começando pela ausência de motivação, passando por diversos graus de motivação extrínseca até chegar à intrínseca. Os diferentes tipos de motivação são classificados com base nas razões ou objetivos que dão origem aos comportamentos (RYAN; DECI, 2000a). Começamos por um dos extremos desse *continuum*, a **desmotivação**. Uma ação desmotivada não apresenta intenção, representando o que Heider (1958 apud DECI; RYAN, 1985) chamou de *causação impessoal*. Para Ryan e Deci (2000a), a desmotivação resulta de elementos como não valorizar uma atividade, não se sentir competente para fazê-la ou acreditar que suas ações não produzirão o resultado desejado.

Após a desmotivação, níveis de motivação extrínseca são apresentados, associados a diferentes tipos de regulação do comportamento. O primeiro nível é a **regulação externa**. Comportamentos realizados tendo como base influências externas, como buscar recompensas ou fugir de punições caracterizam esse tipo de regulação. Nesse caso, a pessoa compreende que o comportamento dela teve início em virtude de eventos externos e não por vontade ou escolha própria. Trata-se de um comportamento não autodeterminado (DECI et al., 1991). Como exemplo, podemos citar um aluno que faz as atividades propostas em virtude apenas das solicitações do professor ou para evitar punição (reprovação).

Ao realizar o processo de elaboração e validação de uma escala para avaliar os estados motivacionais para aprender física, Clement (2013, 2014) observou que os itens propostos para avaliar a motivação extrínseca por regulação externa separaram-se em dois fatores: **Regras ou Punições (RP) e Recompensas Sociais (RS)**, indicando que os alunos percebiam de forma diferenciada esses motivadores externos. Em outras palavras, a regulação externa quando associada à cumprimento de demandas, como alcançar notas, ir bem em avaliações, evitar ser punido, era vista de forma diferente dos elementos motivacionais, também externos, mas que se relacionavam com valorização ou reconhecimento, como receber elogios do professor, dos pais ou impressionar os colegas (CLEMENT, 2013). Em nosso trabalho adotamos essas duas classificações relacionadas à motivação extrínseca com regulação externa.

Avançando ao segundo nível encontramos a **regulação introjetada**, onde a execução das atividades se dá em razão de pressões ou cobranças internas, ligadas a sentimentos como culpa, vergonha ou para atender instâncias ligadas à autoestima (BZUNECK; GUIMARÃES, 2010). De acordo com Deci et al. (1991), a base da regulação introjetada é aceitar, mas não

entender como sua a regulação. Em outras palavras, a pessoa aceita e realiza determinado comportamento entendendo não ser a origem dele, uma vez que não o faz por verdadeira escolha ou vontade, mas em virtude de pressões ou cobranças internas. É considerado o primeiro nível de internalização. Apesar de as pressões serem internas à pessoa, a introjeção apresenta mais semelhança às regulações por controle externo do que a formas autodeterminadas de regulação, pois envolvem um tipo de coerção e não uma escolha (DECI et al., 1991). Assim, regulações do tipo externa e por introjeção são formas de motivação controlada, sendo a primeira por controles externos e a segunda por processos internos.

A seguir temos a **regulação identificada**, a primeira entre as motivações autônomas. Esse tipo de motivação ocorre quando a pessoa realiza um comportamento por considerá-lo de importância pessoal ou por valorizá-lo. Determinadas prescrições, valores ou compreensões acabam sendo internalizados e integrados ao *self* e a pessoa realiza a ação tomando a regulação como própria. Ou seja, o motivo pelo qual a pessoa realiza as ações já está internalizado ao seu *self* e, por isso, ela identifica aquela ação como importante para si, por ser coerente a seus valores internos (DE SORDI, 2015). Como exemplo, Deci et al. (1991) apontam o caso de um estudante que, de bom grado faz exercícios extras de matemática por considerar importante ter sucesso nessa disciplina. A regulação ainda é considerada externa, pois seu caráter é instrumental, uma vez que o estudante faz visando sucesso em empreendimentos ou objetivos futuros e não porque gosta e se sente feliz fazendo. Entretanto, tal comportamento é relativamente autodeterminado, uma vez que existe sentimento de escolha e não há qualquer coação externa ou psicológica (como sentimento de culpa ou vergonha).

A última regulação associada à motivação extrínseca é a **integrada**. É a mais autodeterminada de todas. Nesse caso o comportamento é assumido como pessoal, a pessoa o faz por vontade própria, com completa autonomia e sem coação. Isso ocorre quando os elementos que foram internalizados são completamente integrados ao *self*. Segundo Deci et al. (1991) esse tipo de regulação aparece principalmente em estágios mais adultos de desenvolvimento. Apesar de esta forma de regulação ser muito próxima da motivação intrínseca, elas são diferentes. Enquanto a **motivação intrínseca** é caracterizada pelo interesse na atividade em si, na regulação integrada, a atividade é vista como pessoalmente importante para alcançar algum resultado relevante, embora em ambos os casos esteja presente a total liberdade de escolha.

Como vimos, comportamentos podem ser considerados controlados ou autônomos. Paralelamente, apresentam-se motivações da forma controlada ou autônoma. Regulações

externa e introjetada estão associadas à motivação controlada, ao passo que as regulações identificadas, integrada e intrínseca constituem tipos de motivação autônoma.

3.3.4 Locus de causalidade

Outro fator importante associado às diferentes qualidades motivacionais é o locus de causalidade, uma construção derivada dos trabalhos de Heider e, posteriormente, abordada por De Charms. Ao discutir a motivação intrínseca, De Charms (1968, apud DECI; RYAN, 1985) ampliou o conceito de locus de causalidade proposto por Heider (1958, apud DECI; RYAN, 1985), sugerindo que os comportamentos intrinsecamente motivados eram provenientes da vontade do homem em experimentar causação pessoal. Para ele, o homem se esforça para ser um agente causal, origem de seu comportamento, de estar no controle.

Um locus de causalidade interno refere-se à experiência pessoal de se sentir fonte e regulador do comportamento. Tome por exemplo uma pessoa que executa atividades por vontade própria, que as faz por verdadeira escolha, seguindo livremente seus interesses. Essa pessoa se perceberá como causa de suas ações, como responsável pelas mudanças que ocorrem no seu contexto (GUIMARÃES; BORUCHOVITCH, 2004). Por outro lado, quando se sentir manipulada por influências externas, perceberá um locus de causalidade externo (RYAN; CONNELL, 1989).

Contudo, o locus de causalidade pode variar quanto à sua percepção (DECI; RYAN, 2000). Isso significa que durante uma atividade a pessoa pode alterar a percepção que possui em relação à origem de suas ações. Por exemplo, uma atividade inicialmente proposta pelo professor pode ser realizada pelo aluno simplesmente para evitar punição; porém, ao fazê-la o estudante acaba percebendo-a como interessante, desafiadora e realiza com gosto (CLEMENT, 2013). Nesse caso, um locus de causalidade inicialmente percebido como externo pode, posteriormente, ser entendido como algo interno. O contrário também pode ocorrer, uma atividade inicialmente tomada como intrinsecamente motivante pode acabar sendo direcionada de maneira a virar instrumental. Além disso, uma mesma atividade pode ser percebida como uma mistura de motivos, tanto internos quanto externos, apresentando simultaneamente diferentes *loci* de causalidade (CLEMENT, 2013).

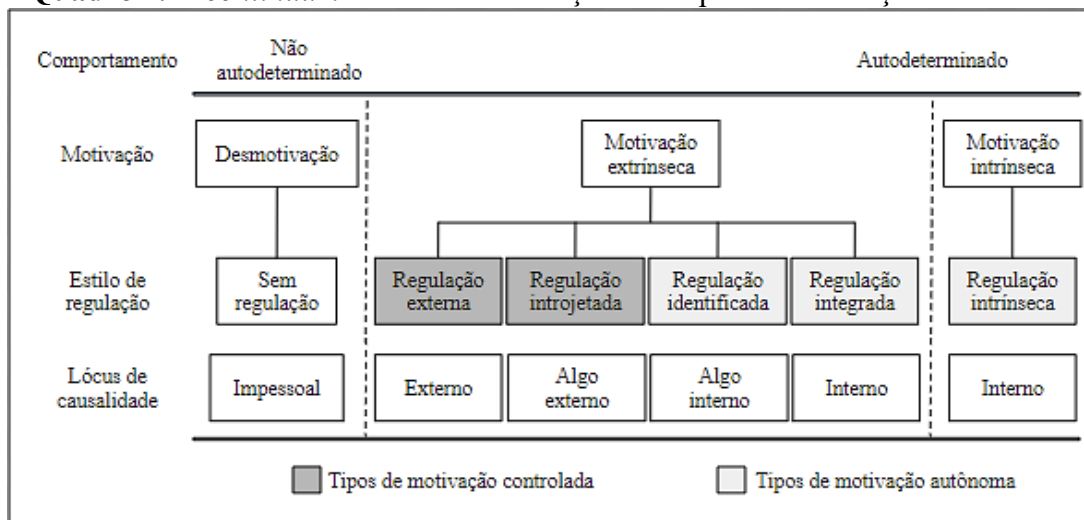
Recursos utilizados por professores como recompensas ou punições, frequentemente são associados a formas de controle. A inserção de recompensas visando tornar uma atividade interessante pode ser entendida como forma de controle ou suborno, prejudicando a promoção ou manutenção de motivações autodeterminadas. Segundo Ryan, Connell e Deci (1985), uma

atividade que anteriormente era intrinsecamente motivante para alguns alunos pode, com a inserção de recompensas, passar a ser apenas instrumental, ocorrendo uma mudança na orientação motivacional pela possível alteração do *locus* de causalidade. Da mesma forma, argumentam que há maneiras de as recompensas serem usadas para manter ou melhorar a qualidade motivacional, por exemplo, quando são associadas a *feedback* que indique competência. No entanto, os autores pressupõem que nesse caso é o *feedback* e não as recompensas que parecem aumentar a motivação intrínseca (RYAN; CONNELL; DECI, 1985). Assim, ressaltam que não são propriamente os eventos que afetam a motivação do indivíduo, mas o significado funcional que cada sujeito atribui a eles.

Em resumo, podemos associar a diferentes motivações, diferentes formas de regulação e *locus* de causalidade. Uma pessoa que faz certa atividade pelo simples medo de ser punida, não a faz por vontade própria. Sua motivação é extrínseca, a regulação de seu comportamento é externa e o *locus* de causalidade é percebido também como externo. Já uma pessoa que faz uma atividade visando ser bem vista pelos outros ou para receber elogios do professor, também não a faz por verdadeira escolha, mas por seu caráter instrumental. Embora não haja pressões externas, internamente existem questões ligadas à sua autoestima. Sua motivação é extrínseca, a regulação de seu comportamento introjetada e o *locus* de causalidade é entendido como algo externo. Exemplos como esses dão uma ideia de como esses conceitos podem estar interligados.

Como forma de resumir as ideias tratadas, no quadro 1 trazemos o *continuum* proposto pelos autores da teoria da autodeterminação.

Quadro 1. O *continuum* da autodeterminação e os tipos de motivação associados.



Fonte: Ryan e Deci (2000b).

Apesar de ser um importante referencial teórico, conforme apontam Bzuneck e Guimarães (2010), os pontos do *continuum* de regulação não devem ser entendidos como uma sequência a ser seguida, isto é, não é necessário que um indivíduo passe rigorosamente pelos diferentes tipos de regulação para ir de um ponto a outro. Os tipos de regulação representam apenas referenciais de análise do nível de internalização obtido numa dada situação (BZUNECK; GUIMARÃES, 2010). Por exemplo, um aluno durante uma atividade pode ir internalizando certos elementos, o que poderá modificar o estilo regulatório do seu comportamento, passando para níveis mais autodeterminados. Ou acontecer uma regressão, o aluno começar a atividade com uma regulação externa por identificação e passar para uma regulação externa (BZUNECK; GUIMARÃES, 2010; RYAN; DECI, 2000b).

No próximo tópico, discutiremos em maiores detalhes algo bastante importante dentro da teoria da autodeterminação, principalmente no que diz respeito à promoção e manutenção de motivações mais autônomas: as necessidades psicológicas básicas.

3.3.5 As necessidades psicológicas básicas

Para a teoria da autodeterminação, todo ser humano busca a satisfação de três necessidades psicológicas básicas: autonomia, competência e pertencimento, realizando atividades que considerem interessantes e nelas permanecendo, principalmente quando vislumbram o desenvolvimento de habilidades, seu bem-estar e integração social. Essas necessidades são entendidas como universais, pois todas as pessoas são, em maior ou menor grau, subjetivamente afetadas por elas (RYAN; DECI, 2017). E são entendidas como básicas, pois se não satisfeitas contribuem para o surgimento de patologias e mal-estar (RYAN; DECI, 2000b). Segundo Ryan e Deci (2000b, 2017), as próprias necessidades variam dentro de uma pessoa ao longo do tempo, assim como variam dentro de contextos e interações sociais diferentes. Isso significa que durante uma atividade, uma pessoa pode sentir que sua necessidade de autonomia foi atendida num instante e, posteriormente, acreditar que não está sendo contemplada de maneira satisfatória, dependendo das interações que estiverem ocorrendo.

Da mesma forma, os autores entendem que, mesmo consideradas universais, indivíduos de culturas diferentes expressam suas necessidades de competência, autonomia e pertencimento de maneira distinta, pois os processos de internalização e integração são influenciados pelos contextos socioculturais no qual a pessoa se desenvolveu (RYAN; DECI, 2000b). Isso significa que contextos que dão suporte às necessidades psicológicas básicas de

uma pessoa não necessariamente darão a outras pessoas. A fim de entender como essas necessidades psicológicas se relacionam com a motivação via processos de internalização e integração, faz-se importante entender um pouco melhor cada uma delas.

Começemos pela necessidade de **autonomia**. Trata-se da necessidade psicológica de experimentar autodeterminação, compreendendo o início e a regulação do comportamento como seus (DECI; RYAN, 1985). Quando uma pessoa segue seus interesses, preferências e vontades, optando por fazer ou deixar de fazer certa atividade, dizemos que seu comportamento é autodeterminado e essa pessoa experimenta um sentimento de autonomia. Para Reeve (2009), três qualidades caracterizam a experiência subjetiva de autonomia: locus de causalidade percebido como interno, volição e escolha percebida.

O locus de causalidade já foi comentado e se relaciona com a compreensão que o indivíduo tem sobre ser ou não a origem de suas ações. A qualidade experiencial da volição está presente na vontade da pessoa em realizar uma atividade, marcado por um sentimento de liberdade. Um comportamento marcado pela volição é realizado porque se mostrou coerente com os interesses, vontades, preferências e necessidades do indivíduo e não por qualquer pressão externa ou interna (REEVE, 2009; BZUNECK; GUIMARÃES, 2010). Por fim, a escolha percebida refere-se à sensação de flexibilidade encontrada na possibilidade de escolher sobre o que fazer, como fazer e até mesmo não fazer (REEVE, 2009; BZUNECK; GUIMARÃES, 2010).

Os proponentes da teoria da autodeterminação reconhecem que não há consenso sobre o conceito de autonomia dentro das pesquisas em psicologia. Entre outras coisas, os críticos questionam se ela realmente seria uma necessidade universal ou apenas um produto da ideologia ocidental, além de alegarem incongruência entre as necessidades de autonomia e pertencimento (RYAN; DECI, 2000b; GUIMARÃES; BORUCHOVITCH, 2004). Ryan e Deci defendem sua posição destacando que inúmeros trabalhos já evidenciaram a autonomia como uma necessidade básica associada à autorregulação e à saúde mental positiva das pessoas (RYAN; DECI, 2000b). Além disso, a mencionada incompatibilidade em relação à necessidade de pertencimento é vista como equivocada. Para eles, autonomia deve ser entendida como um senso de endosso e iniciação em relação ao próprio comportamento e que seu oposto seria a heteronomia e não dependência (DECI; RYAN, 1990). Independência estaria relacionada ao fato de não necessitar dos outros. Por isso, entendem que há clara falta de correspondência entre os conceitos e consideram que os teóricos, ao tentar aproximá-los, introduziram confusão à literatura sobre autonomia, pertencimento e independência (DECI; RYAN, 1990).

Assim, não há razão para controvérsias, pois uma pessoa não precisa se sentir desvinculada de relações interpessoais para experimentar autônoma, ao contrário, uma pessoa que se sinta integrada socialmente e experimentando fortes relações de pertencimento pode se sentir mais segura para fazer escolhas, realizar desafios e seguir suas vontades. Nesse sentido, Guimarães e Boruchovitch (2004, p. 147) sustentam que “a autonomia tem seu pleno desenvolvimento naquelas situações em que crianças e adolescentes podem se sentir vinculados a adultos significativos”.

A próxima necessidade básica é a de **competência**. Ela está relacionada à necessidade que as pessoas têm de se sentirem competentes, de interagirem de maneira eficaz com o seu entorno, melhorando suas capacidades e habilidades, e está presente em diversos contextos de nossas vidas, como no trabalho, na escola, nas relações, nos esportes (REEVE, 2009). Para Reeve (2009), sempre que temos a oportunidade de melhorar nossas habilidades e talentos, de fazermos progresso, sentimos uma felicidade, uma satisfação, expressando de certa forma essa necessidade de se sentir competente.

A necessidade psicológica de competência, particularmente a perspectiva adotada pela teoria da autodeterminação, baseia-se nos trabalhos de White (1959, 1975). White trouxe uma abordagem que diferia da mecanicista, onde os comportamentos eram moldados basicamente em virtude das necessidades fisiológicas (GUIMARÃES; BORUCHOVITCH, 2004). Ele sugeriu que haveria no ser humano uma satisfação inerente em exercer e expandir suas capacidades, denominando de motivação eficaz/competente ou motivação de efetivação, aquilo que energizava comportamentos dessa natureza (DECI; RYAN, 1985).

Nesse sentido, para White, o ser humano ao dominar uma atividade desafiadora experimentaria um aumento de sua competência, o que lhe traria sentimentos positivos (CLEMENT, 2013). A recompensa por comportamentos motivados pela competência estaria nessa sensação de eficácia. No entanto, Deci e Ryan (1985) argumentam que tal sentimento parece resultar apenas quando o indivíduo percebe alguma extensão de suas habilidades ou capacidades. Algumas situações ou contextos podem propiciar um aumento no sentimento de competência e outros podem frustrá-lo. Desafios ótimos, fornecimento de *feedback* informativo e percepção clara de progresso podem facilitar a satisfação desse tipo de necessidade (RYAN; DECI, 2000b; REEVE, 2009). Desafios muito acima ou abaixo da capacidade que a pessoa julga ter e *feedback* controlador ou negativo apresentam potencial para afetar o sentimento de competência e assim diminuir a motivação intrínseca.

Apesar do sentimento de competência ser necessário para intensificar a motivação intrínseca, de acordo com a teoria da autodeterminação, sozinho ele não é suficiente. Deve

estar acompanhado do sentimento de autonomia. Isso significa que a pessoa deve se sentir responsável pelo seu desempenho competente (GUIMARÃES; BORUCHOVITCH, 2004). Ambientes que dão apoio aos sentimentos de autonomia e competência são importantes para a motivação intrínseca, para o bom desenvolvimento psicológico, integração social e bem-estar.

A terceira necessidade psicológica básica, **pertencimento**, relaciona-se com a necessidade que os seres humanos têm em estabelecer e manter, pelo menos, uma quantidade mínima de relações duradouras, positivas e significativas (BAUMEISTER; LEARY, 1995). A satisfação dessa necessidade, em teoria, dependeria de duas condições: a primeira é que as interações devem ser frequentes e afetivamente agradáveis; a segunda é que elas devem ser temporalmente estáveis, duradouras e demandar preocupação afetiva com o bem-estar do outro (BAUMEISTER; LEARY, 1995). Em teoria, a não plenitude de uma dessas condições não contemplaria integralmente essa necessidade.

Embora seja considerada universal, a necessidade de pertencimento pode variar entre as culturas, assim como se esperam diferenças individuais na forma como as pessoas expressam e satisfazem essa necessidade (BAUMEISTER; LEARY, 1995). No entanto, ela encontra-se presente em algum grau em todos os seres humanos. Para além da questão da manutenção de uma boa saúde psicológica e do bem-estar, a necessidade de pertencimento possui relevância para os processos de internalização e integração. Segundo Ryan e Deci (2000b), a principal razão pela qual as pessoas iniciam ações é porque seus comportamentos são estimulados ou valorizados por outros membros que julgam significativos e com os quais se sentem ligados ou querem estar relacionados. Esse fato sugere, segundo tais autores, que a necessidade de pertencimento apresenta grande importância para o processo de internalização. A teoria da integração orgânica propõe que tal processo ocorra com maior frequência naqueles ambientes que apresentam suporte para o sentimento de pertencimento (RYAN; DECI, 2000b). Além disso,

[...] a internalização de atividades extrinsecamente motivadas também é uma função da competência percebida. As pessoas são mais propensas a adotar atividades, que os grupos sociais relevantes valorizam, quando se sentem eficazes em relação a essas atividades. (RYAN; DECI, 2000b p. 73, tradução nossa).

Segundo Guimarães e Boruchovitch (2004), embora importante, no estágio atual em que se encontram os estudos na área, a necessidade de pertencimento é a menos central em relação à motivação intrínseca, pois muitas atividades intrinsecamente motivantes são praticadas de maneira isolada. Dessa forma, essa necessidade seria vista como um pano de fundo que possibilitaria o desenvolvimento saudável. Como sugerem Ryan e Deci (2000b),

relações proximais podem não ser necessárias para a motivação intrínseca, mas uma base relacional segura parece ser importante para que ela se expresse.

3.4 ENGAJAMENTO E MOTIVAÇÃO

Na subseção anterior, discutimos acerca das necessidades psicológicas básicas que, quando satisfeitas, tenderiam a proporcionar motivações mais autodeterminadas, integração social e bem-estar. Nesse sentido, observamos que a teoria nos aponta que alguns contextos suportam ou facilitam a satisfação das necessidades psicológicas, enquanto outros as obstaculizam. Reeve (2009) argumenta que, quando as pessoas estão envolvidas em atividades que oferecem suporte a autonomia, desafios ótimos e interações sociais frequentes, tipicamente experimentam envolvimento.

Ao questionarmos um professor sobre quão motivados estão seus alunos, provavelmente irá nos responder com base nas observações que faz durante suas aulas. Assim, terá maiores chances de dizer que um aluno é ou está motivado se esse apresentar certos comportamentos, como manter a atenção, o foco, fazer perguntas e apresentar dedicação aos estudos. De outra forma, caso o aluno mostre-se apático, desinteressado, não mantenha a atenção, não faça ou responda a perguntas, esse professor tenderá a dizer que o referido aluno não está motivado. Mas há alguma relação entre motivação e engajamento escolar?

Primeiramente, devemos ter em mente que se trata de construtos diferentes. Motivação relaciona-se com os motivos que desencadeiam, direcionam e mantêm uma ação. No caso do contexto escolar, relaciona-se aos processos que visam ativar e manter o comportamento de aprendizagem (PALMER, 2005). Contudo, como já discutido, existem inúmeras razões pelas quais as pessoas fazem o que fazem. Um aluno pode fazer as tarefas porque as achou interessantes, sente-se feliz, ou então, porque se sente pressionado pelas solicitações do professor ou quer manter suas notas. Em outros casos, pode fazer devido a pressões internas, como evitar o sentimento de culpa, vergonha ou por empatia ao professor. Ou então, não perceber qualquer motivo para fazer as atividades.

Por sua vez, o engajamento escolar ou apenas engajamento, refere-se à relação que o estudante estabelece com as atividades escolares e essa relação pode ser influenciada pelo

contexto¹³ (FARIA; VAZ, 2019). Assim, o engajamento reflete o grau com que um estudante está comprometido com a realização de uma atividade e quão ativa é sua participação (FREDRICKS; BLUMENFELD; PARIS, 2004). Dentro da literatura o conceito de engajamento apresenta uma natureza multifacetada, geralmente, podendo ser definido de três maneiras (FREDRICKS; BLUMENFELD; PARIS, 2004):

- (i) **Engajamento comportamental:** baseia-se na participação do aluno, no seu envolvimento em atividades tanto acadêmicas quanto sociais e extracurriculares;
- (ii) **Engajamento emocional:** engloba reações positivas e negativas em relação a professores, colegas de classe, tarefas e a escola como um todo. Presume-se que a criação de vínculos com a instituição influencia a disposição para fazer as atividades; e
- (iii) **Engajamento cognitivo:** baseia-se na ideia de investimento, incorpora a consideração e a vontade para exercer o esforço necessário para a compreensão de ideias complexas e domínio de habilidades mais difíceis.

Apesar de focarem em aspectos diferentes, as dimensões do engajamento não devem ser vistas de forma isolada. Fredricks, Blumenfeld e Paris (2004) sinalizam que, na realidade, elas se inter-relacionam de forma dinâmica dentro do indivíduo, influenciando-se mutuamente. Isso significa, por exemplo, que um aluno dificilmente apresentará bom engajamento comportamental caso se sinta desvinculado em relação ao professor ou a seus colegas de classe. Ao mesmo tempo, por estar descontente, provavelmente irá retirar seus esforços em relação à atividade. Reforçando essa conduta, ficará mais alienado emocionalmente, sem vontade de participar (SKINNER et al., 2008), não se engajando cognitivamente.

Além de se inter-relacionarem, as dimensões também podem variar qualitativamente.

Por exemplo, o envolvimento comportamental pode variar de simplesmente fazer o trabalho e seguir as regras até a participação no conselho estudantil. O envolvimento emocional pode variar do simples gosto à valorização profunda ou identificação com a instituição. O engajamento cognitivo pode variar da simples memorização ao uso de estratégias de aprendizado autorreguladas que promovam profunda compreensão e experiência. (FREDRICKS; BLUMENFELD; PARIS, 2004, p. 61, tradução nossa).

¹³ Faria (2008) destaca que alguns elementos podem influenciar o engajamento dos estudantes, em especial, o engajamento comportamental e cognitivo, como: a relação que o estudante estabelece com seus colegas durante a atividade, o suporte que recebe do professor e a compreensão que tem a respeito dos objetivos da atividade.

Para Reeve¹⁴ (2012), a relação entre motivação e engajamento pode ser entendida da seguinte maneira: motivação é algo particular, um processo psicológico, neural e biológico inobservável, mas que serve de antecedente ao comportamento publicamente observável, que é o engajamento. Entretanto, o mencionado autor aponta que essa relação não pode ser vista de maneira linear, ou seja, que o contexto influencia a motivação que, por sua vez, influencia o engajamento. É preciso pensar numa relação de reciprocidade, pois um aluno engajado também altera o contexto no qual está envolvido e o engajamento também pode afetar a motivação (REEVE, 2012).

Outros trabalhos, como Saeed e Zyngier (2012) e Nayir (2017) também buscaram estabelecer relações entre motivação e engajamento. Em ambos os casos, os autores salientaram que, motivações de maior qualidade geralmente estão associadas a engajamentos de maior qualidade. Além disso, Reeve (2009) aponta que alguns estudos relacionaram engajamento e necessidades psicológicas básicas, como exemplo, Connel (1990), Connel e Wellbon (1991) e Skinner e Belmont (1993), salientando que contextos que oferecem apoio às necessidades de autonomia, competência e pertencimento, tipicamente resultam em maior engajamento.

Dentro de nossa pesquisa, por questões metodológicas, avaliamos apenas a dimensão comportamental. Entendemos que analisar as demais dimensões demandaria tempo considerável uma vez que outros instrumentos estão sendo utilizados. Triangular a análise do comportamento com os autorrelatos (entrevista e escala de motivação) já traz consigo grande número de informação a respeito da qualidade e intensidade motivacional dos estudantes. No capítulo de delineamento metodológico apresentamos maiores detalhes acerca do engajamento comportamental, explicitando os descritores utilizados e o roteiro de observação elaborado para as atividades de robótica.

¹⁴ Pertinente salientar que, para Reeve (2012), embora o modelo de 3 dimensões do engajamento forneça bom entendimento, trata-se de um modelo incompleto, pois caracteriza bem um fluxo de atividades de instrução que vai do professor ao aluno, mas deixa de contemplar as ações do aluno que podem/visam modificar a tarefa proposta pelo professor. Atitudes essas, como fazer perguntas ou sugestões ao professor visando enriquecer o ambiente de aprendizagem. Dessa forma, Reeve sustenta a necessidade de mais uma dimensão, a dimensão de agência, a qual corresponderia a essas contribuições positivas do aluno para com as atividades (SILVEIRA; JUSTI, 2018).

3.5 A ROBÓTICA EDUCACIONAL E A MOTIVAÇÃO DO ALUNO

Ao especificar quais características presentes nos contextos sociais e ambientais favorecem ou dificultam o crescimento, a autorregulação e a integração social, a teoria da autodeterminação acaba por oferecer ferramentas para possíveis intervenções relacionadas à motivação do aluno. Isso significa que, ao levarmos em consideração quais contextos são capazes de dar suporte às diferentes necessidades psicológicas básicas, encontramos também a possibilidade de intervir a esse nível. Ao analisarmos a literatura referente à Robótica Educacional, percebemos que muitos dos potenciais benefícios relacionados ao seu uso vão ao encontro do que sugere a teoria da autodeterminação, no sentido de propiciar contextos com potencial para dar suporte às necessidades psicológicas básicas. O que procuramos nessa seção é sintetizar algumas dessas aproximações.

3.5.1 Potencial suporte às necessidades psicológicas básicas

Como sugere a teoria, a necessidade de **autonomia** pode ser potencialmente satisfeita quando, entre outras coisas, o aluno se sentir responsável por suas ações (locus de causalidade percebido como interno) e quando entender que tem certas liberdades de escolha. Em relação à liberdade de escolha dentro da sala de aula, Stefanou et al. (2004) argumentaram que a experiência de autonomia relaciona-se não com uma, mas com três diferentes tipos, a saber: autonomia organizacional, procedimental e cognitiva.

O apoio à autonomia **organizacional** relaciona-se com a possibilidade de os alunos participarem de questões relativas ao gerenciamento de sala de aula, como o desenvolvimento de regras em forma conjunta, escolha da forma de trabalhar (em grupo ou individual), as formas de avaliação e os prazos para entrega dos trabalhos. O apoio à autonomia **procedimental ou processual**, diz respeito a ações do professor que visam oferecer aos alunos a possibilidade de escolher de que forma irão apresentar suas ideias, competências, expressar seus desejos. Como exemplo, Stefanou et al. (2004) citam a possibilidade de um aluno apresentar suas ideias a respeito de um conceito científico através da criação de um gráfico ou de uma imagem. Por fim, o apoio à autonomia **cognitiva** diz respeito a ações do professor que incentivem a apropriação do aprendizado por parte do aluno, como solicitar que justifiquem ou defendam suas ideias, que construam seus próprios caminhos para a solução de um problema e que avaliem esse processo (STEFANOUE et al., 2004). Para que isso ocorra, é

importante a proximidade do professor com *feedbacks* informativos, o fornecimento de tempo para que os alunos possam tomar decisões e assim, avaliar os possíveis erros no processo.

Embora seja ideal oferecer suporte a todas essas formas de autonomia, Stefanou et al. (2004) apontam que é o apoio a autonomia cognitiva que se relaciona com a promoção de um investimento psicológico mais duradouro por parte do aluno. Dessa forma, sustentam que o suporte às autonomias organizacional e procedimental é importante e necessário, mas não suficiente para que o aluno se engaje profundamente nas atividades. Estaria no suporte à autonomia cognitiva “o elo essencial para aumentar não apenas o envolvimento de curta duração, mas a motivação e o envolvimento duradouros” (STEFANOUE et al., 2004, p. 100-101, tradução nossa).

Em atividades envolvendo Robótica Educacional, a ocorrência dessas ações de suporte aos diferentes tipos de autonomia poderá ocorrer. Certamente que isso depende, dentre outras coisas, da postura do professor frente ao processo, do tempo que dispõe para elaborar e realizar as atividades, de como as atividades foram estruturadas e do conteúdo a ser abordado. De todo modo, ações como possibilitar a escolha dos membros do grupo; a organização do espaço de trabalho; a escolha dos materiais para construção dos modelos a serem prototipados; maior espaço para discutir ideias (entre aluno-aluno e aluno-professor); a tomada de decisões; a avaliação dos erros; o recebimento de *feedback* informativo; e a exploração da criatividade para encontrar a solução de um problema são possíveis de ocorrer, inclusive com maior facilidade em comparação a aulas nos moldes tradicionais.

Quanto à necessidade de **competência**, essa poderá ser percebida caso a atividade proposta ofereça algum grau de desafio para os alunos. Segundo Ryan, Connel e Deci (1985, p. 17, tradução nossa), “qualquer evento que melhore a competência percebida tenderá a aumentar a motivação intrínseca, enquanto aqueles que facilitam a percepção de incompetência diminuirão a motivação intrínseca”. Assim, a superação de desafios é um componente importante a ser considerado, principalmente associado ao *feedback* informativo por parte do professor.

O nível de desafio deve ser adequado às capacidades dos alunos, de forma a não parecer nem pequeno demais, nem impossível de ser realizado. Atividades de robótica podem ser desenvolvidas nesses moldes. Elas poderão começar num nível considerado mais simples e ir para outros cada vez mais complexos. Os grupos, ao cumprirem as etapas anteriores, poderão solicitar ao professor novas atividades que apresentem desafios maiores, de maneira a permanecerem em constante movimento. E o erro, sempre que acontecer, deverá ser encarado

como parte do processo e não como falta de competência, sendo importante o professor ressaltar isso.

Como os grupos acabarão as atividades em momentos diferentes, o professor deve cuidar para que não seja estabelecido um ambiente de competição, mas sim de colaboração, de troca de ideias, tanto entre os componentes dos grupos quanto entre os grupos em si. Ambientes de competição geralmente levam a comparação, fazendo com que alguns alunos que acabaram a atividade depois, julguem-se menos capazes do que os outros, o que pode prejudicar a competência percebida.

Durante as atividades, o professor poderá fornecer regularmente *feedback* informativo para os alunos, procurando evidenciar os progressos obtidos ou fornecer subsídios para correções de rumo. Esse retorno pode ser tanto positivo quanto negativo, o importante é que seja fornecido de maneira informativa, não controladora. Um *feedback* informativo pode contribuir tanto para percepção de competência quanto de autonomia. Contudo, um *feedback*, mesmo que positivo, se dado de forma controladora pode prejudicar essa percepção.

O *feedback* também estabelecerá relação com o nível de desafio enfrentado. Receber *feedback* positivo para uma atividade que não apresente desafio não contribui para melhora motivacional. De outra forma, um *feedback* negativo pode trazer ao aluno percepção de competência, desde que seja fornecido numa atividade que apresente certo grau de exigência e que traga de forma clara quais pontos devem ser melhorados para que o objetivo seja atingido (RYAN; CONNELL; DECI, 1985).

No desafio ideal, o feedback tenderá para uma valência positiva, mas também conterà elementos de risco, falha [...] que são relevantes para a eficácia. Sem estes, não há desafio a ser dominado. Por outro lado, um nível de desafio que seja fácil demais, embora possa ser acompanhado por feedback positivo generalizado, não aumentará o senso de competência, porque a atividade já está bem dominada. O tédio é o resultado provável. Finalmente, em níveis que excedem o desafio ideal, o feedback negativo generalizado enfraquecerá a motivação intrínseca e promoverá sentimentos de incompetência, ansiedade e frustração. (RYAN; CONNELL; DECI, 1985, p. 18, tradução nossa).

Em relação à necessidade de **pertencimento**, essa é mais sensível de ser satisfeita, pois teoricamente depende de alguns fatores, como interações frequentes e agradáveis ou pelo menos livres de conflitos e afetos negativos. Além disso, devem ser duradouras e demandar preocupação afetiva com o bem-estar do outro (BAUMEISTER; LEARY, 1995). Sendo assim, dificilmente sob esses termos, tal necessidade será plenamente atendida pelas interações sociais estabelecidas em sala de aula. No entanto, o trabalho em grupo, cooperativo, que pode se estabelecer em atividades envolvendo a robótica, principalmente

quando os alunos têm a opção de escolher os componentes levando em conta afinidades, poderá trazer alguns benefícios nesse sentido. Por exemplo, os alunos podem se sentir mais seguros para explorar coisas novas, para expor ideias e dúvidas, podem se sentir importantes para o grupo ao realizarem colaborativamente atividades desafiadoras. Além disso, a espírito de cooperação pode propiciar o fortalecimento de vínculos sociais, trazendo experiências positivas ligadas ao processo. Sob esse ponto de vista, sustenta Osterman (2000), faz parte do papel do professor encorajar atividades que fortaleçam o trabalho em equipe, onde todos possam contribuir, para que dessa forma seja incentivado o sentimento de pertencimento através do desenvolvimento de um senso de comunidade¹⁵.

Outro ponto que pode ser considerado relaciona-se com a curiosidade, no potencial fascínio que dispositivos robóticos despertam no ser humano. Enquanto novidade, as atividades podem impulsionar um interesse situacional (HIDI; RENNINGER, 2006), que mais tarde, caso encontre terreno fértil e se relacione com outros interesses do estudante, poderá virar permanente. Além disso, o aluno poderá vir a associar um sentimento positivo à componente curricular Física, mesmo que isso se inicie de forma indireta.

¹⁵ Utilizando as reflexões de McMillan e Chavis (1986), Osterman (2000) aponta que o termo comunidade pode ser encarado de duas maneiras. A primeira refere-se a uma unidade territorial ou geográfica. A segunda é relacional, onde estão envolvidos a qualidade ou o caráter das relações humanas. Nesse sentido, o senso de comunidade diz respeito a um sentimento que os membros têm em pertencer a um grupo, sentindo-se importantes uns para os outros.

4 DELINEAMENTO METODOLÓGICO

No presente capítulo traçamos uma breve caracterização da pesquisa, do contexto e dos sujeitos envolvidos; explanamos acerca das justificativas pela escolha do tema Cinemática, descrevemos as principais características didático-pedagógicas que nortearam a estruturação das atividades, os materiais que foram utilizados, além de detalhar como tais atividades foram implementadas. Por fim, apresentamos os instrumentos/técnicas selecionados para a coleta de dados, os referenciais teóricos que os sustentam e como foram utilizados durante a análise.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

De forma geral, pesquisas que privilegiam uma análise descritivo-interpretativa, que procuram focalizar uma realidade de forma complexa e contextualizada são chamadas de qualitativas. Para Moreira (2011), a expressão pesquisa qualitativa tem sido utilizada para designar diversas estratégias de investigação que compartilham características básicas, dentre elas, “o interesse central da pesquisa na questão dos significados que as pessoas atribuem a eventos e objetos, em suas ações e interações dentro de um contexto social e na elucidação e exposição desses significados pelo pesquisador” (MOREIRA, 2011, p. 47).

Podemos dizer que nossa pesquisa possui características que a aproximam de uma investigação qualitativa, pois fez uso de dados qualitativos como informações provenientes de diálogos e entrevistas, os quais iluminados sob determinada perspectiva teórica nos ajudaram na busca pela compreensão dos eventos. Por outro lado, também tomamos mão de um instrumento característico de pesquisas quantitativas, a escala de motivação, onde os dados são expressos em números que são estatizados, classificados para, posteriormente, passarem por um processo de análise.

Pesquisas quantitativas procuram estudar fenômenos geralmente através de estudos experimentais ou correlacionais, caracterizados, primordialmente, por medições de cunho objetivo e análises quantitativas (MOREIRA, 2011). Com base nessa caracterização, não podemos afirmar que nossa pesquisa terá essa natureza, mas que fará uso de dados quantitativos. Assim, poderíamos dizer que ela apresenta um caráter quali-quantitativo, havendo predominância da primeira parte.

Apesar das possíveis diferenças epistemológicas entre essas abordagens e das críticas quanto sua compatibilidade (SMITH; HESHUSIUS, 1986), compartilhamos a compreensão

de que respeitadas as especificidades tais perspectivas não são mutuamente excludentes, podendo ser utilizadas em conjunto na tentativa de compreender um fenômeno. Segundo Firestone (1987), quando diferentes abordagens enfocam a mesma questão, elas podem triangular, avaliando a robustez e estabilidade dos resultados. De outra forma, caso tragam informações divergentes sobre um mesmo assunto, indicam necessidade de mais estudos e a comparação de estudos pode, frequentemente, sugerir novas linhas de pesquisa (FIRESTONE, 1987).

4.1.1 Contexto e sujeitos

A pesquisa foi realizada em uma escola da rede pública federal, localizada na cidade de Florianópolis, Santa Catarina. Participaram do estudo quatro turmas do primeiro ano do ensino médio, totalizando 97 estudantes. As intervenções ocorreram entre os meses de junho e setembro de 2019, totalizando um trimestre letivo. A escolha por esse estabelecimento de ensino deu-se em virtude de já conhecermos os professores de física e por termos realizado outros trabalhos na instituição, fortalecendo o vínculo desenvolvido. Também pelo fato de ter a sua disposição kits de robótica¹⁶, os quais foram utilizados em algumas das atividades.

A referida escola possui uma excelente infraestrutura, conta com diferentes tipos de laboratórios (química, física, línguas estrangeiras) e um corpo docente formado, preponderantemente, por mestres ou doutores. As turmas onde as atividades foram desenvolvidas são atendidas por um professor efetivo, formado em física, doutorando em Educação Científica e Tecnológica e com considerável experiência na área. Dessa forma, faz-se pertinente salientar que a pesquisa se estabeleceu dentro de um contexto bastante particular, diferente da maioria das escolas públicas.

Quando do início das intervenções, as quatro turmas estavam discutindo o movimento retilíneo uniforme (MRU), pois o professor adotou a prática de iniciar os estudos pela Dinâmica faz alguns anos. Com exceção de uma das turmas, as demais ainda não haviam começado a discutir a parte gráfica, a qual ocorreu de forma concomitante às atividades com robótica. Na referida escola, a carga semanal da componente curricular Física é de três aulas, o que corresponde a aproximadamente 125 minutos. Após planejamento inicial junto ao professor, a carga horária para as atividades ficou assim distribuída: 01 aula permaneceu para

¹⁶ Kits de robótica e kits estruturais (peças de montar) da empresa Atto Educacional.

o professor, que seguiu trabalhando normalmente os conteúdos que estavam programados, as 02 aulas restantes ficaram a cargo do professor pesquisador¹⁷ que assumiu as turmas para desenvolver as atividades didáticas com robótica.

Cabe ressaltar que em todas as aulas o professor esteve presente, acompanhando e auxiliando quando necessário. Apenas nas últimas duas semanas precisou se ausentar e, dessa forma, foi substituído por uma professora de física do colégio que permaneceu acompanhando o restante das aulas. Também estiveram presentes, na maioria das atividades, bolsistas¹⁸ de iniciação à docência (PIBID Física UFSC), os quais contribuíram interagindo com os alunos.

Por certo tempo o mesmo conteúdo foi abordado de forma teórica em sala de aula e de forma prática no laboratório com os kits de robótica. Entretanto, como esperado, com o tempo certo desemparelhamento ocorreu e, ao final, enquanto os alunos realizavam a atividade referente à velocidade escalar média no laboratório, em sala de aula as turmas já discutiam o movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV). Em relação ao MRUV, não foram desenvolvidas atividades práticas em virtude do tempo necessário para sua realização e adequação ao calendário.

Apesar de as quatro turmas somarem 97 alunos, nem todos devolveram os Termos de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE), seus ou de seus responsáveis. Além disso, um aluno argumentou de forma explícita que não gostaria de participar da coleta de dados. Assim, embora todos tenham realizado as atividades, consideramos apenas os estudantes que devolveram ambos os termos de consentimento (do aluno e do responsável). Por esse motivo, nossa amostra ficou reduzida a 78 sujeitos, dos quais 35 do gênero feminino (45%) e 43 do masculino (55%), apresentando idade média de 15,4 anos ($\sigma = 0,72$) ao final das atividades. Por fim, pertinente ressaltar que a presente pesquisa foi autorizada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEPSH) da Universidade Federal de Santa Catarina, sob o Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) número 12547119.3.0000.0121.

¹⁷ Passaremos a denominar o professor pesquisador apenas por pesquisador. O professor responsável pelas turmas será indicado apenas por professor.

¹⁸ Os bolsistas de iniciação à docência que participaram das intervenções passaram, anteriormente, por uma formação para trabalhar com Robótica Educacional.

4.2 AS ATIVIDADES

4.2.1 Escolha e justificativa

Como mencionado, as atividades didáticas utilizando a robótica tiveram como um dos focos trabalhar assuntos relacionados à Cinemática, particularmente, gráficos do movimento retilíneo uniforme e velocidade escalar média. Foram estruturadas de forma a contar com alguns desafios, criar momentos para discussão, devendo ser realizadas em grupos de três a quatro indivíduos, sob a supervisão do professor e do pesquisador.

A escolha em abordar o conteúdo de Cinemática, em especial, a ênfase dada à parte gráfica, deu-se por algumas razões. O primeiro motivo foi avaliar se as atividades com robótica poderiam contribuir para uma melhor aprendizagem em relação a esse assunto, uma vez que a literatura aponta inúmeras dificuldades enfrentadas pelos estudantes ao analisar e interpretar gráficos (McDERMOTT et al., 1987; AGRELLO; GARG, 1999; ARAUJO; VEIT; MOREIRA, 2004; IVANJEK et al., 2016), independente do nível de ensino. A segunda razão diz respeito ao cronograma. O período para o qual planejamos as intervenções coincidiu com o momento em que o professor das turmas iria discutir esse conteúdo. Assim, poderíamos incluir as atividades de forma a não quebrar a sequência planejada.

Em relação às dificuldades, McDermott et al. (1987), por exemplo, citam que um dos grandes problemas na análise gráfica reside no fato de os alunos não conseguirem estabelecer relações entre a representação gráfica e o problema ou fenômeno de referência. Em seus estudos, os autores classificaram os problemas em duas grandes categorias: (1) dificuldades em relacionar gráficos com conceitos físicos e (2) dificuldades em relacionar gráficos com o mundo real. Para cada uma dessas categorias estabeleceram subdivisões, onde problemas mais específicos¹⁹ foram discutidos.

Outros estudos, como os de Beichner (1990, 1994), convergiram para resultados semelhantes. Para o referido autor, tratar o gráfico como uma fotografia do movimento é provavelmente o principal problema dos alunos nos estudos cinemáticos. Outra dificuldade é

¹⁹ A primeira categoria está relacionada às dificuldades em: discriminar entre inclinação e altura; interpretar mudanças na altura e mudanças na inclinação; relacionar um tipo de gráfico a outro; relacionar a narração de um movimento com um gráfico que o descreve; e interpretar a área sob o gráfico. Já a segunda categoria, relacionada à dificuldade em conectar os gráficos com o que representam no mundo real, enquadram-se: as dificuldades em representar movimento contínuo por uma linha contínua; separar a forma de um gráfico à trajetória do movimento; representar velocidade negativa; representar aceleração constante; fazer distinção entre diferentes tipos de gráficos do movimento (McDERMOTT et al., 1987).

confundir o significado da inclinação de uma linha e a altura²⁰ de um ponto numa linha. Por exemplo, ao serem questionados em relação à velocidade de um móvel em dado instante num gráfico de posição por tempo, em vez de trabalharem com a inclinação da reta (MRU) ou com a reta tangente ao ponto considerado (MRUV), tomam apenas a altura do ponto (valor da ordenada) naquele momento.

Beichner (1990) ainda destaca que reforços visuais, como a justaposição de um movimento com a respectiva produção de seu gráfico feita de forma simultânea, não produz grandes diferenças na aprendizagem e as dificuldades permanecem. O importante não seria a visualização do movimento em si, mas a interatividade do aluno com a atividade experimental (BEICHNER, 1990). Sob essa perspectiva a Robótica Educacional apresenta bom potencial ao possibilitar boa interatividade. Além disso, buscamos que os alunos participassem de todas as etapas da construção de um gráfico (programação do carrinho, tomada de dados, construção do respectivo gráfico, descrição e análise do movimento que foi representado graficamente).

Além das pesquisas mencionadas, Ivanjek et al. (2016) investigaram, se problemas matematicamente semelhantes envolvendo análise gráfica, porém aplicados em contextos e domínios diferentes (Matemática, Física e outros contextos), poderiam influenciar as estratégias adotadas por estudantes universitários na resolução das questões, e quais seriam as principais dificuldades em cada um desses domínios. Além de confirmarem diversos dos problemas já apontados anteriormente, como dificuldades em interpretar a inclinação e a área sob um gráfico, Ivanjek et al. (2016) observaram que, no geral, as estratégias selecionadas para a resolução dos problemas eram influenciadas pelo domínio com o qual se relacionavam. Ou seja, o raciocínio do aluno muitas vezes era limitado pelos contextos e convenções das disciplinas em que aquele conhecimento foi adquirido. Observaram, também, que quando contextos eram adicionados, normalmente o grau de dificuldade aumentava em comparação aos problemas puramente matemáticos. Assim, questões envolvendo Física apresentaram maiores taxas de erro, pois necessitavam de interpretação para a sua resolução. Ademais, muitas vezes os alunos optavam simplesmente por utilizar fórmulas físicas, mesmo quando essas eram inadequadas para o caso.

Tais estudos indicam a necessidade de se trabalhar questões gráficas com os alunos, principalmente tendo em vista as dificuldades que eles têm em interpreta-los. O uso de

²⁰ O termo altura aqui se refere ao valor da ordenada.

diferentes recursos, como a robótica, poderia contribuir para a proposição de novos contextos através de situações mais interativas com potencial para gerar discussões e reflexões a respeito das diferentes relações que podem ser estabelecidas via representação gráfica.

4.2.2 Elaboração: características didático-pedagógicas

Ao elaborarmos as atividades didáticas tomamos por base alguns pressupostos construcionistas (PAPERT, 1994), dentre eles:

Relativo ao construcionismo

- Oferecer ao aluno a possibilidade de aprender fazendo, planejando, discutindo, construindo, desconstruindo, avaliando os erros e o processo como um todo;
- oferecer contextos e, principalmente, tempos para que conceitos sejam discutidos, interpretados e, se necessário, ressignificados com base nas experiências vivenciadas; e
- incentivar momentos onde o aluno possa ter autoria no processo, seja programando, desenvolvendo estratégias ou buscando soluções para os problemas.

Além desses elementos, também levamos em conta a importância que Papert dava à linguagem de programação como um possível estruturante do pensamento (BARANAUSKAS et al, 1999). O que isso significa? Ao programar, o aluno pode refletir sobre o que deseja que o carrinho faça, inserir diferentes comandos e os testar. Posteriormente, ao analisar os movimentos que projetou (filmando, coletando dados, tabelando, fazendo gráficos e descrevendo as etapas do movimento), estará sujeito a diferentes formas de representação do fenômeno de interesse, o que pode trazer benefícios a sua aprendizagem ao facilitar o entendimento de questões mais abstratas, como velocidade negativa, por exemplo. Além disso, a interatividade mencionada por Beichner (1990) se faz presente, dando ao aluno mais momentos em que a autoria do processo é sua.

Além das características mencionadas, amparados pela teoria da autodeterminação e pela proposição de Stefanou et al. (2004) no que diz respeito aos diferentes tipos de autonomia, procuramos oferecer contextos onde os alunos tivessem a oportunidade de:

Autonomia	Organizacional	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Escolher os membros de seu grupo; ▪ organizar o espaço de trabalho;
	Procedimental	<ul style="list-style-type: none"> ▪ escolher diferentes funções dentro do grupo durante as atividades; ▪ manipular materiais para a montagem das atividades;
	Cognitiva	<ul style="list-style-type: none"> ▪ justificar suas escolhas, defender ideias, argumentar; ▪ construir diferentes caminhos para a resolução de um problema/desafio;
	Competência	<ul style="list-style-type: none"> ▪ superar desafios ou problemas com ordem crescente de dificuldade; ▪ receber <i>feedback</i> informativo;
	Pertencimento	<ul style="list-style-type: none"> ▪ realizar trabalhos de forma cooperativa; ▪ estabelecer vínculos com seus colegas de classe e com o professor.

Por fim, pensando nas pontuações de Benitti (2012), no tocante ao que poderia potencializar o aproveitamento das atividades com Robótica Educacional, levamos em consideração os seguintes pontos:

- A formação dos grupos foi, sempre que possível, de três a quatro componentes para que todos os integrantes pudessem participar de forma mais ativa e produtiva, envolvendo-se nas diferentes etapas do processo, inclusive com trocas de função (programação, coleta de dados, filmagens, construção dos gráficos);
- as primeiras atividades tiveram por objetivo oferecer aos alunos momentos de exploração do material, visando dar-lhes maior segurança, tanto no manejo dos materiais quanto na programação, fazendo-os se sentirem mais seguros para os desafios que seriam propostos;
- sempre que possível foi fornecido aos grupos ou de forma individual *feedback* informativo e orientações de desempenho. Durante essas ações, buscamos realizar elogios quando apresentavam bom desempenho ou criatividade na resolução dos desafios propostos; evidenciamos os progressos obtidos; apresentamos sugestões quando solicitado; e também fornecemos indicativos do que precisaria ser melhorado ou corrigido sempre que pertinente.

4.2.3 O papel do professor

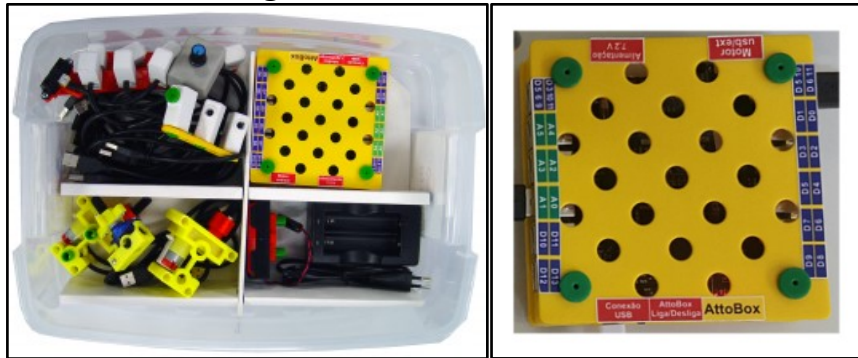
Como mencionado na subseção anterior, as atividades foram estruturadas pensando em atender alguns dos pressupostos construcionistas, fornecendo aos estudantes possibilidade de autoria e um maior protagonismo frente ao processo de aprendizagem. Por si só, tal contexto já demandaria uma postura diferenciada por parte do professor, uma vez que o foco residiria nas ações dos alunos. No entanto, ao tomarmos por base os pressupostos da teoria da autodeterminação, também consideramos a relação entre os contextos sociais e as necessidades psicológicas básicas, uma vez que tal dialética apresenta potencial para afetar a motivação dos indivíduos. Nesse contexto, o estilo motivacional do professor (promotor de autonomia ou controlador) entra em pauta.

Partindo de tais premissas, durante as atividades, além de elaborar e apresentar contextos didáticos/matéticos fornecendo assim potenciais situações de aprendizagem, também buscamos incentivar os diálogos dentro dos grupos e a criatividade na busca de soluções para os desafios propostos. Da mesma forma, propomo-nos a ouvir os estudantes, fornecendo sempre que possível e conforme demanda, orientações visando promover reflexões acerca de suas próprias ações (o que fizeram e que pontos podem melhorar), fomentando, assim, ações cada vez mais autorreguladas.

4.2.4 Materiais e organização geral

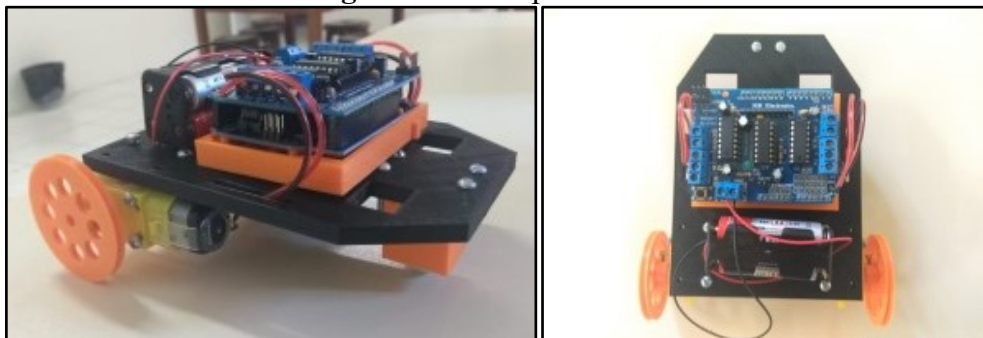
Em relação aos materiais utilizados, esses tiveram como base a placa Arduino. Como as primeiras atividades eram voltadas para a introdução dos elementos e lógica de programação, foram utilizados os kits de robótica presentes na escola, os quais eram da empresa Atto Educacional (Figura 3). Tais kits contavam com diversos sensores²¹ (distância, pressão, magnético, de luz, temperatura, entre outros), atuadores (LEDs, motores, servo motores) e uma placa (a AttoBox) preparada para receber ligações via entrada USB.

²¹ De forma bastante resumida, os sensores são dispositivos que recebem informações do meio (em geral, grandezas físicas como luz, som, temperatura), transmitindo essas informações para a placa em forma de sinal elétrico. Já os atuadores recebem informações da placa em forma de sinal elétrico e atuam sobre o meio, transformando energia elétrica em outras formas de energia (mecânica, eletromagnética, térmica).

Figura 3. Kit Atto Educacional

À direita, placa AttoBox em destaque. Fonte: elaborada pelo autor.

Na sequência das atividades foram utilizados protótipos veiculares²² (Figura 4) (chamaremos de carrinhos), os quais foram planejados e desenvolvidos pelos pesquisadores. O chassi dos carrinhos, as rodas e o suporte para a roda “boba” da frente foram produzidos via impressora 3D. Acoplado ao chassi tínhamos uma placa Arduino, um motor shield L293D (um componente eletrônico que permite que a placa receba até 4 motores) e dois motores de corrente contínua.

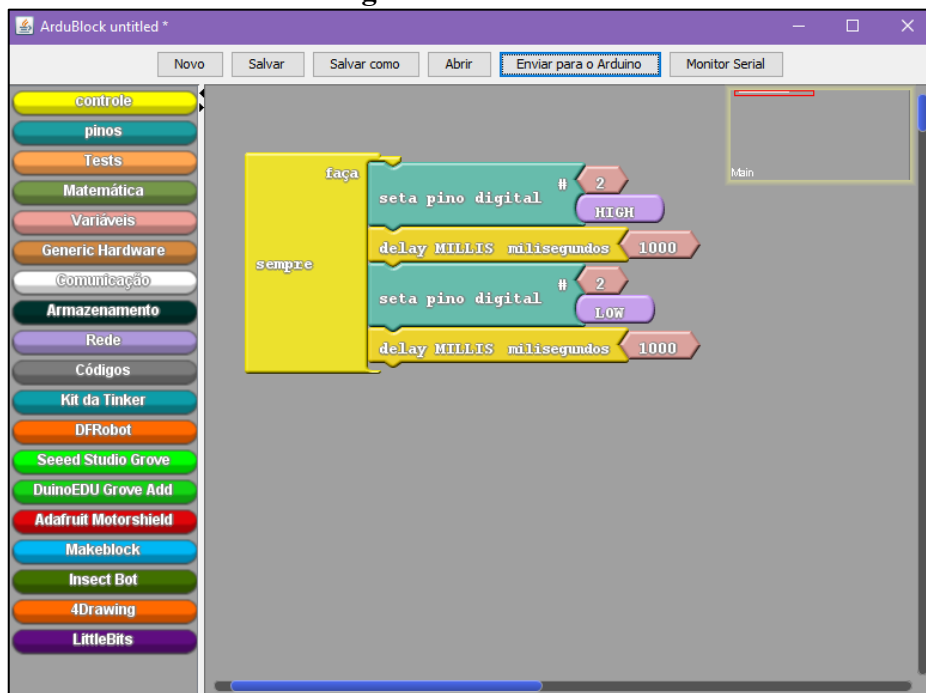
Figura 4. Protótipo veicular.

Fonte: elaborada pelo autor.

Para a programação, tanto na primeira parte (kits da Atto) como para o resto da sequência, utilizamos o Ardublock (Figura 5). O Ardublock é um plugin, ou seja, um programa que se encaixa em outro programa principal para adicionar funções e recursos ao primeiro. Nesse caso, o Ardublock foi utilizado associado ao IDE, que é o ambiente de programação próprio do Arduino, possibilitando que os comandos realizados pelos alunos fossem feitos por meio de blocos que se encaixam.

²² Embora o kit Atto Educacional possibilite a construção de protótipos veiculares (carrinhos), optamos por entregar aos alunos modelos prontos, pois em trabalhos anteriores a etapa de construção demandou tempo considerável. Outro ponto é que, trabalhando com várias turmas simultaneamente, a manutenção dos modelos montados pelos grupos ficaria inviável, uma vez que cada turma desejaria montar os seus.

Figura 5. Ardublock.



Fonte: elaborada pelo autor.

Para fins de organização didático-metodológica, as atividades foram divididas em três fases distintas, as quais serão agora apresentadas:

- **1ª fase – Do conhecimento:** planejada para que os alunos pudessem conhecer e explorar os kits de robótica e, principalmente, o ambiente e a linguagem de programação. Nessa fase foram utilizados os kits Atto Educacional e os alunos realizaram diversas atividades básicas, como: acender e apagar led, construir um semáforo, controlar motores, dentre outras. Algumas dessas tarefas tiveram suas programações previamente oferecidas aos alunos enquanto outras foram em formato de desafio. As atividades dessa fase ocuparam 04 aulas (160 min).
- **2ª fase – Da exploração:** essa etapa teve por objetivos, dentro da robótica, a exploração e a consolidação dos elementos de lógica da programação. Dentro do ensino de Física teve por finalidade abordar construção e interpretação de gráficos. Nessa fase as equipes programaram seus carrinhos para realizar diferentes movimentos, todos em MRU. Coletaram informações, construíram e analisaram os gráficos produzidos, bem como descreveram as diferentes etapas dos movimentos programados. Essa fase utilizou 08 aulas (320 min);
- **3ª fase – Da aplicação:** na terceira e última parte, os alunos utilizaram o carrinho para discutir o conceito de velocidade escalar média. Foi proposto aos alunos elaborar diferentes formas para se obter a velocidade do carrinho, pois a fornecida

via programação não era a velocidade com a qual ele realmente se movia. Assim, cabia aos grupos discutir, planejar e implementar suas ideias, apresentando num relatório os resultados obtidos e o que foi discutido até chegarem às abordagens utilizadas. Quanto ao modelo do relatório, coube a cada grupo estruturar e apresentar da forma que desejasse. Podiam fazer vídeos, *podcasts*, blogs ou entregar impresso, desde que alguns elementos previamente acordados se fizessem presentes, para que a avaliação fosse uniforme. Foram destinadas 04 aulas (160 min) para essa parte.

4.2.5 Descrição das atividades

Dentro dessa subseção procuramos trazer de forma mais detalhada as atividades didáticas oferecidas aos alunos, descrevendo-as dentro de suas respectivas fases de aplicação. As programações padrão trabalhadas com os alunos e outras informações podem ser obtidas no apêndice A. Para fins de organização, as atividades aqui apresentadas receberam uma numeração que indica sua sequência dentro do conjunto, seguida pela numeração da fase de qual faz parte. Assim, por exemplo, a atividade A.3.1 representa a terceira atividade da primeira fase, ao passo que a atividade A.1.2 representa a primeira atividade da segunda fase.

Atividades da 1ª fase

O primeiro conjunto de atividades foi elaborado com o objetivo de apresentar aspectos gerais da placa Arduino, o kit de robótica da Atto Educacional, discutir principais diferenças entre portas analógicas e digitais, abordar o funcionamento de alguns componentes eletrônicos presentes no kit e, principalmente, apresentar aos alunos o ambiente e a linguagem de programação que seriam utilizados. A primeira fase de atividades ocorreu nas dependências do Laboratório Interdisciplinar de Formação de Educadores (LIFE), localizado dentro da própria escola. Como mencionado anteriormente, o tempo destinado para sua realização foi de 04 aulas (aproximadamente 160 min)²³.

²³ As atividades A.1.1 à A.5.1 foram realizadas nas duas primeiras aulas. As atividades A.6.1 à A.8.1 ocuparam as duas seguintes.

Quadro 2. Descrição das atividades da primeira fase.

Atividades		Descrição
A.1.1	Acender um led	Para introduzir a linguagem de programação e iniciar a discussão acerca das portas digitais foi realizada uma atividade que consistia em acender um led. As equipes receberam a programação necessária para a realização da atividade, bastava escolher o led que seria utilizado, conectá-lo à placa através de uma porta adequada e inserir os comandos fornecidos. Concluída a atividade, o pesquisador discutia a lógica da programação fornecida, explorando detalhadamente os blocos de comando utilizados.
A.2.1	Fazer o led piscar	Após a primeira tarefa, os grupos receberam o desafio de fazer um led piscar. Esse momento tinha por objetivo explorar o ambiente de programação e novos elementos de lógica. Na atividade A.1.1 os alunos puderam acender e apagar um led, contudo, programa-lo para piscar demanda definir tempos para cada uma dessas operações e isso não havia sido discutido com os grupos. Assim, foi fornecido tempo para que as equipes explorassem o programa e, com base no que fizeram na primeira atividade, buscassem discutir e cumprir a tarefa. Após término do prazo, o professor perguntou quais equipes haviam obtido êxito e pediu para que explicassem como chegaram ao resultado esperado. Ao final, para que todos pudessem cumprir a tarefa, uma programação padrão foi apresentada e os elementos de lógica discutidos no grande grupo.
A.3.1	Construir um semáforo	Tomando por base as duas primeiras atividades, outro desafio foi lançado: as equipes deviam construir um semáforo. Para isso, cada grupo devia programar três leds diferentes para acender e apagar em determinada sequência. O objetivo desse momento era aprofundar o conhecimento acerca da programação. As equipes tinham um tempo para discutir dentro e entre os grupos, e depois, programar o semáforo de forma adequada. Ao final, uma programação padrão foi apresentada e discutida com o grande grupo.
A.4.1	Acionar um led com sensor de pressão	A quarta atividade consistiu em acionar um led através de um sensor do tipo botão o qual devia ser ligado a uma porta digital configurada como entrada. Cada equipe devia programar o led para acender sempre que o botão fosse pressionado. Como havia novos elementos de lógica, uma programação padrão foi fornecida e discutida dentro do grande grupo. O objetivo desse momento foi introduzir novos componentes eletrônicos, como os sensores.
A.5.1	Acionar um led RGB	A quinta tarefa abordava quase tudo o que os alunos tinham visto até o momento. Eles foram desafiados a programar um led RGB ²⁴ , acionando cada uma de suas diferentes cores (vermelho, verde e azul) de maneira independente, usando para isso sensores de pressão e magnéticos. Assim, por exemplo, ao pressionarem um botão específico, uma cor acendia. Ao pressionarem outro botão ou passarem um ímã próximo ao sensor magnético, outra cor era acionada. Os grupos tiveram tempo e liberdade para realizar suas programações. No fim, uma programação padrão foi discutida.

(continua)

²⁴ Um led RGB consiste na associação de três leds diferentes (vermelho, verde e azul) dentro de um mesmo dispositivo. Suas componentes são controladas individualmente e podem, por processo aditivo, formar diferentes cores.

Quadro 2. Descrição das atividades da primeira fase (continuação).

Atividades		Descrição
A.6.1	Controlar o brilho de um led	Para iniciar as discussões acerca das portas analógicas foi proposta a sexta atividade dessa fase: controlar o brilho de um led através de um potenciômetro (um componente eletrônico que possui resistência ²⁵ elétrica ajustável). O brilho do led devia variar à medida que o potenciômetro fosse sendo regulado. Como envolvia novos elementos de lógica, os grupos receberam uma programação padrão, a qual foi discutida em detalhes.
A.7.1	Programar um sensor de distância	Na sétima atividade os grupos foram apresentados a um sensor de distância do tipo IR Sharp ²⁶ . Para essa tarefa, a programação foi fornecida e discutida. Os alunos programaram os sensores de distância e realizaram testes, colocando diferentes objetos a diferentes distâncias do dispositivo. O objetivo desse momento foi apresentar esse componente eletrônico que, mais tarde, poderia ser utilizado pelos grupos dentro de outra atividade que viria em fase posterior.
A.8.1	Programar um motor	A oitava e última atividade tinha por objetivo apresentar a programação de um motor DC ²⁷ que, mais tarde, viria a movimentar os carrinhos. Inicialmente uma programação padrão foi fornecida aos grupos. Depois, cada equipe podia explorar os motores, realizando diferentes programações, escolhendo velocidades e sentidos de rotação, inserindo as sequências de movimento e as testando. No fim, os alunos ficaram livres para manipular todos os materiais do kit e programar o que desejassem.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Atividades da 2ª fase

As atividades dessa fase foram estruturadas com o objetivo de explorar o conhecimento em programação adquirido pelos alunos, além de introduzir as discussões acerca dos gráficos cinemáticos. Dessa forma, os grupos passaram a utilizar os carrinhos elaborados pelos pesquisadores. As atividades da segunda e terceira fase ocorreram no laboratório de física da escola, pois era necessário um espaço maior. O tempo total destinado foi de 08 aulas (aproximadamente 320 min), embora inicialmente estivesse previsto menor período (05 aulas). Tal fato se deu em virtude de os alunos apresentarem dificuldades durante

²⁵ Resistência é a propriedade que um corpo qualquer tem de se opor a passagem da corrente elétrica.

²⁶ IR Sharp – IR significa que é um sensor que funciona na frequência do infravermelho e Sharp é a sua fabricante. Existem diversos modelos de sensores de distância, por isso foi especificado. O modelo com o qual estávamos trabalhando não apresenta boa precisão nas medidas de distância. Além disso, conforme especificações técnicas, seu alcance fica entre 10 e 80 cm. Isso significa que fora dessa faixa pode retornar valores errados. Esse tipo de sensor é conveniente para atividades onde se faz necessário analisar se existem obstáculos a frente, mas para precisão de medidas mostrou ser não confiável. Porém, como não tínhamos sensor ultrassônico dentro do kit, utilizamos esse modelo para essa atividade específica.

²⁷ Sigla em inglês para corrente contínua (*direct current*).

as etapas de programação e na construção dos gráficos, as quais serão discutidas posteriormente.

Para realizar as atividades da segunda fase cada equipe tinha à disposição um carrinho acionado por dois motores DC; uma pista de EVA com aproximadamente dois metros de comprimento, contendo marcações separadas de 10 em 10 cm; e um tablet no qual estava instalado um aplicativo de análise de vídeo (*Technique*) para que pudessem filmar o movimento. O aplicativo em questão possibilitava reproduzir o vídeo gravado em diferentes velocidades, além de ampliar as cenas capturadas para melhor visualização. Como nenhum aluno conhecia o programa, foram fornecidas explicações breves acerca de seu funcionamento para que todos pudessem desempenhar a atividade sem maiores problemas. No quadro 3 descrevemos as atividades em maiores detalhes.

Quadro 3. Descrição das atividades da segunda fase.

Atividades		Descrição
A.1.2	Velocidade máxima	Os grupos receberam a tarefa de programar diferentes velocidades para os seus carrinhos. Primeiramente, deviam escolher uma velocidade baixa, programar o carrinho para se mover para frente por 4 segundos, filmar o movimento e retornar à bancada de trabalho. Posteriormente, deviam reprogramar o carrinho com a velocidade máxima, fazendo-o andar também para frente por 4 segundos e filmar o movimento. Após essas etapas, os grupos deviam analisar os vídeos, coletar os dados e representar os dois movimentos num mesmo gráfico de posição por tempo para compara-los, indicando qual das retas representava o movimento de maior e de menor velocidade. O objetivo geral dessa atividade era discutir as diferentes inclinações assumidas pela reta, explorando questões como: em qual dos movimentos o coeficiente angular era maior? Em qual era menor? O que isso representa fisicamente?
A.2.2	Idas e voltas	Nessa atividade os grupos deviam programar o carrinho para: (1) andar para frente com a velocidade de sua escolha pelo tempo de 4 segundos; (2) permanecer parado por 3 segundos; (3) mover-se para trás pelo tempo de 3 segundos com velocidade maior que a inserida no primeiro item; e (4) parar. Após inserir as programações os grupos deviam colocar os carros nas pistas, filmar os movimentos, analisar os dados e construir o respectivo gráfico de posição por tempo. Posteriormente, com base no gráfico de posição por tempo que elaboraram, deviam esboçar o gráfico de velocidade por tempo do movimento analisado, indicando em que momentos o carro apresentou movimento progressivo, retrógrado, quais momentos ficou em repouso e qual era o sinal das velocidades em cada caso. O objetivo geral dessa atividade era discutir com os alunos a representação de diferentes tipos de movimento: progressivo, retrógrado, repouso, bem como trabalhar a transposição de informações de um tipo de gráfico ($s \times t$) para outro ($v \times t$).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Atividades da 3ª fase

A terceira e última fase tinha por objetivo discutir o conceito de velocidade escalar média, além de trabalhar outros conceitos que por ventura aparecessem nas discussões, como deslocamento, caminho percorrido. Além disso, também buscamos oportunizar momentos para que os alunos explorassem os diferentes materiais que tinham à disposição, que dialogassem, trocassem informações, buscassem alternativas criativas para cumprir o desafio de obter duas maneiras distintas de calcular a velocidade escalar média do carrinho. Para essa atividade os alunos ficaram livres para usarem diferentes materiais, como: os kits de robótica da Atto, *tablets*, fitas métricas, carrinho, pistas com marcação, dentre outros recursos, como seus próprios celulares.

Quadro 4. Descrição da atividade da terceira fase.

Atividades		Descrição
A.1.3	Com que velocidade eu vou?	Para essa atividade as equipes deviam discutir, planejar e testar diferentes maneiras (estratégias) visando obter a velocidade escalar média do carrinho com o qual estavam trabalhando. Após realizar os testes e calcular as velocidades, deviam descrever num relatório, a ser elaborado pelo grupo, os seguintes pontos de forma resumida: 1) Quais foram as ideias discutidas? 2) Quais ideias foram testadas? 3) Quais resultados obtiveram em cada caso? Foram semelhantes para uma mesma programação dos motores? 4) Quais as principais dificuldades encontradas durante a atividade? Aos alunos foi facultado apresentar o relatório da forma como desejassem (impresso, cartaz, apresentação em <i>slides</i> , <i>blogs</i> ...) desde que os itens acima mencionados estivessem inclusos.

Fonte: Elaborado pelo autor.

No quadro 5 sintetizamos como as diferentes atividades foram distribuídas dentro da sequência de aulas. No quadro 6 procuramos trazer as principais características das atividades didáticas, destacando os objetivos quanto à robótica e ao ensino de Física, as principais características construcionistas associadas e a relação entre os contextos gerados e os potenciais suportes às necessidades psicológicas básicas.

Quadro 5. Distribuição de atividades dentro das fases e respectiva carga horária.

Fase	Atividades	Carga horária
1ª	A.1.1 à A.5.1	01 encontro (02 aulas de 40 min)
	A.6.1 à A.8.1	01 encontro (02 aulas de 40 min)
2ª	A.1.2	02 encontros (04 aulas de 40 min)
	A.2.2	02 encontros (04 aulas de 40 min)
3ª	A.1.3	02 encontros (04 aulas de 40 min)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 6. Principais características das atividades didáticas e dos contextos em que estão inseridas.

Atividades	Objetivos específicos relativos à robótica	Objetivos específicos relativos ao conteúdo físico	Características construcionistas	Potenciais relações com as necessidades psicológicas básicas
1ª Fase	Propiciar, aos estudantes, primeiro contato com os kits de robótica, com o ambiente e a linguagem de programação.	a) Propiciar, aos estudantes, a oportunidade de discutir e refletir acerca de diferentes conceitos e fenômenos físicos conforme desdobramento das atividades.	(I); (III)	(a.1); (a.2); (a.3); (a.4); (a.7); (b.1); (b.2); (c.1);(c.2)
2ª Fase	Propiciar situações para exploração e apropriação sobre a linguagem e lógica de programação.	Espera-se que os estudantes possam: a) Extrair de forma adequada informações a respeito de um movimento, a fim de construir um gráfico que o represente; b) Associar corretamente um movimento à sua representação gráfica; c) Descrever um movimento a partir de sua representação gráfica; d) Relacionar a inclinação da curva representada pelo gráfico $s \times t$ com os diferentes valores assumidos pela grandeza velocidade; e) Relacionar diferentes tipos de gráficos relativos a um mesmo movimento.	(I); (II); (III)	(a.1); (a.2); (a.3); (b.1); (b.2); (c.1);(c.2)

(continua)

Quadro 6. Principais características das atividades didáticas e dos contextos em que estão inseridas (continuação).

Atividades	Objetivos específicos relativos à robótica	Objetivos específicos relativos ao conteúdo físico	Características construcionistas	Potenciais relações com as necessidades psicológicas básicas
3ª Fase	Propiciar momentos para aplicação do conhecimento desenvolvido nas etapas anteriores.	a) Propiciar, aos estudantes, a oportunidade de discutir e refletir acerca de diferentes conceitos e fenômenos físicos conforme desdobramento do planejamento de cada grupo.	(I); (II); (III)	(a.1); (a.2); (a.3); (a.4); (a.5); (a.6); (a.7); (b.1); (b.2); (c.1);(c.2)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda de codificações:

Características construcionistas:

- I. oferecer ao aluno a possibilidade de aprender fazendo, planejando, discutindo, construindo, desconstruindo, avaliando os erros e o processo como um todo;
- II. oferecer contextos e, principalmente, tempos para que conceitos sejam discutidos, interpretados e, se necessário, ressignificados com base nas experiências vivenciadas; e
- III. incentivar momentos onde o aluno possa ter autoria no processo, seja programando, desenvolvendo estratégias ou buscando soluções para os problemas.

Potenciais relações com as necessidades psicológicas básicas:

a) Autonomia:

- Organizacional: possibilidade de (a.1) escolher os membros do grupo;
 (a.2) organizar o espaço de trabalho.
- Procedimental: possibilidade de (a.3) escolher as diferentes funções dentro do grupo;
 (a.4) manipular materiais para montagem das atividades;
 (a.5) estruturar o relatório das atividades.
- Cognitiva: possibilidade de (a.6) justificar suas escolhas, defender suas ideias;
 (a.7) construir diferentes caminhos para a resolução de um problema.

b) Competência:

- Possibilidade de (b.1) cumprir desafios com grau crescente de dificuldade;
 (b.2) receber *feedback* informativo;

c) Pertencimento:

- Possibilidade de (c.1) trabalhar de forma cooperativa.
 (c.2) estabelecer interações positivas, relações de confiança e vínculos sociais.

4.3 OS INSTRUMENTOS

Após apresentar o contexto e as atividades, nesta seção trataremos dos instrumentos que foram utilizados para a obtenção dos dados da pesquisa, bem como as justificativas teóricas que suportaram tais escolhas.

4.3.1 Escala de medida de motivação

Escalas que visam avaliar a motivação são instrumentos comuns nas pesquisas em Psicologia. Ao realizar uma revisão na literatura, Clement (2013) observou a necessidade de elaborar uma escala específica para medição dos estados motivacionais dos estudantes para aprender Física, uma vez que algo similar não foi encontrado. A escala elaborada e validada por Clement, denominada Escala de Motivação: Atividades Didáticas de Física (EMADF) teve como base os pressupostos teóricos da teoria da autodeterminação, contando com itens apropriados para medir qualidades motivacionais distintas, como desmotivação, motivação extrínseca (por regulação externa, introjetada e identificada) e motivação intrínseca. Por questões de ordem teórica, o autor salienta que não foram propostas questões para medir motivação extrínseca por regulação integrada, uma vez que a diferença para a intrínseca é muito pequena e difícil de ser mensurada.

Em relação à estrutura, trata-se de uma escala *Likert* composta por 50 itens, cada um com 5 alternativas de escolha. Aspecto a ser destacado é que a subescala motivação extrínseca foi subdividida em duas categorias: Regulação Externa – RS, a qual está atrelada às recompensas sociais, e a Regulação Externa – RP, relacionada à observância de regras ou fuga de punições. Segundo o autor, a divisão ocorreu, pois os estudantes perceberam de forma diferente esses motivadores externos. Em relação à validade, Clement (2013) sustenta que

[...] os resultados obtidos indicam que a EMADF se mostra confiável para ser utilizada em estudos que visam avaliar a motivação de estudantes em aulas de Física, ou seja, que queiram saber com qual grau de regulação autônoma eles fazem as atividades didáticas nas aulas. (CLEMENT, 2013, p. 149).

Embora seja um instrumento válido para avaliar a motivação dos estudantes, o autor ressalta que a escala não busca mostrar relações causais definitivas, ou seja, ela não permite avaliar se as atividades foram as únicas responsáveis pela mudança na motivação dos estudantes. Assim, argumenta que ela deve ser encarada como um instrumento complementar para a avaliação da motivação. Em nossa pesquisa, utilizamo-la em dois momentos específicos: antes e após o término das atividades didáticas envolvendo robótica. Além disso,

seu emprego não ocorreu de forma isolada, mas em conjunto com outros instrumentos, como entrevistas semiestruturadas e videogravações. A EMADF pode ser consultada no Anexo A.

4.3.2 Entrevistas

Segundo Reeve (2009), uma das formas de se inferir sobre a motivação de alguém é por meio de autorrelatos. Nesse ponto, tanto entrevistas quanto questionários e escalas valem-se como instrumentos de avaliação. Em nosso trabalho, as entrevistas foram gravadas, transcritas e, posteriormente, analisadas. Em relação à sua estrutura, optamos por utilizar entrevistas semiestruturadas as quais seguem um roteiro prévio, porém oferecem liberdade ao pesquisador para se aprofundar nas questões que julgar relevante, conforme avança o diálogo e segundo interesse da pesquisa.

Quanto à amostra entrevistada, buscamos no decorrer das atividades observar alunos que apresentassem diferentes graus de envolvimento, ou seja, alunos com diferentes níveis de engajamento comportamental, uma vez que esse é um potencial descritor em relação à qualidade motivacional (REEVE, 2009). Contudo, diferentes tipos de comportamento frente a um evento também podem estar associados a características particulares do indivíduo (e.g. introvertido, tímido, expansivo, sociável). Para minimizar equívocos de avaliação, conhecer bem os alunos é um ponto a ser considerado. Entretanto, esse foi um limite que encontramos devido ao tempo da pesquisa. Embora cientes, optamos por manter como critério de escolha para a entrevista, alunos que apresentassem diferentes tipos de engajamento comportamental, pois entendemos que a triangulação dos diferentes instrumentos poderia minimizar essa limitação.

Quanto ao número de sujeitos entrevistados, inicialmente, havíamos planejado convidar dois por turma, totalizando 08 indivíduos. Contudo, posteriormente, resolvemos analisar em maiores detalhes uma das turmas. Para essa, o número de entrevistados foi ampliado para 06, distribuídos da seguinte forma (02 alunos com excelente engajamento, 02 com engajamento bom e 02 com fraco engajamento). Quanto às demais turmas, essas seguiram padrão semelhante (01 aluno com excelente engajamento, 01 com engajamento bom e 01 com fraco engajamento). Assim, ao todo convidamos 15 sujeitos para essa etapa. Alguns alunos aceitaram, mas não compareceram ao dia combinado. Outro sinalizou positivamente e posteriormente desistiu, pedindo para ser substituído. Com isso, ao final do processo, acabamos com 13 alunos, os quais ficaram assim distribuídos: 05 alunos da turma L, 02 da

turma M, 03 da turma N e 03 da turma O. Por questões éticas, visando preservar a identidade dos participantes, tanto as turmas quanto os estudantes receberam nomes fictícios.

Em relação à escolha da turma que contaria com maior número de entrevistados, a elegida foi a L, pois foi uma das turmas onde as atividades se desenvolveram no meio da semana. Iniciávamos a semana com a turma N. Porém, durante o trabalho alguns contratempos surgiram como, por exemplo, erro nas configurações de energia dos carrinhos, o que impediu que a atividade se desenvolvesse de forma satisfatória naquele momento. Após erro corrigido, as próximas turmas desenvolveram as atividades normalmente. Assim, a turma N acabou se tornando uma espécie de turma “piloto” em tempo real, onde potenciais problemas eram detectados, analisados e corrigidos. Além disso, constantemente refletíamos sobre o trabalho e aprimorávamos a condução das atividades, explicando de forma mais clara certos passos ou procedimentos. De outro modo, a turma M também não foi escolhida, pois era a última da semana e praticamente nenhuma intercorrência surgiu durante as atividades, pois eventuais problemas iam sendo corrigidos ao longo da semana. Com isso, sobraram as turmas L e O e optamos pela primeira.

Para a elaboração do roteiro, tomamos como inspiração o elaborado por Clement (2013) em sua tese de doutoramento, onde utilizamos ou adaptamos algumas das questões propostas. Além disso, durante a redação e estruturação das questões, procuramos observar alguns dos elementos apontados por Manzini (2004), como: (i) preocupação com a linguagem (vocabulário, clareza, precisão, evitar uso de termos vagos); (ii) a forma das perguntas (tamanho, dificuldade de entendimento, impacto emocional, frases manipulativas); e (iii) a sequência dessas dentro do roteiro (das mais fáceis para as mais difíceis, utilização de blocos temáticos).

Assim, o roteiro estruturou-se a partir de questões que buscavam contemplar diferentes objetivos. Como exemplo, havia itens relacionados à percepção do aluno acerca do seu interesse; outros que visavam avaliar a percepção acerca do conhecimento adquirido; além de questões destinadas a avaliar o suporte às diferentes necessidades psicológicas básicas. Em relação ao momento de aplicação, esse ocorreu após a sequência de atividades. O roteiro de entrevista pode ser consultado no Apêndice B.

4.3.3 Observação

A observação é uma estratégia de coleta de informações bastante comum em pesquisas qualitativas. Segundo Marconi e Lakatos (2003), trata-se de uma técnica que utiliza

os sentidos para a obtenção de determinados aspectos da realidade e consiste em examinar fatos ou fenômenos que se desejam estudar. Ainda segundo tais autoras, essa técnica ajuda o pesquisador a identificar questões relacionadas a objetivos sobre os quais os indivíduos não têm consciência, mas que orientam seu comportamento. Embora traga consigo limitações, como por exemplo, a grande subjetividade atrelada ao processo de obtenção de informações e a necessidade de experiência por parte do pesquisador para julgar o que é relevante ou não, também apresenta vantagens sinalizadas pela literatura, como a possibilidade de coletar dados sobre um conjunto de atitudes comportamentais e permitir a evidência de dados não constantes do roteiro de entrevistas ou questionários (MARCONI; LAKATOS, 2003).

Em nossa pesquisa a técnica de observação foi utilizada durante todas as atividades e teve por finalidade avaliar o envolvimento dos alunos dentro do processo, em cada etapa. Assim, a cada aula o pesquisador avaliava o comportamento e as ações dos estudantes, buscando analisar o grau de comprometimento que cada um apresentava para com a atividade oferecida. Cabe ressaltar que a observação trouxe informações preliminares e serviu como referência para a escolha dos indivíduos que seriam analisados de forma mais criteriosa posteriormente, tanto através da análise das videograções, como nas entrevistas.

4.3.4 Videograções e gravações em áudio

O fato de o pesquisador estar imerso dentro do ambiente e fazer parte do processo pode dificultar a observação e o correspondente registro do que deseja analisar. Dessa forma, faz-se aconselhável encontrar outros meios que deem acesso a ele, em momento posterior, oportunidade para revisitar o campo de pesquisa e proceder a leituras complementares do que foi vivenciado. Ferramentas como gravadores de áudio e filmadoras podem dar um suporte satisfatório. Além disso, atualmente muitos registros podem ser feitos através de aparelhos móveis, como *smartphones*.

Segundo Belei et al. (2008), a utilização desses recursos propicia ao pesquisador olhar novamente para os eventos de interesse de forma mais detalhada, pois quando se observa pela primeira vez são retidos apenas os aspectos mais impressionantes do observado e detalhes podem passar despercebidos. Comportamentos vistos mais de uma vez podem trazer novas compreensões, novos pontos de vista. Para isso, o uso de vídeos é essencial, pois fornece a oportunidade de um exame mais detalhado ao permitir ver quantas vezes forem necessárias a mesma cena (REYNA, 1997). A importância dos registros em vídeo vai além da oportunidade de rever fatos e gestos, permite “sublinhar a imagem, analisar o cenário, com o

ambiente de pesquisa e com o referencial teórico” (BELEI et al., 2008, p. 193). Assim, a utilização desses recursos se justifica.

De acordo com Reeve (2009), a motivação é uma experiência particular, pois para uma mesma situação, sob as mesmas condições, pessoas diferentes podem apresentar escolhas e comportamentos diferentes, motivadas por objetivos distintos, ou então, realizar as mesmas ações com intensidades diferentes ou até não realizar. Nesse sentido, poderíamos ter acesso a apenas o que é observável, manifestável e vigiar essas informações para inferir sobre a motivação de alguém. Logo, uma das formas de se fazer inferência sobre a motivação de alguém, para Reeve (2009), é analisar aspectos como envolvimento, ativações e fisiologia cerebrais e autoinformação (ou autorrelatos). Comportamentos que indiquem mostrar “atenção na tarefa, esforço intenso, latência curta, longa persistência, alta probabilidade de ocorrência, expressão facial ou gestual” (REEVE, 2009, p. 8) evidenciarão a presença de motivo relativamente intenso. Já o oposto poderia evidenciar graus menores ou mais pobres de motivação. Assim, buscamos avaliar a motivação dos estudantes mediante análise dos seus comportamentos durante as atividades, procedendo a uma análise do engajamento comportamental.

Engajamento comportamental

O engajamento comportamental comumente é definido de três maneiras (FREDRICKS; BLUMENFELD; PARIS, 2004). A primeira envolve **conduta positiva**, como seguir regras e aderir às normas da escola, além da ausência de comportamentos disruptivos, como atrapalhar o andamento da aula, desrespeitar professores ou outros colegas. A segunda definição diz respeito ao **envolvimento com tarefas acadêmicas e de aprendizado** e inclui comportamentos como manutenção de esforço, persistência, concentração, atenção, perguntas e contribuição para a discussão em classe. Já a terceira e última definição **envolve participação em atividades relacionadas à escola**, incluindo atividades extraclasse, como participação em conselhos e grêmios estudantis. Em nosso trabalho, atentaremos apenas para as duas primeiras definições: conduta positiva e envolvimento em atividades acadêmicas e de aprendizado, uma vez que as atividades ocorreram em sala de aula ou laboratório.

Cabe ressaltar que, embora haja restrições quanto ao uso de observações ao se analisar a motivação²⁸ (STIPEK, 1998 apud GUIMARÃES; BZUNECK; BORUCHOVITCH, 2010), utilizamo-la de forma complementar aos demais instrumentos já considerados anteriormente (escala de motivação e entrevistas). Além disso, gravar as intervenções em vídeo pode contribuir para a obtenção de informações adicionais com potencial para enriquecer a análise. A fim de explicitar como os vídeos foram utilizados, apresentamos a seguir mais informações acerca do processo.

Sistematização das análises em vídeo

Como mencionado, a análise do engajamento comportamental foi uma das nossas opções metodológicas. No entanto, não basta qualquer olhar, as observações devem ser sistemáticas e padronizadas de forma a alcançar o maior número de objetivos. Embora qualquer observação seja parcial, uma vez que diferentes observadores podem apresentar diferentes olhares sobre um mesmo fenômeno, padronizar o que se procura e estruturar um roteiro de observação ajuda a guiar as ações de pesquisa. Dessa forma, discutiremos em maiores detalhes como a análise do engajamento comportamental foi obtida mediante a utilização das videograções e gravações de áudio, começando pela estruturação do roteiro.

Estruturação de um roteiro de observação

Para facilitar o processo de avaliação do engajamento comportamental, tivemos de buscar na literatura possíveis indicadores a partir dos quais estruturamos um roteiro de observações. Dessa forma, tomamos por base as discussões oriundas da revisão feita por Fredricks, Blumenfeld, Paris (2004) e as pesquisas de Faria (2008) e De Sordi (2015). A partir do trabalho de Fredricks, Blumenfeld e Paris (2004), estabelecemos uma compreensão geral a respeito do construto engajamento. Já as pesquisas de Faria (2008) e De Sordi (2015) contribuíram para orientar de forma mais específica nosso olhar a respeito do como fazer, por isso, abordaremos esses trabalhos em maiores detalhes.

Faria (2008), objetivou analisar o engajamento dos estudantes de ensino médio em atividades investigativas de física, identificando dentro dos contextos quais elementos

²⁸ Por ser bastante subjetiva, essa técnica é passível de distorções e perdas de informações, seja por falta de observação ou por considerar determinada informação irrelevante durante a coleta de dados.

contribuíram e quais inibiram o engajamento dos estudantes nessas atividades. Das três dimensões do engajamento (comportamental, emocional e cognitiva), procurou analisar duas, a comportamental e a cognitiva. Para isso, valeu-se de observação em sala de aula e a observação de registros em áudio e vídeo dos estudantes durante as atividades, buscando triangular essas informações. Para analisar o engajamento comportamental, Faria (2008) considerou, com base na revisão de Fredricks, Blumenfeld e Paris (2004), os seguintes indicadores:

Condutas positivas	<ul style="list-style-type: none"> - Observação e adesão às regras e normas da classe; - Observação e adesão às regras e normas estabelecidas no grupo; - Respeito às opiniões, sugestões e ideias dos colegas.
Envolvimento com a atividade investigativa	<ul style="list-style-type: none"> - Envolvimento na resolução dos problemas; - Esforço, persistência, concentração e atenção na resolução dos problemas; - Contribuição para as discussões do grupo.

Faria (2008) considerou que o estudante estava comportamentalmente engajado na atividade quando apresentava de forma recorrente pelo menos um dos indicadores relacionados à conduta positiva e um dos indicadores relacionados ao envolvimento. Considerando as especificidades de nossa pesquisa, adaptamos esses indicadores apresentando-os na sequência.

Condutas positivas	<ul style="list-style-type: none"> (1) Observação e adesão às regras e normas da classe; (2) Respeito às opiniões, sugestões e ideias dos colegas;
Envolvimento nas atividades	<ul style="list-style-type: none"> (3) Envolvimento durante a atividade; (4) Esforço, persistência, concentração e atenção direcionadas à realização da atividade; (5) Contribuição para as discussões do grupo.

Tomando por base esses indicadores, buscamos detalhá-los de forma a termos clareza a respeito do que procurávamos durante o processo de observação e análise das videografações. Assim, especificamos os indicadores, destacando como foram utilizados dentro do processo. Em relação ao indicador:

- (1) Foi observado se o aluno atentou para as orientações do professor quanto ao bom uso dos dispositivos fornecidos, como: usou o computador ou tablet para

pesquisas, programação e não para acessar redes sociais, jogar, tirar fotos suas ou de colegas;

- (2) foi avaliado se o aluno, ao receber ideias, sugestões ou críticas dos demais colegas, acolheu-as de forma respeitosa, mesmo em caso de não concordância;
- (3) foi observado se o aluno apresentou bom envolvimento de forma recorrente em pelo menos duas das etapas da atividade, como: montagem, programação, filmagem, análise dos dados, construção e interpretação dos gráficos. Essa escolha se faz necessária, pois nem todos os alunos apresentam os mesmos interesses, então alguns preferem programar, outros escolhem filmar ou construir gráficos. No entanto, fazer apenas uma das etapas indica que o aluno permaneceu considerável tempo sem interagir com a atividade;
- (4) foi observada a manutenção do foco do aluno em relação à atividade, sendo considerado como não atendimento a ocorrência frequente de: conversas paralelas, uso irregular de *smartphones* ou ausência prolongada do grupo;
- (5) foi observado se o aluno apresentou sugestões, ideias ou compartilhou informações, contribuindo de forma positiva para as discussões dentro do grupo.

Em relação ao trabalho de De Sordi (2015), tomamos por base seu roteiro de observação, adequando-o as necessidades de nossa pesquisa. A referida autora buscou avaliar a qualidade da motivação e satisfação das necessidades psicológicas básicas e as estratégias de aprendizagem de estudantes do ensino fundamental de uma escola promotora da autonomia do aluno, bem como examinar as relações entre essas variáveis. Como instrumentos, utilizou questionários com perguntas abertas e três escalas (Escala de Avaliação das Estratégias de Aprendizagem para o Ensino Fundamental, Escala de Motivação de Estudantes do Ensino Fundamental e Escala de Satisfação das Necessidades Psicológicas Básicas), além de observações em aula e análise dos roteiros de estudo utilizados pelos alunos.

Quanto à observação, De Sordi (2015) procurou avaliar se a conduta dos estudantes coincidia com o autorrelato expresso nas escalas de motivação. Assim, selecionou quatro estudantes que obtiverem as maiores pontuações em relação à motivação autônoma e 4 estudantes com as menores pontuações e os observou durante as aulas. Para isso, elaborou um roteiro com 25 itens, valendo de 1 a 3 (Nunca, Às vezes e Sempre, respectivamente), onde uma maior pontuação evidenciaria maior motivação. O roteiro continha diversos elementos, inclusive relacionados à adoção de estratégias de aprendizagem, os quais não foram considerados, pois fugiam do escopo da nossa pesquisa. Dentre os itens do roteiro, avaliamos

que alguns se relacionavam com os indicadores de engajamento comportamental, os quais destacamos no quadro 7.

Quadro 7. Relação entre os itens do roteiro e indicadores de engajamento comportamental.

Item	O aluno:	Relação com qual indicador:
1.	Inicia a tarefa voluntariamente, sem o professor mandar.	Envolvimento durante a atividade.
9.	Conversa com colegas assuntos pertinentes ao conteúdo.	Contribuição para as discussões do grupo.
11.	Tem cuidado com o material escolar.	Observação e adesão às regras e normas estabelecidas na classe.
12.	Demonstra desânimo na realização da tarefa.	Envolvimento durante a atividade.
14.	Conversa com colegas assuntos paralelos.	Esforço, persistência, concentração e atenção direcionados à realização da atividade.
15.	Anda pela sala.	Esforço, persistência, concentração e atenção direcionados à realização da atividade.
16.	Distrai-se com outras coisas.	Esforço, persistência, concentração e atenção direcionados à realização da atividade.
18.	Participa das discussões com seu grupo.	Contribuição para as discussões do grupo.
19.	Entra em conflito com os colegas.	Respeito às opiniões, sugestões e ideias dos colegas.
20.	Realiza as atividades sob coação do professor.	Envolvimento durante a atividade.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em De Sordi (2015).

Como seu roteiro utilizou escala com diferentes gradações relacionadas à frequência com que os eventos eram observados (1 - nunca; 2 - às vezes; 3 - sempre), alguns itens tinham valoração invertida, como é o caso de 12, 14, 15, 19 e 20, para que maiores pontuações indicassem níveis mais elevados de motivação autônoma. Tomando por base os trabalhos mencionados e considerando o escopo de nossa pesquisa, elaboramos um roteiro de observação que foi utilizado para a análise das videograções. O roteiro pode ser consultado em maiores detalhes no Apêndice C.

Procedimentos para coleta de informações via roteiro

Alguns itens do roteiro foram preenchidos com base nas observações feitas pelo pesquisador *in loco* durante as atividades. Outros precisaram de consulta ao gravador de áudio que acompanhou o pesquisador durante os trabalhos. Assim, nem todos os elementos do roteiro tinham por fonte exclusiva as videograções. Por exemplo, para avaliarmos se determinado aluno respeitou a opinião dos demais colegas ou se contribuiu durante as

discussões, foi preciso sincronizar todas as informações, pegando dados do vídeo, as observações do pesquisador durante a atividade e os áudios.

Para isso, foi necessário sincronizar as imagens provenientes da videogravação com os áudios capturados pelo gravador, o que foi feito de forma manual utilizando dois reprodutores de mídia de forma independente. Após sincronização, o pesquisador avaliava o material de forma ininterrupta, anotando todos os eventos considerados relevantes. Como exemplo, os momentos em que o aluno utilizava o celular de forma inadequada, quando procurava o professor ou quando estabelecia diálogo com seu grupo, apresentando ideias ou dúvidas. Posteriormente, o pesquisador retornava as gravações e fazia uma segunda rodada a fim de confirmar o que foi anotado. Nesse momento, pausava e retornava os áudios e vídeos quantas vezes fossem necessárias até ter compreensão suficiente a respeito do que tinha ocorrido. Cada sujeito selecionado para essa etapa foi analisado de forma individual durante todas as atividades. Além disso, as interações que teve com seu grupo também foram consideradas. Assim, cada vídeo foi visto inúmeras vezes, pois para uma mesma turma diferentes indivíduos foram avaliados.

Em relação à escolha dos alunos para análise do engajamento, essa se deu através das observações que o pesquisador realizou *in loco* durante as atividades. Alunos que se mostraram interessados, envolvidos, ou então, que se mostraram apáticos, desinteressados, não mantinham o foco na atividade ou perambulavam pelo laboratório, foram selecionados para avaliação mais detalhada. Além dos extremos, alguns alunos que ora se mostravam envolvidos, ora se encontravam dispersos também foram selecionados. Com isso, objetivamos compreender o que levava determinado estudante a se envolver muito, pouco ou não se envolver com as atividades, avaliando, quando possível, os motivos que levavam a esse comportamento.

Posteriormente, convidamos esses estudantes para a entrevista. Assim, triangulamos as informações fornecidas, juntando também os dados oriundos da escala de motivação. Para ilustrar como foram efetuados os registros visando análise do engajamento comportamental, apresentamos um exemplo no apêndice D. Na ficha de observação, tanto as ações relativas ao estudante quanto as interações que teve com seu grupo foram consideradas. Além disso, após descrição geral e do preenchimento do roteiro, era traçada uma síntese a respeito de todos os comportamentos desenvolvidos pelo estudante, resumindo os principais pontos de interesse.

Visando sintetizar todas as informações relacionadas aos instrumentos aqui discutidos, apresentamos no quadro 8 os momentos de aplicação e demais observações pertinentes.

Quadro 8. Instrumentos/ferramentas/técnicas e momentos de aplicação.

Instrumento/ Ferramenta/Técnica	Aplicação	Observações
Observação	Durante a sequência de atividades.	A técnica de observação foi empregada em todas as fases, durante todas as atividades desenvolvidas. Mediante observação, alunos foram selecionados para participarem das entrevistas semiestruturadas. Posteriormente, esses alunos foram avaliados de forma mais criteriosa através das videograções.
Escala de Motivação: Atividades Didáticas de Física (EMADF)	Aplicada em dois momentos: antes e após a sequência de atividades.	Antes de iniciar as atividades, a escala foi utilizada para avaliar de forma preliminar a qualidade motivacional dos alunos em relação às aulas de física. Após as atividades, a escala foi novamente aplicada com o intuito de analisar possíveis alterações na qualidade motivacional.
Entrevista semiestruturada	Aplicada após a sequência de atividades.	Foram entrevistados 13 estudantes, visando obter informações complementares a respeito da qualidade motivacional dos mesmos.
Videograções	Durante a sequência de atividades.	As aulas foram gravadas em vídeo de maneira a registrar as atividades desenvolvidas por todos os grupos. O pesquisador também permaneceu com seu <i>smartphone</i> em modo gravador para captar os diálogos que ocorriam durante as atividades. Tais registros complementaram as observações feitas <i>in loco</i> .

Fonte: Elaborado pelo autor.

5 RESULTADOS

No presente capítulo exploramos os resultados obtidos por meio dos diferentes instrumentos, bem como discutimos aspectos pertinentes às atividades. Primeiramente, abordamos a escala de motivação EMADF, cujos dados referem-se à intensidade e qualidade motivacional dos estudantes em dois momentos distintos, antes e após a aplicação das atividades envolvendo robótica. Na sequência, trazemos a análise qualitativa das entrevistas semiestruturadas, cujas informações prestaram-se a dar uma visão de como os alunos perceberam as atividades e se os contextos gerados foram capazes de suportar as diferentes necessidades psicológicas básicas.

Posteriormente, apresentamos e discutimos os resultados obtidos a partir da análise do engajamento comportamental, os quais foram baseados nas observações feitas *in loco* pelo pesquisador, na análise das videogravações e áudios coletados, buscando realizar algumas triangulações entre esses diferentes instrumentos. Por fim, abordamos as atividades explorando questões como as dificuldades encontradas pelos alunos tanto em relação à robótica quanto à Cinemática, e trazendo nossa percepção a respeito das contribuições da robótica para a aprendizagem dos assuntos que foram tratados.

5.1 DA ESCALA DE MOTIVAÇÃO – EMADF

A escala de motivação foi aplicada em dois momentos distintos: antes e após a aplicação da sequência de atividades. Dos 78 estudantes que entregaram ambos os termos de consentimento, 75 responderam ao teste nos dois momentos e tiveram seus resultados considerados para análise. Deste modo, os testes para verificar a probabilidade de mudança na qualidade da motivação são para amostras dependentes (pareadas) onde cada indivíduo corresponde ao “seu próprio controle”.

Através da EMADF pudemos medir níveis qualitativamente diferentes da motivação dos estudantes para realizarem atividades didáticas em Física. Tais medidas, embora não tenham por objetivo mostrar ou estabelecer qualquer tipo de relação causa-efeito, ofereceram-nos certos parâmetros que, relacionados com as informações provenientes dos demais instrumentos, auxiliaram-nos a refletir sobre o problema de pesquisa. Na tabela 1, trazemos a estatística descritiva relativa ao comportamento das diferentes variáveis (tipos de motivação) nos dois momentos distintos.

Tabela 1 – Resultados obtidos mediante aplicação da EMADF.

Motivação	\bar{x}	σ	M_d
Intrínseca (pré)	2,68	0,91	2,50
Intrínseca (pós)	2,75	0,98	2,75
Identificada (pré)	3,67	0,70	3,64
Identificada (pós)	3,47	0,76	3,55
Introjetada (pré)	2,92	1,17	3,00
Introjetada (pós)	2,68	1,38	2,67
Reg. Ext. RS (pré)	1,75	0,72	1,50
Reg. Ext. RS (pós)	1,71	0,70	1,50
Reg. Ext. RP (pré)	3,14	0,95	3,20
Reg. Ext. RP (pós)	3,11	1,02	3,20
Desmotivação (pré)	1,68	0,68	1,45
Desmotivação (pós)	1,74	0,65	1,64

\bar{x} = média; σ = desvio padrão; M_d = mediana.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Com os dados em mãos²⁹, realizamos os cálculos utilizando o software RStudio versão 1.2.5033 a fim de verificar se os resultados do pré e do pós-teste apresentavam diferenças estatísticas para cada uma das subescalas de motivação. Inicialmente foi necessário avaliar a normalidade da amostra (para a distribuição das respostas em cada uma das variáveis), realizando o teste de Shapiro-Wilk. Para isso, tomamos por base as seguintes hipóteses:

- H_0 – a amostra foi retirada de uma população que possui distribuição normal;
- H_1 – a amostra foi retirada de uma população que não possui distribuição normal.

Para rejeitarmos a hipótese nula (H_0), avaliamos se o valor p (probabilidade associada ao risco de rejeitar erradamente H_0) apresentava-se menor do certo valor de referência (determinado e informado pelo pesquisador a priori), denominado nível de significância (α). Caso o valor p fosse menor do que o nível de significância adotado ($p < \alpha$), H_0 seria rejeitado em favor de H_1 . Valores comuns para α são 0,05 e 0,01 (VIEIRA; 2010). Em nosso trabalho adotamos 0,05, o que indica que aceitamos uma probabilidade de 5% de rejeitarmos equivocadamente a hipótese nula quando essa é verdadeira.

Com base na normalidade (ou não) da amostra, diferentes testes podem ser utilizados para avaliar a diferença entre os resultados do pré e do pós-teste. Assim:

- Quando a distribuição das respostas para cada variável no pré e pós-teste apresentou distribuição normal, utilizamos o teste t de Student para amostras dependentes (ou pareadas);

²⁹ Toda estatística descritiva foi obtida utilizando-se o *software* RStudio versão 1.2.5033.

- quando a distribuição das respostas para a variável não foi normal no pré ou no pós-teste, ou em ambos, o teste dos postos assinalados de Wilcoxon foi o escolhido.

Os resultados do teste de normalidade são apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Teste de normalidade Shapiro-Wilk.

Motivação	W	Valor p	Hipótese	Distribuição	Teste
Intrínseca (pré)	0,95594	0,0107	H ₁	Não normal	Wilcoxon
Intrínseca (pós)	0,97018	0,07373	H ₀	Normal	
Identificada (pré)	0,97244	0,1009	H ₀	Normal	Student
Identificada (pós)	0,9811	0,3255	H ₀	Normal	
Introjetada (pré)	0,9569	0,01215	H ₁	Não normal	Wilcoxon
Introjetada (pós)	0,90042	0,000022	H ₁	Não normal	
Reg. Ext. RS (pré)	0,86181	0,000001	H ₁	Não normal	Wilcoxon
Reg. Ext. RS (pós)	0,87785	0,000003	H ₁	Não normal	
Reg. Ext. RP (pré)	0,98346	0,436	H ₀	Normal	Student
Reg. Ext. RP (pós)	0,97715	0,193	H ₀	Normal	
Desmotivação (pré)	0,87306	0,000002	H ₁	Não normal	Wilcoxon
Desmotivação (pós)	0,90714	0,00004	H ₁	Não normal	

Fonte: Elaborada pelo autor.

Ao realizarmos o teste t de Student e o teste de Wilcoxon, as seguintes hipóteses foram utilizadas:

- H₀ – a diferença entre os resultados (médias para o teste t de Student ou medianas para o teste de Wilcoxon) do pré e do pós-teste não apresentam diferença estatística;
- H₁ – a diferença entre os resultados (médias para o teste t de Student ou medianas para o teste de Wilcoxon) do pré e do pós-teste apresentam diferença estatística.

Embora a análise do valor p possa ser utilizada como referência para rejeitarmos ou não hipótese nula (H₀), nos casos onde se observa diferença estatística entre os resultados, tal valor não traz informações a respeito do tamanho dessa diferença. Para isso, calculamos para cada um dos casos a estimativa do tamanho do efeito (TDE), que “se refere à estimativa da magnitude da relação entre as variáveis, do efeito de uma variável sobre a outra, ou da diferença entre duas amostras” (ROSENTHAL; 1994, apud ESPIRITO-SANTO; DANIEL, 2015). Outro ponto é que um valor p pequeno pode se associar a diferentes TDE. Por exemplo, podemos ter um valor p pequeno e um TDE pequeno, médio ou grande. Geralmente, valores menores que 0,3 indicam um TDE pequeno. O efeito será considerado médio se o valor calculado estiver entre 0,3 e 0,5. Um valor acima de 0,5 é considerado grande (COHEN, 1988). Cabe ressaltar que para cada teste estatístico existe uma ou mais formas de se determinar o TDE.

No caso do uso do teste t de Student, para calcularmos o TDE, utilizamos o d de Cohen (COHEN, 1988), obtido através da expressão fornecida em (1).

$$d = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sigma} \quad (1)$$

Onde \bar{x}_1 e \bar{x}_2 correspondem à média dos valores das variáveis no pré e no pós-teste, e σ , ao desvio padrão da população (aqui determinado pelo software utilizado). No caso do uso do teste de Wilcoxon, utilizamos o coeficiente de correlação r (determinado a partir da estatística Z do teste de Wilcoxon), obtido pela expressão (2):

$$r = \frac{|Z|}{\sqrt{N}} \quad (2)$$

Onde N corresponde ao tamanho da amostra. Os resultados são apresentados na tabela 3.

Tabela 3 – Avaliação da diferença entre os resultados pré e pós-teste e escore do TDE.

Motivação	Teste	Valor p	df	Z	TDE
intrínseca	V = 1095	0,2954		-1,046415	0,1216432
Identificada	t = 2.8622	0,005469	74		0,2668086
Introjetada	V = 1314	0,1142		-1,57967	0,1836329
Reg. Ext. RS	V = 948,5	0,6341		-0,5381935	0,0625637
Reg. Ext. RP	t = 0.59799	0,5517	74		0,0297688
Desmotivação	V = 799	0,07426		-1,785005	0,2075026

df – grau de liberdade.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os dados apresentados nos mostram que apenas para a motivação externa por regulação identificada a hipótese nula pode ser rejeitada ($p < 0,05$), indicando diferença estatística entre o pré e o pós-teste. Contudo, ao analisarmos o tamanho do efeito, percebemos que essa mudança é de pequena magnitude ($d < 0,3$). Para as demais subescalas, o valor de p calculado manteve-se acima do estabelecido como referência ($\alpha = 0,05$) e os valores para o tamanho do efeito se enquadraram na faixa de pequena magnitude. Assim, num primeiro momento, os dados obtidos não apontam diferenças estatísticas na qualidade motivacional dos estudantes.

5.1.1 Discussão dos resultados da EMADF

Ao analisarmos os dados obtidos mediante aplicação da EMADF, percebemos que inicialmente os alunos apresentaram maiores pontuações nas médias para as motivações extrínsecas por regulação identificada ($3,67 \pm 0,70$), introjetada ($2,92 \pm 1,17$) e externa associada a recompensas ou punições (RP) ($3,14 \pm 0,95$). Após a sequência de atividades, observamos redução nas três subescalas citadas: identificada ($3,47 \pm 0,76$), introjetada ($2,68 \pm 1,38$) e externa RP ($3,11 \pm 1,02$). Em relação à motivação intrínseca, essa apresentou pequeno aumento na média, passando de ($2,68 \pm 0,91$) para ($2,75 \pm 0,98$), o mesmo ocorrendo com a desmotivação, que foi de ($1,68 \pm 0,68$) para ($1,74 \pm 0,65$). A média para a regulação externa atrelada a recompensas sociais (RS) apresentou leve queda, indo de ($1,75 \pm 0,72$) para ($1,71 \pm 0,70$).

Embora se tenha percebido pequeno aumento na média da motivação intrínseca (2,61%), indicando que alguns estudantes interessaram-se legitimamente pelas atividades, a redução em maior grau na média da motivação extrínseca por regulação identificada (5,76%), um dos tipos de motivação autônoma, sugere que os alunos podem não ter identificado as atividades como relevantes ou significativas o suficiente. Por sua vez, a queda nas médias das motivações por regulação externa RS (0,96%) e RP (2,28%), pode ser interpretada como uma redução na percepção dos alunos acerca dos controles externos, como cobranças devido a avaliações, solicitações por parte do professor, necessidade de receber elogios ou impressionar os colegas. Tais elementos podem apresentar relação com a dinâmica apresentada durante as atividades, onde mais liberdade foi oferecida. Por fim, o pequeno aumento na desmotivação (3,57%) pode estar relacionado àqueles estudantes que não gostaram das atividades ou que apresentaram dificuldades em programar ou construir gráficos e, com isso, sentiram-se menos capazes de desenvolver as tarefas propostas.

As diferenças entre os resultados dos pré e pós-testes, embora válidas para uma avaliação qualitativa como a estabelecida acima, não se mostraram estatisticamente significativas, com exceção para a motivação extrínseca por regulação integrada. No entanto, o tamanho do efeito dessa mudança foi considerado pequeno ($d < 0,3$). Como mencionado, esses resultados refletem a qualidade e intensidade motivacional dos estudantes para realizar atividades didáticas em Física em dois momentos específicos, porém, não explicitam o processo, ou seja, não permitem uma maior compreensão acerca do que ocorreu entre essas duas medidas.

No entanto, podemos refletir sobre algumas questões. Primeiramente, devemos considerar que as atividades ocuparam cerca de um trimestre letivo. Logo, trata-se de uma sequência relativamente longa e que contou com momentos distintos. Assim, o contato prolongado com os materiais pode ter dessensibilizado alguns estudantes no decorrer do processo. Em segundo lugar, o envolvimento dos estudantes não se mostrou homogêneo ao longo da sequência de atividades. Desta forma, poderíamos nos questionar: Como as atividades afetaram os alunos? Os contextos forneceram ou não suporte às necessidades psicológicas básicas dos estudantes? Como os alunos se engajaram nos diferentes momentos, nas diferentes etapas das atividades? Esse engajamento mudou durante as diferentes fases? Para refletir sobre essas questões, recorreremos aos demais instrumentos.

5.2 DAS ENTREVISTAS

Uma das formas de se inferir sobre a motivação de alguém é tomando por base seu autorrelato (REEVE, 2009), como por exemplo, o uso de escalas e entrevistas. Contudo, para que as entrevistas se constituam fonte de informações é necessário saber o que se procura, que elementos presentes na fala dos alunos podem contribuir para o esclarecimento do fenômeno de interesse. Reeve (2009) argumenta que são as teorias que fornecem a estrutura conceitual, a lente teórica a partir da qual poderemos interpretar os dados que temos a disposição. Sendo assim, tomemos a teoria da autodeterminação como ponto de partida para nossa análise.

De acordo com a teoria da autodeterminação, contextos sociais que ofereçam suporte às diferentes necessidades psicológicas podem contribuir para manutenção e/ou promoção de motivações de melhor qualidade, no caso, mais autodeterminadas. De outra forma, contextos que ofereceram resistência à satisfação dessas necessidades podem levar a comportamentos antissociais, infelicidade e desmotivação (RYAN; DECI, 2017). A partir da fala dos estudantes buscamos analisar se as atividades proporcionaram contextos facilitadores, ou de outro modo, resistentes à satisfação das necessidades de autonomia, competência e pertencimento.

Para além da análise motivacional, as entrevistas nos serviram como fonte para esclarecer outros pontos de interesse. Algumas questões foram estruturadas visando avaliar a atividade de forma geral, uma espécie de *feedback* dos alunos, o que nos possibilitará em caso de aplicações futuras, pensar em correções ou aprimoramentos. À exemplo, perguntamos se as atividades se mostraram interessantes; em quais momentos se sentiram mais envolvidos, quais se sentiram menos; questionamos sobre qual atividade chamou mais a atenção, e como foi a

experiência de ter aulas de física utilizando robótica. Embora cada aluno tenha uma visão particular, as respostas puderam ser agrupadas, formando diferentes categorias que serão exploradas na sequência. Assim, a primeira parte da análise dos autorrelatos visou discutir esses aspectos gerais, enquanto a segunda parte teve por objetivo avaliar se as atividades oferecerem algum suporte às necessidades psicológicas básicas.

Segundo Duarte (2004), podemos estruturar a análise das entrevistas delineando alguns procedimentos que podem ser utilizados para facilitar sua interpretação mediante o referencial teórico escolhido. De acordo com a mencionada autora,

[...] pode-se tomar o conjunto de informações recolhidas junto aos entrevistados e organizá-las, primeiramente, em três ou quatro grandes eixos temáticos, articulados aos objetivos centrais da pesquisa. [...] A partir daí, proceder-se-ia à construção de subeixos temáticos, cada vez mais precisos e específicos em relação ao objeto de pesquisa, em torno dos quais seriam organizadas as falas dos entrevistados recolhidas a partir da fragmentação dos discursos. [...] Ao final, o cruzamento das falas dos entrevistados seria realizado pela articulação dos conteúdos dos diferentes eixos e subeixos temáticos, conduzida pelo pesquisador a partir de seus pressupostos. (DUARTE, 2004, p. 222).

Dessa forma, durante as entrevistas, estruturamos grandes eixos, os quais foram estabelecidos a priori conforme os objetivos da pesquisa. Como exemplo, os eixos interesse pelas atividades; momento de maior ou menor envolvimento; percepção acerca da necessidade de autonomia; dentre outros. A partir desses, novos elementos surgiram, possibilitando a estruturação de categorias emergentes em torno das quais as falas dos entrevistados foram organizadas e debatidas, trazendo novos pontos para reflexão ou esclarecendo questões de interesse.

Duarte (2004) também enfatiza que, algumas vezes, o entrevistado pode falar coisas ou agir da forma que acredita que seja de interesse do pesquisador. Com isso, seria pertinente confrontar os autorrelatos com outros instrumentos, como observações, dados quantitativos ou outras informações consideradas relevantes, de modo a possibilitar uma visão mais ampla sobre o que está sendo investigado. Tais aspectos reafirmam o motivo pelo qual optamos por utilizar diferentes instrumentos visando minimizar questões dessa natureza.

Por fim, por questões éticas, objetivando preservar a identidade dos participantes, escolhemos substituir o nome dos estudantes pela letra E seguida de um número, o qual organiza e identifica o sujeito nos diferentes momentos de fala. Assim, os alunos foram numerados de 1 a 13, sendo identificados, portanto, de E1 a E13. Durante as falas, nomes que por ventura os entrevistados citaram foram substituídos por nomes fictícios. Em relação ao pesquisador, esse foi denominado como entrevistador.

5.2.1 Análise das atividades

Interesse pelas atividades

Perguntamos aos alunos se as atividades foram consideradas interessantes e solicitamos que justificassem suas respostas. Dos 13 entrevistados, 11 responderam que as atividades foram interessantes, porém apresentando motivos distintos. De forma diferente, 02 alunos argumentaram que as atividades foram interessantes apenas em parte, pois gostaram de alguns momentos, de outros não. Dos estudantes que responderam positivamente, um dos aspectos mais valorizados foi a **possibilidade de autoria**. Os alunos argumentaram que as atividades oportunizaram momentos ativos dentro do processo de aprendizagem, momentos de controle sobre o como fazer. Na sequência apresentamos alguns trechos ilustrativos.

E1: Pra mim foi interessante, porque eu não tinha nenhum contato com robótica e essas coisas. E eu gosto, assim, acho bem interessante. E na sala o professor passava, por exemplo, um problema envolvendo um carro em movimento e, *ali na robótica, a gente podia programar o movimento e ver todas as etapas, participar de todo o processo. Tipo, daí dá uma satisfação, sabe, ver o que tu fez e analisar.*

E2: Sim, foi bem interessante, porque foi além de um quadro, de uma caneta e um professor explicando lá na frente. *A gente podia colocar a mão na massa, pode tomar controle da aula e fazer. Experimentar coisas.* Então, tipo, foi novo e foi bom.

E4: As atividades de robótica foram bem interessantes, porque eu acho que a gente nunca tinha trabalhado com programação no colégio e *dá, tipo, uma emoção assim, ver o carrinho andando e que foi a gente que fez andar, sabe.* E era bem mais divertido trabalhar com física desse jeito do que na sala de aula.

E13: Acho que foram, porque foi o primeiro contato que a gente teve com robótica, né. E Física é uma coisa nova pra gente que tá entrando no primeiro ano agora e acho que foi bem legal introduzir a robótica, sabe. *Foi bastante interessante,* foi uma coisa que fugiu da rotina. Ficar sempre na sala de aula, com o professor passando matéria, essas coisas. *E a gente botou a mão na massa e fez.*

Empregar o computador com autoria resolvendo problemas, elaborando projetos ou fazendo uso de linguagem de programação é um dos elementos defendidos pelo construcionismo (PAPERT, 1994; VALENTE, 1998). Embora autoria e autonomia sejam coisas distintas, entendemos que se perceber como autor, como alguém capaz de escolher sobre o como fazer, pode contribuir para a satisfação da necessidade de autonomia ao facilitar a percepção de liberdade de escolha. Além do destaque à autoria, outro elemento presente nas falas é o **interesse pela novidade**. As atividades foram julgadas interessantes, pois foi algo que os fez sair da rotina das salas de aula, possibilitando-os a fazer coisas novas as quais não estavam acostumados.

E4: Sim, porque eu gostei de robótica desde o primeiro dia, desde o dia em que a gente começou a mexer com o led eu achei interessante. *E como cada aula ia trazendo material novo*, primeiro trouxe o sensor, depois trouxe o carrinho, *ia mudando, não era sempre a mesma coisa. Ai a gente sempre queria descobrir como programar aquilo, como fazer o carrinho andar, andar de um jeito diferente. E eu acho que isso motiva, porque não eram sempre as mesmas coisas, eram coisas novas, toda aula era uma coisa nova.* Então a gente queria saber como fazer, porque era um negócio legal.

Palmer (2005) discutiu sobre o “efeito novidade” nas intervenções em sala de aula argumentando que a introdução de novos elementos ou estilos de ensino podem motivar os estudantes “simplesmente em virtude de serem incomuns” (PALMER, 2005, p. 16). Atividades envolvendo robótica muitas vezes são adjetivadas como motivadoras e interessantes, porém, o efeito novidade pode estar inserido dentro dessa avaliação em muitos dos casos. Uma das nossas preocupações foi desenvolver uma sequência de atividades que ocupasse um período mais extenso, buscando relativizar parte desse efeito.

De forma diferente, outra parcela dos alunos justificou que as atividades foram interessantes, pois permitiu **melhorar o entendimento** acerca do conteúdo. Perceber progresso, a ampliação de conhecimentos, de habilidades ou talentos são elementos que se relacionam com a necessidade de se sentir competente, algo que abordaremos mais a frente em nossa análise.

E7: Foram bem interessantes pra falar a verdade, porque *quando eu percebi que as atividades de robótica estavam explicando como funcionavam os gráficos e tudo mais, o meu entendimento sobre aquele conteúdo em si melhorou bastante.* [...] Porque, fazer o gráfico era algo que eu achei bem legal, *melhorou muito meu entendimento, consigo perceber isso.* E é mais ou menos por aí, *eu acho interessante por que realmente me ajudou.*

E12: Foram. Pra mim foi uma experiência bem somatória, porque eu já tinha interesse em Física e *me facilitou muito realizar os gráficos. Eu tinha muita dificuldade com a análise de gráficos e na hora de montar e isso me facilitou o entendimento.*

Em relação aos estudantes que acharam as atividades interessantes apenas em parte, uma das alunas ofereceu como justificativa a **falta de participação de seu grupo**. Salientou que nas primeiras atividades sua equipe estava bem envolvida, mas com o passar do tempo foram desengajando. Segundo a aluna (E10), esse foi um dos fatores preponderantes para o aumento do seu desinteresse.

E10: Eu gostei de algumas e de outras eu já não gostei muito.

Entrevistador: Quais as que você gostou? E quais as que não gostou?

E10: A primeira de fazer aquele semáforo, eu achei bem interessante e... Na verdade, eu gostei, assim. O mais difícil pra mim foi programar e também, *às vezes, o meu grupo não tava muito ali e daí ficava meio complicado. Por isso que, às vezes, se tornava meio desinteressante por causa disso.*

Em outro trecho, ao ser questionada sobre qual atividade chamou mais a atenção, essa posição é reforçada.

E10: Então, o primeiro grupo (fase), a primeira atividade que a gente fez foi tranquila, *porque tava todo mundo bem animado e todo mundo se envolveu na atividade, então foi tranquilo. Já esse último foi mais complicado. Parecia que o pessoal estava cansado e que não queria fazer e daí estavam conversando demais.* Daí eu falava: “Vamos fazer”! Daí eles não me escutavam *e ficavam mexendo no celular.* Aí foi um pouco mais complicado também. *Eu tive que fazer também uns gráficos sozinha.* Então foi isso.

Pelo relato da estudante, podemos avaliar que a falta de interações positivas com seu grupo parece ter favorecido a queda de seu engajamento de forma geral, contribuindo para aumentar seu desinteresse conforme as atividades avançavam. Como discutiremos posteriormente, o estabelecimento de relações interpessoais positivas constitui-se como um dos elementos relacionados ao suporte da necessidade psicológica de pertencimento. E, dentro do contexto escolar essa necessidade não pode ser ignorada, uma vez que apresenta potencial para afetar a aprendizagem dos estudantes (CLEMENT *et al*, 2016).

Etapas de maior e menor envolvimento

Questionamos, também, qual etapa dentro das atividades os deixou mais envolvidos. Tal pergunta tinha por objetivo inicial avaliar os diferentes interesses dos alunos. Durante a realização das atividades, percebemos que alguns gostavam mais de programar, outros preferiam discutir estratégias, analisar os vídeos, filmar o movimento do carrinho ou construir os gráficos. Como cada etapa envolvia habilidades e conhecimentos diferentes, solicitamos aos alunos que buscassem, pelo menos uma vez, revezar as funções dentro dos grupos. Entretanto, as observações *in loco* e a análise dos vídeos nos mostraram que poucos alunos trocaram de função ao longo das atividades. Assim, buscavam desempenhar quase sempre aquilo que mais lhes interessavam ou o que era solicitado pelo grupo. A seguir, destacamos algumas falas que representam as diferentes perspectivas dos alunos.

Entrevistador: Em quais momentos você se sentiu mais envolvido? Na programação, na discussão em grupo, na análise dos vídeos, na construção dos gráficos...?

E2: *Na programação, porque podia ser feito pela gente mesmo.* Então, se sentia mais no controle do que estava acontecendo.

E6: Bom, eu não programei tanto, programei uma ou duas vezes. *Mas eu me envolvi mais com o andamento do carrinho, com o desenvolvimento dele, ao fazer os gráficos, ao pensar em como que ele andou, nas medidas, refletir sobre essas coisas e como que o gráfico funciona, né.* Em qual parte que eu ponho em qual lugar, como é que faz o gráfico. *Na filmagem também, pra ver quanto que ele andou em determinado tempo. Acho que mais no movimento do carrinho e não tanto em programar.* Em pensar como que ele vai andar.

E7: *Acredito que na construção dos gráficos, na análise dos vídeos e nas discussões em grupo.* A programação eu não consegui entender muito bem, por isso

eu deixava mais por conta do meu grupo. *Mas na discussão em grupo, eu tava sempre ali em cima para ver, tipo, o que que precisava.* [...] Então, eu tava toda hora ali em cima porque eu realmente tinha interesse, tive interesse por aquele conteúdo. Eu achei muito bacana a forma como foi implementado e tudo mais. Então, eu acho que isso ajudou a me envolver bastante no que foi proposto.

E13: *Eu gostei de fazer os gráficos, os diferentes tipos de gráfico, sabe. E de programar.*

Do total de entrevistados, 06 estudantes afirmaram ter se envolvido mais na parte da programação, mesmo número indicou a construção de gráficos. Conforme havíamos pontuado, inicialmente o objetivo da pergunta era avaliar qual das etapas interessou mais o aluno, contudo, percebemos que o “estar mais envolvido” não estabelecia necessariamente relação direta com o interesse, embora isso tenha ocorrido na maioria dos casos. Alguns alunos que relataram ter se envolvido mais numa etapa específica, não o fizeram por escolha, mas por razões externas a sua vontade, como foi o caso de E8.

E8: *Acho que no meu caso, na construção dos gráficos, porque ficou mais pro meu lado.*

Durante as atividades, E8 formou dupla com uma colega que tinha diagnóstico de baixa visão. Pela análise dos vídeos foi possível perceber que sua colega buscou auxiliar em diversos momentos, contribuindo tanto com a construção dos gráficos como em sua interpretação. Entretanto, “o fazer” ficou a cargo de E8, algo que marcou sua fala. Dessa forma, embora tenha respondido que se envolveu mais com a construção dos gráficos, essa não foi a etapa que mais lhe interessou. Em falas posteriores a estudante comenta que achou bastante interessante programar os leds, embora não tenha gostado de programar de modo geral. Além da programação e da construção de gráficos, outras opções foram mencionadas, como: discutir estratégias (02 alunos), analisar os vídeos (03 alunos) e filmar (01 aluno).

Quanto aos momentos menos interessantes, novamente 06 estudantes responderam não ter gostado de fazer os gráficos e outros 06 afirmaram não ter gostado de programar. Um aluno (E7) mencionou atividade específica: não gostou de programar os leds, algo que foi citado por E8 como a parte mais interessante.

E2: *Acho que na construção dos gráficos, porque era mais demorado, levava mais tempo e dava mais trabalho.*

E4: *Construir os gráficos. Porque a gente construiu errado várias vezes. Era em questão da velocidade e pela posição que andou, aí gente fazia o contrário. Daí tinha que apagar e fazer de novo.*

E7: *Quais momentos foram menos interessantes? Acredito que naquele que tinha que fazer a luz piscar. Porque, eu não tinha entendido muito sobre a programação e como mexer, então naquele eu fiquei mais parado e só observando meu grupo fazendo toda a programação.* Então aquele foi o que eu realmente não tive muito interesse. Foi mais nesse.

E8: E agora? Eu posso dizer *quando o carrinho meio que não tava funcionando?*

Entrevistador: Qualquer coisa. Os momentos em que você ficou, assim, que você viu que não eram interessantes ou não eram legais.

E8: Vou dizer assim, ó... *Na hora de programar eu não sou muito boa com programação, então, eu acho que essa foi a parte mais ou menos.* Programar o carrinho e, às vezes, o carrinho ia pro lado, aí tinha que reprogramar e eu não sabia direito. Acho que foi essa parte.

Dos estudantes que alegaram não ter gostado de construir os gráficos, boa parcela das justificativas foi de que era algo demorado, trabalhoso e demandava maior concentração. Além disso, a taxa de erros durante essa etapa foi considerável, principalmente nas primeiras atividades. Praticamente todos os grupos tiveram que refazer pelo menos uma parte dos gráficos. No entanto, conforme os trabalhos avançavam e os *feedbacks* iam sendo fornecidos, alguns alunos começaram a melhorar seu desempenho. Ficavam menos ansiosos e deixavam de questionar de forma sistemática o que deveria ser feito, procuravam fazer a atividade para somente depois conversar com o pesquisador sobre os pontos que mantinham dúvidas. Aparentemente o suporte fornecido durante as atividades parece ter contribuído para que algumas das dificuldades na construção e análise gráfica fossem sendo superadas. Mesmo assim, construir gráficos para boa parcela dos alunos (46.2%) foi considerada uma das etapas menos interessantes.

A programação também se constituiu fonte de frustração e vários foram os motivos que concorreram para isso. Como exemplo, a dificuldade no entendimento da linguagem e da lógica de programação. Por mais que o ambiente adotado procurasse facilitar a apropriação por parte do aluno, nem todos passaram pela mesma experiência. As curvas de aprendizagem são diferentes, desse modo, alguns alunos precisavam de mais tempo ou mais exemplos representativos para melhor entendimento. Com isso, acabavam deixando a programação para seus colegas, não prosseguindo quando percebiam dificuldades maiores.

Além disso, é bastante comum ter que corrigir problemas de comunicação entre placa e computador, erros no carregamento do programa (principalmente nos momentos em que trabalhamos com os kits proprietários) e na própria programação no Ardublock (blocos mal encaixados, duplicação de blocos com a mesma função, entre outros erros). Alguns dos alunos também se esqueciam de programar tempos para cada uma das ações do carro (como exemplo, programavam tempos para andar, mas não tempos de parada) tendo que voltar mais de uma vez à bancada de trabalho.

Outro problema enfrentado foi a necessidade de ajustes dos motores para que o carrinho desenvolvesse um movimento retilíneo. A correção dos desvios de trajetória exigia regular as velocidades dos motores de forma individual. Porém, muitos estudantes se

esqueciam de como fazer isso ou tinham dúvidas sobre qual porta correspondia a qual motor. Assim, buscavam solucionar com base na tentativa e erro, o que gerava desgastes. Somado a isso, porém em menor ocorrência, havia os casos onde o aluno não gostava de mexer no computador. Todos os fatores apresentados podem explicar parte desse quadro do não interesse pela programação e, em alguns casos, perda de interesse pela atividade.

Conjunto de atividades que mais chamou a atenção

Em outra questão, buscamos avaliar qual das fases chamou mais a atenção dos alunos. Para isso, relembramos as diferentes etapas do trabalho e quais foram as atividades que as compuseram. A primeira fase continha as atividades de reconhecimento do material, do ambiente e da lógica de programação, não envolvia de forma direta o ensino de Física. Nessa fase os alunos programaram leds, sensores e motores. Já a segunda fase, agrupava atividades cujo objetivo era programar um carrinho, coletar dados, construir e interpretar diferentes tipos de gráfico. Por fim, a terceira fase consistia numa única atividade cujo objetivo era discutir e elaborar estratégias para determinar a velocidade escalar média do carrinho que estavam programando. Abaixo, discutimos a preferência dos entrevistados e suas justificativas.

E3: Acho que... talvez a do meio, que *era o de fazer os carrinhos andar*, porque eu nunca tinha pensado muito bem em como seria isso, pra programar uma coisa assim. *Já que o led foi algo mais simples de certa maneira. E daí a gente foi evoluindo, né, pensando agora.* Primeiro foi só aquilo de programar um led. Depois, programar um carrinho, que já é algo mais complexo, pra depois, meio que realmente aplicar isso no estudo que a gente tava tendo em sala de aula. Então, a do meio acho que poderia ser, mais assim... Interessante.

E4: Eu acho que o do led, *aquele primeiro que a gente teve que montar...* O farolzinho, né? Eu acho que foi, *porque foi o nosso primeiro contato com a robótica.* Daí foi muito legal programar o led.

E6: *Acho que o primeiro, o do led foi o que chamou mais a atenção e deixou a gente mais surpreso, porque era a primeira vez e porque a gente nunca tinha se relacionado com uma coisa assim.* É as cores, de programar e ver que mudava a cor em determinado segundo que tu colocava, ia na ordem que tu colocava. Acho que foi uma coisa bem diferente, sabe, eu fiquei bem surpresa. Eu achei muito legal. *Na primeira montagem do carrinho também. Ver ele andando acho que foi bem legal.* Depois foi ficando mais difícil, né. A gente teve que programar e pensar pela gente mesmo, como que a gente ia fazer. *Ai, acho que depois a gente já tava meio acostumado e aí a gente ficou mais...* Mas eu acho que ali, *o primeiro, o começo do segundo grupo foi bem, bem legal.* Foi bem diferente, bem legal mesmo.

E11: Acho que foi *o terceiro grupo*, porque, né, foi bem legal, eu gostei bastante.

Entrevistador: E teria algum motivo do por que ele chamou mais a atenção? Você saberia dizer?

E11: Ah, não sei. *Acho que esse negócio de você tentar... Você programava o carrinho e você tentava analisar, achar maneiras de calcular a velocidade* com que ele percorreu. *Eu achei isso legal, porque fazia pensar* e você ainda ter que pensar um jeito de ver a velocidade que ele realmente percorreu. Achei legal. *E*

ainda tu entendia que na programação não era realmente aquilo que tava dizendo né. [Refere-se à diferença entre a velocidade inserida na programação e a velocidade com o que o carrinho realmente se move].

Em geral, as atividades da primeira fase foram as mais mencionadas principalmente por ser o primeiro contato dos alunos com a robótica (efeito novidade). Dos 13 alunos, 08 apontaram-nas como as “mais legais ou interessantes”, 04 entrevistados mencionaram as atividades da segunda fase e 03 alunos, a atividade da terceira fase. A contagem total ultrapassou o número de entrevistados, pois alguns estudantes mencionaram mais de uma alternativa.

A preferência pelas primeiras atividades já era algo esperado, pois conforme o contato com os kits tornava-se comum e o grau de dificuldade aumentava, observamos alguma queda no interesse e, por consequência, no engajamento comportamental dos estudantes. E, de fato, isso foi observado. Como exemplo, durante as últimas atividades, percebemos um aumento no número de vezes em que se distraíam com outras coisas, operavam os celulares ou estabeleciam conversas paralelas. A relação entre aumento da complexidade das tarefas envolvendo robótica e a consequente queda no engajamento comportamental já foi observada em outros estudos, como em Kim et al. (2015). Além disso, com o avanço das atividades, tanto o carrinho quanto sua programação já não eram mais novidades fazendo com que perdessem parte daquele interesse inicial.

Uso da robótica em aulas de Física

Completando essa primeira parte da análise, perguntamos sobre a experiência de ter aulas de física com a robótica. De forma unânime os alunos destacaram que isso lhes trouxe experiências positivas. Dentre essas, melhor apreensão do conteúdo abordado.

E4: Foi bem mais legal, porque a gente... Eu acho que não só eu, *mas outros alunos acharam que a gente ia só programar os carrinhos e nem ia usar muito a física. Só que na verdade a gente acabou aprendendo bastante dentro da robótica.* E foi bem mais legal do que estar em sala de aula, assim. Porque programar o carrinho, gravar os dados e depois analisar os dados era, tipo, bem melhor do que só pegar uma teoria assim, de um exercício já pronto feito pelo professor.

E7: Foi muito bacana, porque eu acredito que *quando você vai na prática, pelo menos pra mim, tu consegue aprender muito mais.* Por exemplo, quando a gente foi fazer as questões de estratégia de calcular a velocidade, foi muito bacana porque a gente usou coisas simples pra basicamente saber a velocidade de um móvel e aquilo ali me ajudou bastante, me ajudou bastante mesmo. Tipo, deu pra entender tudo certinho. [...] Porque *eu notei depois, quando houve as provas e tudo mais, que houve certa evolução, mesmo que pequena, mas houve uma evolução. Eu achei muito legal isso, muito legal essa parte.*

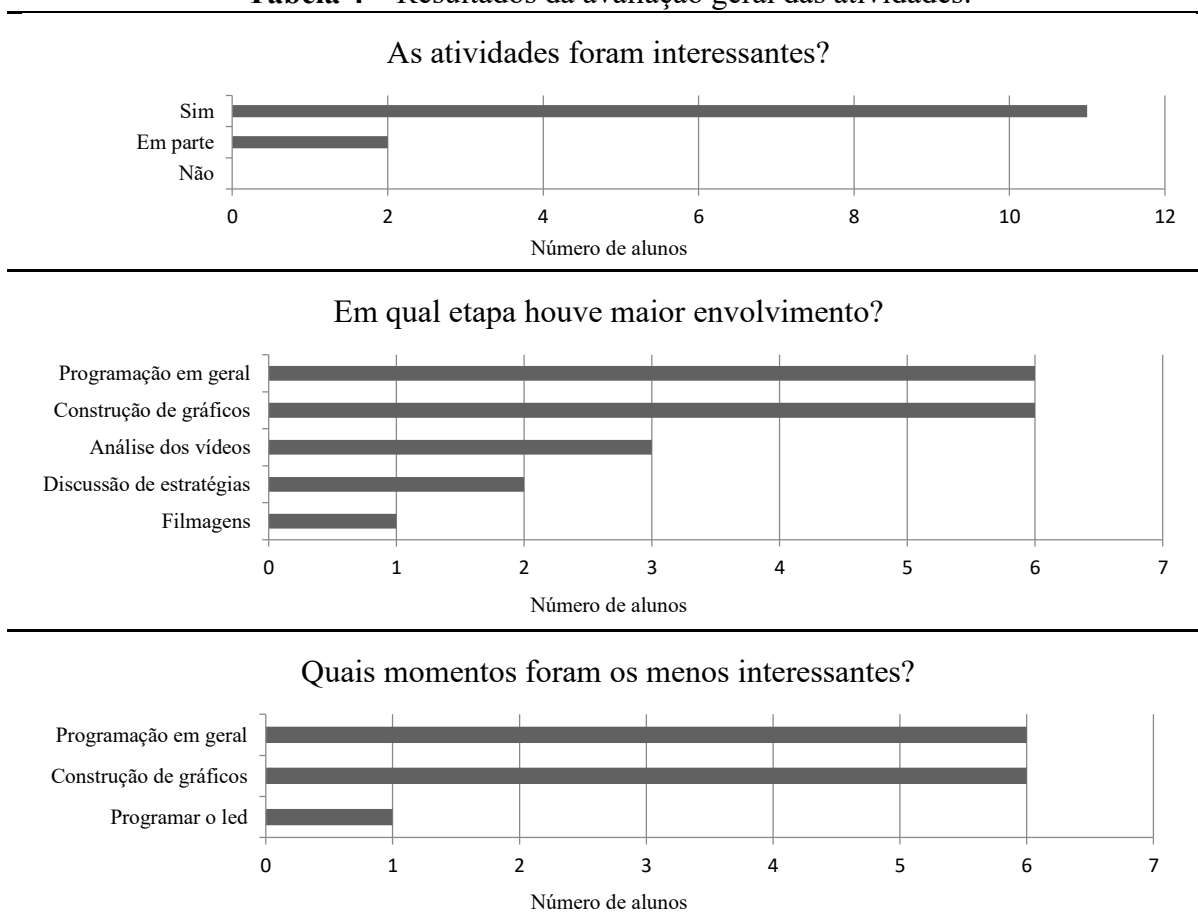
E13: Eu acho que foi legal, porque, tipo, *a gente aplicava o conhecimento que a gente teve nas aulas teóricas e a gente aplicava aqui nas aulas de física*. Tipo as coisas pra terceira fase, da terceira atividade, que tinha que calcular a velocidade média. Alguns métodos que a gente usou foram o que a gente aprendeu na sala de aula.

Em linhas gerais, a primeira parte da análise apontou que:

- A maior parte dos entrevistados percebeu as atividades como interessantes;
- programar e construir gráficos constituíram-se fontes tanto de interesse quanto de frustração;
- as atividades da primeira fase foram as que mais chamaram a atenção, principalmente em virtude da novidade; e
- na perspectiva dos alunos, a robótica trouxe algum benefício para o contexto de aprendizagem.

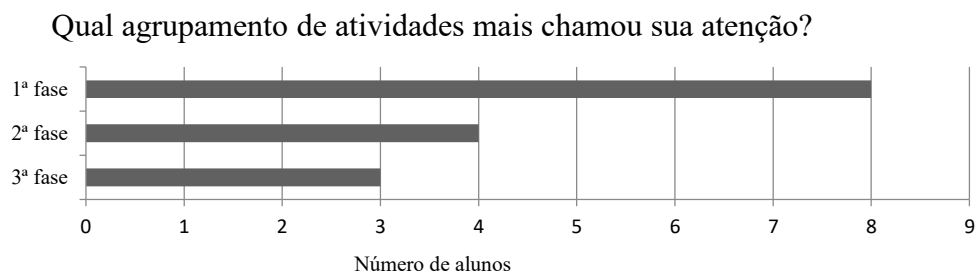
Na tabela 4 procuramos sintetizar os resultados obtidos nessa primeira parte da análise dos autorrelatos, estabelecendo um panorama sobre as atividades.

Tabela 4 – Resultados da avaliação geral das atividades.



(continua)

Tabela 4 – Resultados da avaliação geral das atividades (continuação).



Fonte: Elaborada pelo autor.

Passaremos para a segunda parte da análise, cujo objetivo centrou-se em avaliar se as atividades conseguiram oferecer suporte às necessidades psicológicas básicas dos estudantes. Começaremos pela necessidade de autonomia.

5.2.2 Análise do suporte à necessidade psicológica básica de autonomia a partir da percepção dos estudantes

Segundo Stefanou et al. (2004), algumas características dos contextos presentes nas salas de aula podem sustentar ou enfraquecer a autonomia experimentada pelos estudantes. Fatores como a percepção da quantidade de escolhas e um *feedback* positivo relacionado à competência podem aumentar a percepção que eles possuem sobre o controle de suas ações, facilitando a regulação de comportamentos mais responsáveis e persistentes frente às dificuldades. Por outro lado, ameaças, prazos e outras formas de vigilância, somados a uma postura controladora por parte do professor têm efeitos negativos sobre a autodeterminação dos estudantes (STEFANOUE et al., 2004).

Ao discutirem a operacionalização do suporte à autonomia dentro do ambiente escolar, Stefanou et al. (2004) argumentaram para a existência não de um, mas de três tipos de autonomia, cada qual com diferentes tipos de escolhas que podem ser oferecidas aos estudantes. Assim, classificaram as autonomies em: organizacional, procedimental e cognitiva. Como já mencionado, a autonomia **organizacional** relaciona-se com as oportunidades que o aluno tem de participar do gerenciamento da sala e de organizar seu ambiente de aprendizagem. Como exemplos, escolher seu grupo e a organizar seu espaço de trabalho. De outra forma, a autonomia **procedimental** relaciona-se com as ações do professor que visam oportunizar aos alunos diferentes meios para expressar seus conhecimentos, desejos ou ideias. No caso da robótica, podemos citar a possibilidade de escolher diferentes

funções dentro de seu grupo (como programar, filmar, construir os gráficos), bem como manipular diferentes materiais para a realização das atividades experimentais. Por fim, a autonomia **cognitiva** diz respeito à possibilidade que o aluno tem de discutir ideias, estratégias, criar soluções para as situações propostas, dialogar livremente com seus colegas e professor, trabalhar com tempo suficiente para tomar decisões, justificar suas escolhas, além da possibilidade de autoavaliar o progresso de seu trabalho.

Cabe destacar que, embora as atividades tenham sido estruturadas pensando em proporcionar momentos de autoria, oferecendo algumas liberdades, oportunizar algumas escolhas torna-se inviável em virtude da idade e do nível de maturidade dos estudantes, por exemplo, oportunizar aos alunos escolher sobre o que vão aprender. Isso exigiria, dentre outras coisas, modificações no planejamento do professor e na estrutura curricular da escola. Além disso, a organização das atividades desenvolvidas levou em conta outros elementos, como os objetivos de aprendizagem que pretendíamos alcançar, dentre eles, a superação de algumas das dificuldades apontadas pela literatura relacionadas à interpretação gráfica. Outro ponto é que, embora fosse fornecido bom tempo para os alunos desenvolverem as atividades, eles tinham certos prazos a cumprir em virtude da programação do calendário escolar e procuramos modificar o mínimo possível o planejamento do professor.

Apesar dessas limitações, liberdades de escolha foram oportunizadas, dentre elas: manipular diferentes materiais, escolher os membros do seu grupo, escolher as funções que desempenhariam dentro das equipes, escolher a forma como estruturariam e apresentariam os relatórios, liberdade para discutir, pesquisar, elaborar estratégias buscando a resolução dos problemas propostos, podiam testar e dialogar com membros de outros grupos e com o professor sempre que necessário.

Nesse sentido, com base nas falas, procedemos a uma análise qualitativa objetivando compreender se as diferentes possibilidades de escolhas oferecidas foram suficientes para dar suporte à necessidade de autonomia. Nesse sentido, perguntamos aos alunos quais das escolhas que tiveram dentro das atividades eles julgaram a mais importante. Embora alguns tenham escolhido mais de uma opção, elas foram hierarquizadas dentro de suas falas. Apresentamos alguns trechos representativos de cada uma delas, discutindo os principais aspectos envolvidos.

Autonomia organizacional: possibilidade de escolher os membros do grupo

Trabalhar em grupo, fazer parte de uma equipe e, principalmente, poder escolher com quem se vai trabalhar foi algo valorizado por boa parte dos alunos entrevistados. Dos 13 estudantes, 06 responderam que a escolha do grupo foi importante e que fez diferença durante o andamento das atividades. Nesse contexto, a **afinidade** foi um elemento de destaque. Os alunos alegaram que estar num grupo com pessoas com as quais se relacionam bem é fundamental para se sentirem confortáveis, facilita o diálogo, a exposição de ideias e dúvidas. E relacionada à afinidade está a **confiança**, outro elemento mencionado. Segundo os entrevistados, também é importante escolher pessoas com as quais você pode contar, que irão te ajudar.

E1: Acho que do grupo. *Porque se tu escolhe um grupo onde nem todo mundo ajuda, tu não tem como discutir com eles e tirar a dúvida deles ou tirar a sua dúvida.* Então, acho que a escolha do grupo é o mais importante assim.

E2: Eu acho que escolher o grupo, *porque a gente precisa saber com quais pessoas que a gente tá... Tá se ajudando.* Porque se for uma pessoa que não ajuda muito, ela vai acabar ficando de fora. Então, [escolher] *pessoas com quem tu tem mais afinidade, acaba facilitando* pra tu desenvolver a pesquisa, o projeto.

E13: Eu acho que escolher os membros faz um pouco de diferença sim, *porque eu escolhi pessoas com quem eu tenho mais intimidade e que eu sei que não iam me abandonar na hora de fazer o trabalho.* Acho que faz uma diferença, é sempre bom escolher.

Já a estudante E6 julgou que escolher as estratégias foi o mais importante. Porém, salientou que a escolha do grupo foi importante para que ocorressem as discussões que levaram a proposição de estratégias. Sob seu ponto de vista, isso facilitou o bom desenvolvimento das outras etapas.

E6: [...] E a escolha do grupo eu acho que *é bem importante*, porque a nossa turma é nova, a gente se conheceu esse ano praticamente. As turmas eram totalmente diferentes ano passado *e não é com todo mundo que a gente se dá bem, se relaciona bem. Então, eu acho que formar o grupo, a gente consegue se relacionar melhor. E eu acho interessante ver o que cada um propõe, só que quando a gente não conhece muito bem as pessoas ou não se relaciona muito bem, às vezes não consegue propor nem desenvolver muito bem as estratégias. A gente fica meio com receio*, então, acho que são as duas coisas bem importantes [escolher as estratégias e os membros do grupo], assim, *que ajudam bastante no desenvolvimento da atividade*, faz fluir.

Cabe destacar que, embora a escolha do grupo esteja vinculada à autonomia organizacional numa primeira análise, sentir-se integrado, ter liberdade para expor ideias, opiniões ou dúvidas pode facilitar a satisfação da necessidade de pertencimento, categoria que abordaremos futuramente. Assim, para além do suporte à autonomia, escolher os membros do grupo também se relaciona com o suporte à necessidade de pertencimento.

Autonomia procedimental: possibilidade de escolher e manipular diferentes materiais

Em relação à possibilidade de escolher e manipular os materiais, essa opção acabou não recebendo muito destaque. Cabe ressaltar que isso pode ter relação com o número de atividades onde isso foi oportunizado. De fato, a liberdade de escolher que materiais utilizar deu-se em apenas uma das atividades e talvez isso possa ter algum peso sobre as repostas dos estudantes. Assim, apenas 02 alunos mencionaram que se tratava de algo importante, porém, hierarquicamente menos relevante que as demais. E7, por exemplo, argumentou que discutir as estratégias foi o mais importante, porém ter a disposição diferentes materiais ajudou. Ponderou, também, que a escolha do grupo acabou sendo a menos relevante dentro do contexto.

E7: A mais importante? *Acredito que, se eu fosse escolher só uma, seriam as estratégias.* E se eu fosse escolher duas, *poder manipular os materiais.* Porque naquela que, de novo pegando o exemplo, naquela de descobrir a velocidade, se a gente não tivesse toda aquela liberdade acredito que teria uma dificuldade maior pra tentar desenvolver aquilo ali. Porque, imagine, se o professor deixou livre, foi mais para explorar e para ver o que nós tínhamos aprendido, o que realmente a gente tirou das aulas dele. E essa liberdade foi muito importante porque dava pra notar o desenvolvimento do pessoal. *E a manipulação dos materiais, ela também foi muito boa porque dava pra explorar mais outros caminhos* do que somente pegar a fita métrica e medir o local, pegar e cronometrar o tempo que o carrinho ia passar de um ponto para o outro. Então, *a liberdade que ele deu e a manipulação dos materiais foram muito importantes para o desenvolvimento da atividade.* Acredito que se fosse para destacar, destacaria essas duas coisas. *A parte do grupo, acredito que não seria tão importante, porque não basta ter um grupo bom se você não tem muito espaço e materiais para conseguir desenvolver aquela atividade.*

Outro aspecto relacionado à autonomia procedimental foi a **liberdade para escolher e desempenhar diferentes funções dentro dos grupos**. A única solicitação feita era que houvesse rodízio nas funções para que cada membro pudesse desempenhar, pelo menos, uma vez cada uma (programar, filmar, coletar informações, fazer os gráficos). Contudo, a análise dos vídeos e as observações indicaram que boa parte dos estudantes permaneceu dentro de uma mesma função, seja por se sentir mais confortável, mais confiante ou por solicitação do próprio grupo. Dessa forma, os rodízios aconteceram de forma tímida, sem maiores intervenções por parte do pesquisador.

Autonomia cognitiva: possibilidade de elaborar estratégias, discutir com colegas e professor³⁰

Embora o suporte às autonomias organizacional e procedimental sejam necessários, de acordo com Stefanou et al. (2004), sozinhos não são suficientes para manter o engajamento dos alunos para com as atividades. A chave para isso estaria no apoio à autonomia cognitiva. Pensando nessa questão, dentro das atividades procuramos oportunizar aos alunos liberdade para discutir, tanto dentro dos grupos como entre os grupos, para elaborar estratégias visando resolver os problemas ou desafios propostos, e liberdade para testar e avaliar erros e acertos dentro do processo. Além disso, o pesquisador procurou oferecer, sempre que possível e, conforme demanda, suporte através de constantes *feedbacks* informativos, orientando os alunos de forma individual ou coletiva. Dos 13 alunos entrevistados, 06 destacaram que poder escolher as estratégias ou discutir com seus colegas e com o professor foi essencial.

E6: Eu acho que a escolha do grupo e a escolha... *O desenvolvimento de estratégias, porque são coisas bem importantes. Eu acho que principalmente o desenvolvimento de estratégias*, porque a atividade, por mais que já estivesse programada, se tivesse um desenvolvimento fixo pra gente fazer, daquela forma determinada... Quando a gente não entende o que é pra fazer a gente acaba desanimando. *E, podendo escolher a gente continuava animado e era algo que às vezes a gente entendesse melhor, algo mais interessante, sabe, que a gente gostasse mais.*

E9: *Acho que discutir com o professor e também poder elaborar as ideias né, acho que são as mais interessantes de se ter mais liberdade.* Porque, às vezes também, escolher o grupo, se o professor escolhe é bom porque dá uma diversidade, sai um pouco do que já está acostumado. E o material, tipo, acaba que normalmente muita gente nem escolhe o material. Tipo, ah o outro pegou aquele ali, vamos pegar aqui ali também. Às vezes desconhece [o material], vai pelo que já conhece. Então, o material nem é um negócio, tipo... É legal, mas não é lá uma coisa tão relevante assim.

E13: *Eu acho que estratégias, né, discutir estratégias. Porque sem estratégias a gente não vai fazer nada, pode dar quantos materiais quiser, né. Se a gente não pensar em nada, não elaborar nada, não vai sair nada.*

Porém, não basta ter liberdade para dialogar com o professor, a postura do docente deve encorajar esses diálogos para que os alunos sintam-se a vontade, acolhidos em suas dúvidas. Ao professor cabe oferecer suporte incentivando os alunos durante o enfrentamento das dificuldades. Ao questionarmos os alunos a respeito das interações que tiveram com o professor, todos os entrevistados responderam que tiveram bom suporte em relação as suas dúvidas e que se relacionaram de forma positiva.

³⁰ Durante essa subseção, optamos por manter o termo **professor**, embora se refira ao **pesquisador**, mantendo coerência com as declarações dos alunos, que o trataram dessa forma.

E1: Sim, tanto que toda hora a gente chamava [o professor]. Tava ali, a gente *tinha a oportunidade de esclarecer as dúvidas e debater também*.

E3: Eu acho que foi boa [a interação], porque *tudo que a gente queria saber e tinha de dúvida a gente perguntava e ele sabia como responder, ajudava a gente. Se não sabia, tentava descobrir junto*. Era bem participativo e também ajudava com os materiais.

E4: Ah, foi bom. Por que a gente pedia ajuda, *ai o professor dava a dica do que poderia estar errado pra fazer a gente corrigir. O professor dizia: “Ah, mas vocês já pensaram que pode ser isso? Pode ser aquilo?”. Ai a gente pensava, pô! A gente não pensou nisso*. Daí a gente ia lá e tentava arrumar. Ai, acho que ajudou bastante assim.

Além da possibilidade de discutir com o professor, tentamos oportunizar aos alunos maior liberdade para discutirem as estratégias dentro de seus grupos, oferecendo tempos para as tomadas de decisão. Dessa forma, os alunos podiam analisar a atividade, avaliar o que sabiam e quais eram suas dúvidas, dialogar entre si e, posteriormente, chamar o professor (se necessário) para expor as questões que não conseguiram resolver internamente.

E3: Sim, acho que isso foi bem legal, *que a gente ficava bem livre*. A gente ficava lá, tipo... Ah! Tem dúvida? Tira dúvida, faz e tal. Acho que isso foi legal. Porque não era tipo... *Tudo bem, tinha um tempo, mas não era um tempo muito curto, pra que cada um fizesse da sua maneira*.

E4: Sim, eu acho que a gente ficou bem mais tempo... *Na verdade a gente ficou bem mais tempo conversando entre o grupo, resolvendo o que a gente ia fazer e tentando dar o nosso jeito e só chamando o professor quando necessário, do que o professor explicando*. Ele explicou bem rapidinho no quadro o que a gente tinha que fazer, para a gente entender e daí a gente meio que ia do nosso jeito, sabe. *Tanto que a gente fez e deu errado algumas vezes*, daí a gente tinha que chamar o professor, pedir ajuda de novo.

E7: Sim, dava total liberdade. [...] *ele [professor] dava uma liberdade muito grande*. Teve basicamente uma aula que era... Ele tinha dado duas aulas pra fazer o experimento pra descobrir a velocidade. *Na primeira aula, meu grupo desenvolveu [a estratégia], ele deu bastante tempo pra desenvolver*. E na segunda aula, a gente foi fazer o experimento. *Então, ele deu tempo, bastante espaço e material para os alunos tentarem desenvolver as suas estratégias*.

Um dos nossos objetivos era justamente oferecer contextos com mais momentos dos alunos discutindo e menos do professor falando. Isso não significa que o professor não falava, ao contrário, a todo instante estava conversando com os alunos, oferecendo suporte as suas demandas. Entretanto, procurava intervir após ocorrer as discussões dentro dos grupos. E as orientações sempre partiam no sentido de fazer os estudantes refletirem sobre suas próprias perguntas, exceto nos casos onde o problema era de ordem técnica, como falhas de comunicação entre placa e computador, ruptura dos fios dos motores ou outras questões afins.

E6: Acho que a gente teve bastante dúvida, em todas as atividades acho que tinha uma dúvida ali de como fazia. A gente perguntava e era respondido, esclarecido. *Claro, não ia falar como que fazia o desafio porque senão ia acabar com a brincadeira, mas acho que todas as dúvidas foram tiradas*. A gente conseguiu desenvolver tranquilo depois de a gente ter uma noção.

A partir da análise dos autorrelatos depreende-se que os contextos gerados pelas atividades com robótica ofereceram certo suporte à necessidade psicológica de autonomia dos estudantes. Porém, não podemos assegurar que todos experienciaram autonomia durante as atividades, pois cada estudante faz sua leitura dos contextos oferecidos. Além disso, contextos que dão suporte às necessidades psicológicas de uma pessoa podem não atender a outras (RYAN; DECI, 2000b). Contudo, as falas trazem indicativos de que os alunos perceberam a existência de liberdades, que escolhas lhes foram possibilitadas e que tiveram momentos de autoria dentro do processo de aprendizagem, o que parece ter contribuído para a satisfação da necessidade de autonomia de forma geral.

5.2.3 Análise do suporte à necessidade psicológica básica de competência a partir da percepção dos estudantes

Segundo a teoria da autodeterminação, todas as pessoas nascem orientadas para o exercício ativo de suas habilidades e interesses, buscando desafios ótimos para integrar a sua experiência (DECI; RYAN, 1990). Além disso, quando percebem que suas habilidades ou conhecimentos evoluíram, geralmente experienciam sentimentos positivos (REEVE, 2009). Alguns contextos podem oferecer suporte à necessidade de competência enquanto outros podem prejudicá-la.

Por exemplo, desafios cujo grau de dificuldade seja observado pelo estudante como dentro do seu limite de capacidade e o fornecimento de *feedback* informativo por parte do professor podem facilitar a satisfação dessa necessidade (RYAN; DECI, 2000b; REEVE, 2009). De outra forma, desafios muito acima ou abaixo da capacidade que a pessoa julga ter e um *feedback* controlador ou negativo podem afetar o sentimento de competência. Entretanto, para a promoção ou manutenção de motivações mais autodeterminadas, não basta experimentar competência, segundo Guimarães e Boruchovitch (2004), o aluno deve perceber o desempenho competente como seu, que foram suas ações, escolhas ou esforço despendido que o levaram ao êxito. Pensando nessas questões, estruturamos as atividades procurando deixá-las acessíveis, porém introduzindo a cada nova etapa ou tarefa, novos desafios ou graus de dificuldade.

A proposição da sequência também objetivou abordar algumas das dificuldades encontradas pelos estudantes ao trabalhar com análise e interpretação gráfica (McDERMOTT et al., 1987; AGRELLO; GARG, 1999; ARAUJO; VEIT; MOREIRA, 2004; IVANJEK et al., 2016). Dentre essas, interpretar mudanças na altura e mudanças na inclinação; relacionar um

tipo de gráfico a outro; relacionar a narração de um movimento com o gráfico que o descreve; representar velocidade negativa e fazer distinção entre diferentes tipos de gráficos. Assim, buscamos oferecer aos estudantes momentos em que pudessem enfrentar essas dificuldades, encontrar suporte e superá-las, percebendo (ou não) avanços em sua compreensão conforme as tarefas evoluíam. Dos alunos entrevistados, 07 relataram que as atividades ajudaram a compreender melhor o assunto, 05 alunos responderam que não ajudaram tanto porque já estavam compreendendo bem, e apenas 01 entrevistado disse que as atividades não ajudaram. Abaixo trazemos trechos representativos de cada posicionamento.

E2: [...] Então, ficou mais *simples também para entender, já que eu, particularmente, não estava entendendo muito bem da onde saíam os gráficos, da onde saíam as retas*. Então, ficou bem mais ampla minha visão e como isso se aplica em outros lugares também.

E4: [...] eu prestei bem mais atenção do que eu realmente prestaria numa aula. Então, quando a gente na hora de construir o gráfico, *como a gente tinha analisado todas as outras etapas, foi bem mais fácil do que, como eu disse, a gente pegasse o exercício pronto*. Eu achei mais interessante, me envolveu mais.

E7: *Sim, facilitou bastante*. Eu admito que *eu tinha bastante dificuldade sobre os gráficos de velocidade pelo tempo e espaço pelo tempo*, que eram gráficos que, tipo, basicamente *não conseguia entender. Eu olhava aquilo ali e não conseguia entender o que tava acontecendo. E com a ajuda da robótica e o professor explicando: “ah, essa parte do gráfico aqui tem que arrumar porque aconteceu tal coisa”*. Isso me ajudou bastante a entender, olhando os gráficos eu consigo identificar o que que tá acontecendo. Então, eu acredito que sim, me ajudou bastante.

E8: *É, mais ou menos, eu já tinha entendido direito o conteúdo e, no caso, foi um bom treino para fazer os gráficos eu achei*. A gente treinar porque caía na prova e tudo mais. Foi uma boa maneira de treinar como fazer gráficos e como interpretá-los.

E13: *Acho que não facilitou eu entender, porque eu já estava entendendo bem. Mas acho que é uma maneira diferente de aprender, pra quem tem mais dificuldade acho que é uma boa maneira*, porque tá botando a mão na massa e fazendo o negócio por ti mesmo. Aí acho que isso ajuda bastante, sabe.

A estudante E9, a qual apresenta diagnóstico de baixa visão, argumentou que não conseguiu participar muito bem dessa parte e, por isso, a construção dos gráficos acabou ficando a cargo de sua colega de grupo. Em relação a melhorias na sua aprendizagem, a aluna ponderou:

E9: Sei não. Tô pensando. Não sei muito bem, *porque normalmente como eu não conseguia pegar as coisas direito, quem mais tentava entender, quem mais montava o gráfico era o meu grupo*. Eu mais pegava as medidas e ajudava a montar. E o meu grupo, a outra parte do meu grupo que ajudava, tipo... Ah, esse gráfico é dessa forma! Porque eu não entendia direito os gráficos.

Mesmo alegando pouca participação, em diversos momentos durante a análise do engajamento comportamental observamos a referida aluna buscar recursos para interagir

melhor e ajudar sua colega durante as atividades. Por exemplo, como estava sem a lupa, E9 usava a lente da câmera fotográfica do *tablet* para acessar o recurso de ampliação digital de imagem para poder olhar para o gráfico em construção. De qualquer forma, sua resposta e suas ações nos fizeram refletir sobre a acessibilidade da atividade, a qual mostrou não atender as especificidades da aluna que já encontrava dificuldades com o assunto. Tal situação serviu-nos de aprendizagem e nos fez refletir sobre outras questões. Caso houvesse alunos cegos, surdos ou com outras especificidades, como poderíamos deixar as atividades acessíveis de forma que todos pudessem participar em igualdade de condições? Essas são questões pertinentes para as quais os professores devem estar atentos e cujas respostas nem sempre encontrará sozinho. Em futuras aplicações, atentaremos para a existência de casos particulares como esse, facilitando o acesso dos estudantes à atividade, fato que não ocorreu dessa vez.

Embora a maioria dos entrevistados tenha alegado que as atividades contribuíram para melhor compreensão dos assuntos, devemos ter em mente que isso não é válido para todos os alunos. Além das dificuldades já inerentes à construção e interpretação gráfica, alguns alunos podem experimentar dificuldades em relação à programação. Tal sentimento foi externado pela aluna E1 ao responder sobre a contribuição da robótica para a aprendizagem de seus colegas.

E1: É, pode ter contribuído, mas eu não sei se todo mundo chegou a gostar tanto como eu gostei. *Porque o pessoal já tinha uma dificuldade em Física, não é uma matéria muito fácil. E com a robótica, eu senti que eles ficaram mais confusos ainda.* Tipo, na questão tanto de montar o gráfico e programar o carrinho, né? Porque eu acho que se tu já não entendeu o básico, assim, mais ou menos, fica mais complicado ainda fazer essas atividades.

Situações desse tipo, como a mencionada por E1, podem fazer com que os alunos percebam-se menos capazes, facilitando o desengajamento. E de fato isso foi percebido em alguns momentos no decorrer do trabalho. Alguns alunos, que já não apresentavam interesse pela disciplina de Física, ao enfrentarem dificuldades na programação foram desengajando paulatinamente, mesmo com o suporte do professor que buscava incentiva-los a prosseguir o trabalho, a conversar com os demais colegas e compartilhar as dúvidas. Nem todos os alunos se mantiveram dispostos a superar os desafios que as atividades impunham conforme progrediam.

Com base nas declarações dos estudantes e no que observamos durante as atividades, percebemos que as dificuldades e desafios propostos foram encarados de forma diversa. Alguns alunos perceberam essas situações como oportunidades para ampliar seus conhecimentos, testar e explorar. Outros as entenderam como mais um obstáculo ao que já consideravam difícil, o que pode ter potencializado a queda de engajamento com o avanço das

atividades. Dessa forma, percebemos que as atividades ofereceram suporte à necessidade de competência de alguns alunos, porém, outros se sentiram menos capazes ao ter que enfrentar, além das dificuldades em Física, dificuldades com a programação.

5.2.4 Análise do suporte à necessidade psicológica básica de pertencimento a partir da percepção dos estudantes

Em maior ou menor grau, todo ser humano deseja pertencer a algum grupo, ter interações sociais. As pessoas buscam amigos, esforçam-se para formar e manter relacionamentos significativos com outras pessoas, em especial quando percebem que há reciprocidade e preocupação com seu bem-estar (BAUMEISTER; LAERY, 1995; REEVE, 2009). Esse desejo de se relacionar estende-se para outros contextos, como o escolar. Em geral, os alunos procuram fazer parte de grupos cujos integrantes tenham interesses em comum (afinidade). Muitas vezes iniciam ações porque são estimulados ou por acreditarem que seus comportamentos serão valorizados por pessoas que julgam importantes, sentem-se ligados ou querem se relacionar (RYAN; DECI, 2000b).

Segundo Wilder e Thompson (1980, apud REEVE, 2009), o surgimento de amizades e afinidades parece exigir mais que proximidade e tempo juntos. Porém, quanto mais tempo as pessoas passam juntas, maior a probabilidade de que laços se formem e, uma vez formados, as pessoas se esforçarão para mantê-los (REEVE, 2009). Atividades envolvendo robótica comumente são desenvolvidas em grupos, através de trabalhos cooperativos. Além disso, pensando nas questões relativas à necessidade de pertencimento, oportunizamos aos alunos escolher os membros com os quais iriam trabalhar. A única condição era que procurassem respeitar o limite máximo de 04 componentes. O pesquisador também frisou que as equipes poderiam dialogar entre si, ampliando mais ainda as possibilidades de interação entre os alunos.

Com o objetivo de avaliar se os contextos ofereceram suporte à necessidade de pertencimento, baseamos nossa análise a partir dos indicadores destacados por Clement et al. (2016), quais sejam: **relacionamentos interpessoais positivos; estabelecimento de relações de confiança; e vínculos seguros e satisfatórios**. Na sequência falaremos um pouco sobre cada um deles.

Relacionamentos interpessoais positivos: análise das interações aluno-aluno e aluno-professor³¹

As atividades envolvendo robótica são naturalmente desenvolvidas sob a dinâmica do trabalho em equipe. Para resolução dos problemas ou desafios propostos geralmente é necessária troca de ideias, testes, avaliação do processo e depuração dos erros. Objetivando analisar como, na percepção dos alunos, deu-se o trabalho em equipe, como foram as interações dentro dos grupos, realizamos os seguintes questionamentos: o que eles pensavam a respeito do trabalho em grupo? Como se sentiram ao realizar tarefas de forma colaborativa com os demais colegas? Algumas das respostas mais representativas serão apresentadas abaixo.

E3: Eu acho que atividade em grupo é *boa por causa disso, da coletividade*. Tipo, todo mundo... *Cada um tira uma dúvida diferente, cada um colabora com a dúvida do outro. Um sabe, outro não sabe tanto*. Então, eu acho que trabalhar em grupo é bom, é essencial nessas horas *pra você não se sentir constrangido* numa coisa que também não é muito seu vínculo e também... Descobrir coisas novas.

E7: Foram necessárias, porque você juntar um grupo de pessoas, *sempre vai ter aquele que sabe muito pouco, aquele que sabe mais ou menos e aquele que sabe muito*. Então, *uns ensinam aos outros no decorrer da atividade*. Porque, por exemplo, *podem ter pessoas que não são tão interessadas, mas quando vão ali desenvolver a atividade, podem ajudar umas as outras*. Então, a atividade em grupo, *principalmente na robótica, ela foi essencial, porque no meu grupo tinha um ajudando o outro, um explicando pro outro*.

E13: Eu acho que é bom, porque cada um, por exemplo, como eu falei antes, *tinha uma menina que tinha dificuldades. Eu não tenho dificuldades e eu poderia ajudar ela, porque muitas vezes, sei lá, o professor pode explicar só que ela pode não entender. Mas um aluno pode explicar de uma maneira diferente*. Sei lá, acabei de aprender, tá fresquinho na minha cabeça, posso explicar pra ela e ela pode acabar entendendo.

De forma geral, os entrevistados valorizaram o trabalho em equipe, principalmente devido ao fato de poderem ter escolhido as pessoas com quem trabalharam. Outros estudantes, para além desses aspectos, perceberam instrumentalidade, ou seja, entenderam o trabalho em equipe como necessário para superar as dificuldades que se apresentaram, pois cada integrante pode agregar diferentes qualidades e habilidades ao grupo. Também destacaram que algumas atividades eram mais “interessantes” de se fazer em grupo. Como exemplo, aquelas que envolvem uso da criatividade, planejamento de estratégias ou cuja execução possa se desenvolver por diferentes caminhos.

E4: Ah, elas são... *Em questão de atividades que tem que ter meio que criatividade, eu acho que é melhor*. Porque eu não sou uma pessoa muito criativa.

³¹ Novamente, nessa subseção e na seguinte, optamos por manter o termo professor, mesmo referindo-se ao pesquisador, visando manter a coerência com as declarações dos alunos.

Então tipo, por exemplo, eu fiz com a Carina e com o Fabrício. *Era uma ajuda muito boa, porque se eu não pensava ou eu dava alguma ideia que não dava certo, daí a Carina vinha e dava uma ideia que melhorava a minha ideia*, sabe, tipo a gente se complementava. No final acabava dando certo.

E6: Então, as atividades em grupo acho que é isso, *tem bastante compartilhamento de ideias e nem todas as atividades em grupo são legais de fazer*. Às vezes é melhor fazer sozinho, *mas acho que como essa não tinha uma resposta fixa, acho que foi bem interessante fazer em grupo*, porque quando a gente sabe que é uma resposta só e que vai dá ou exatamente certo ou exatamente errado, *a gente fica meio assim de escutar a opinião de todo mundo. Mas essa era interessante, porque a gente não tinha muita ideia e como podia ser solucionada de diversas formas, estar em grupo foi uma coisa bem legal*, bem criativa. *Tinha coisas que eu não pensaria em fazer, por exemplo, e achei bem interessante em ter feito*.

De forma diferente, alguns alunos destacaram aspectos negativos de se trabalhar em grupo. Por exemplo, E5 e E10 apontaram que se trata de algo complicado, pois muitas vezes você escolhe os membros pela afinidade, mas eles não ajudam tanto quanto o esperado.

E5: [...] Mas também tem a parte da afinidade. Normalmente mesmo fazendo diferença, *as pessoas continuam sempre escolhendo os amigos mesmo sabendo que, às vezes, o amigo não vai fazer e tal, apenas pra não deixar ele na mão*.

E10: [...] É difícil, às vezes você escolhe uma pessoa que não vai te ajudar tanto, aí fica complicado. Até acho melhor às vezes o professor mesmo escolher, *porque às vezes tu vai com uma pessoa porque tu é bem amigo da pessoa, mas ela não te ajuda tanto, sabe? Então, eu até acho melhor o professor escolher com uma pessoa com quem tu não tem tanta afinidade, porque... Não sei, acho que tu conversa menos e daí trabalha mais*. Quando é com teus amigos tu fica lá conversando, é meio inevitável ficar conversando.

A aluna E10 chega a dizer que prefere que o professor tome para si a responsabilidade de formar os grupos, pois, assim a atividade ficaria mais direcionada, os diálogos manteriam o foco e se trabalharia mais. Ao analisarmos essas falas, percebemos que a afinidade foi vista por esses alunos como um aspecto negativo em relação ao trabalho em grupo. No entanto, entendemos que o problema não está na afinidade, mas na relação dos alunos com a atividade. Quando as atividades não os envolvem, a dispersão ou a apatia são reações normais. Se o grupo é formado por estudantes que possuam afinidade, isso faz com que a ocorrência de conversas paralelas se acentue, diminuindo ainda mais o interesse pela atividade, fato que ocorreu dentro do grupo de E10.

Além das situações já discutidas, há o caso das interações parciais. Nem sempre o aluno estabelecerá relação positiva com todos os membros de seu grupo. Há situações onde a troca de ideias, o compartilhamento dar-se-á apenas com alguns integrantes, como foi o caso das alunas E1 e E2 que, embora partilhassem do mesmo grupo, interagiram de forma mais consistente entre si. Ao ser questionada sobre o trabalho em grupo, E1 respondeu:

E1: Ah, não sei. *O meu grupo em alguns momentos não chegava a ajudar. E ficava eu e mais uma integrante fazendo sozinhas*. Mas eu também não me

incomodo porque, geralmente, eu já tô acostumada com isso, só eu fazer tudo. Então, mas *acho que poderia ter sido melhor a experiência em grupo.*

Entrevistador: Mas e a interação com essa sua colega, contribuiu?

E1: *Sim, porque a gente tinha ideias diferentes e debatía e daí via, ah... Eu explicava pra ela o meu ponto de vista, que eu queria fazer aquilo. Daí ela falava: "É, realmente...". Daí, *acho que a gente conseguiu se ajudar uma a outra e no final deu certo.**

Houve também casos onde os alunos alegaram não gostar de trabalhar em grupo. E8, por exemplo, disse que se via como uma pessoa pouco sociável. Apesar de se posicionar dessa forma, durante a análise comportamental, pudemos perceber que a estudante mostrou-se bastante envolvida, interagiu com sua dupla, discutiu, trocou ideias, apresentou sugestões. Possivelmente seu posicionamento seja reflexo de experiências anteriores onde o trabalho em grupo não tenha tido êxito.

E8: [...] eu *não sou muito fã por eu não ser muito sociável.* Então, eu não sou muito fã de trabalhos em grupo porque fica sempre na mesma. *Fica sempre quem sobra da turma e geralmente são as pessoas que não fazem muita coisa.* Então, eu particularmente não gosto muito. *Mas assim, por exemplo, no caso da robótica,* como eu já sou um pouco perdida no assunto, *porque eu não entendo muito, aí eu acho que até ajudou porque, sei lá, tem alguém do teu lado e, tipo, se tá dando ruim, pelo menos tem alguém junto contigo, então, querendo ou não algumas vezes uma companhia é boa.*

Embora tenha apresentado restrições quanto ao trabalho em grupo, E8 mencionou que no caso da robótica foi diferente. Para ela estar acompanhada nos momentos em que percebeu dificuldades foi importante. A fala da aluna parece ir ao encontro do que aponta a literatura sobre a necessidade de pertencimento, quando sinaliza que as pessoas sentem-se mais confiantes para enfrentar desafios e superar dificuldades quando se percebem apoiadas em suas relações interpessoais (REEVE, 2009).

Para além das relações aluno-aluno, também avaliamos as interações aluno-professor, uma vez que essas também são importantes para a satisfação da necessidade de pertencimento. Estudos indicam que um bom relacionamento entre estudantes e desses com o professor conduzem a visões e atitudes positivas frente à escola e as tarefas escolares (BAUMEISTER; LEARY, 1995; OSTERMAN, 2000). Isso significa que, ao se sentirem apoiados, os alunos podem apresentar melhor desempenho, maior confiança e resistência no enfrentamento de situações desafiadoras ou na superação de dificuldades. Ao serem questionados sobre as interações que tiveram com o professor, de forma unânime os alunos responderam que essas foram positivas e satisfatórias.

E2: Foi bem bom, porque *ajudava bastante. Estava sempre ali, apesar de ser só uma pessoa para vários grupos* dava pra fazer uma jogada de todo mundo perguntar, de todo mundo tirar suas dúvidas.

E3: Eu acho que foi boa [a interação], *porque tudo que a gente queria saber e tinha de dúvida a gente perguntava e ele sabia como responder, ajudava a gente. Se não*

sabia, tentava descobrir junto. Era bem participativo e também ajudava com os materiais.

E10: Acho que ajudaram bastante a gente, *tiraram bastante dúvidas e sempre tavam ali perguntando se a gente precisava de ajuda.* Acho que foi legal assim.

Com base nas declarações, podemos perceber que os estudantes sentiram-se confiantes e confortáveis para questionar e expor suas dúvidas. Inclusive uma das alunas declarou sentir-se mais a vontade com o professor do que com seus colegas de grupo.

E12: [...] estar em grupo foi bom, porque eu pude estar acompanhando e não estar ali sozinha no primeiro contato. Mas ao mesmo tempo, eu não me sentia tão aberta pra ter dúvidas e poder perguntar, *como eu tenho com o professor.*

A possibilidade de estabelecer relacionamentos interpessoais positivos e duradouros parece ser um aspecto importante para a satisfação da necessidade de pertencimento. Contudo, quando essas interações são qualificadas por elementos como afeto e preocupação mútua, tornam-se mais relevantes (BAUMEISTER; LEARY, 1995; CLEMENT et al., 2016). O próximo tópico de análise falará dessas interações, marcadas pela confiança entre os indivíduos.

Relações de confiança

Entendemos que o estabelecimento de interações estáveis e positivas ao longo do tempo pode conduzir os alunos a um sentimento de confiança, tanto em relação a seus colegas, quanto ao professor, contribuindo para a satisfação da necessidade de pertencimento. Assim, buscamos avaliar se tais elementos encontravam-se presentes no decorrer das atividades. Embora esses aspectos já tenham permeado as declarações anteriores, apresentamos alguns trechos onde isso se torna mais evidente.

Entrevistador: Estar em grupo contribuiu para superar as dificuldades?

E3: Eu acho que sim, porque quando você está sozinho você fica mais constrangido, talvez. *Tipo, você escolher um grupo com pessoas que você tem afinidade, você falar pra elas tranquilamente, tirar sua dúvida, pra quem entendeu, quem não entendeu.* Às vezes, quando você está sozinho, você não quer ficar perguntando toda hora, chamando o professor pra falar. *Daí quando você tá em grupo têm outras pessoas que tem dúvida também, então é melhor.*

Entrevistador: Como você se sente ao realizar tarefas de forma colaborativa?

E6: [...] *A gente geralmente faz grupos por afinidade e isso ajuda bastante, porque às vezes tu tem dúvidas, tu não consegue fazer alguma coisa e tu não pergunta, tu fica meio assim de perguntar para uma pessoa com quem tu quase não fala. E como eu tava em grupo com as minhas amigas, às vezes eu tinha dificuldades com a programação e era super tranquilo perguntar pra elas, eu acho que elas vão me ajudar nisso e eu também pergunto tranquilamente.* A Débora que tava fazendo bastante a programação, ela tava entendendo bem a programação e me tirava bastante dúvidas sobre isso, enquanto eu também tirava dúvidas sobre os gráficos e tudo mais.

A fala dos entrevistados, em especial de E6, evidencia que poder confiar em seus colegas, sentir-se seguro para questionar, expor dúvidas é importante para a aprendizagem. Assim, estar entre amigos é algo valorizado pelos alunos, pois facilita a troca de ideias e o trabalho coletivo. Da mesma forma, o estabelecimento de relações de confiança com o professor se mostra importante para o aprendizado dos estudantes. A percepção do aluno acerca da preocupação que o professor tem com seu aprendizado, com seu bem-estar são aspectos que mantêm relação estreita com a necessidade de pertencimento. E nesse sentido, as falas de E1 e E7 são representativas.

Entrevistador: Durante esses momentos [de dificuldade], como foi a interação com o professor?

E1: Sempre ajudou, sempre deu uma força né. *Falou que não era pra desistir, que tinha que tentar superar, que é assim que funciona mesmo, não vai dar certo de primeira.* Então eu acho que foi bem prestativo, assim, ajudou em tudo que precisava.

E7: *Foi bacana, porque ele até ajudou a corrigir uma parte do nosso trabalho.* Por exemplo, quando a gente botou uma fita na roda pra contar quantas vezes ela gira, ele explicou pra nós que não bastava só isso, porque a gente tava assumindo que a roda dava uma volta a cada segundo e que não é isso. E que tem que levar tudo em conta pra conseguir dar certo. Então, ele explicou que tinha que contar as voltas que ela dá nesse um segundo no chão, porque tem que levar em conta... Tem o atrito e tudo mais. *Então, ele ajudou bastante no desenvolvimento da atividade. Ele conseguiu ao mesmo tempo em que propôs o desafio, ajudar a guiar pra ter bons resultados. Então, a relação com o professor foi ótima.*

Em relação à fala de E7, a intervenção do professor veio após o grupo discutir e explicitar sua ideia de como iriam calcular a velocidade média do carrinho. Nesse caso, como a estratégia já estava montada, o professor interveio oferecendo suporte, indicando quais aspectos o grupo poderia levar em consideração caso quisessem aprimorar a ideia inicial. A participação do professor não foi vista pelo aluno como uma correção, mas como um apoio à ideia que surgiu dentro do grupo. Dessa forma, percebemos que o aluno recebeu o *feedback* de forma positiva, o que aparentemente contribuiu para que uma relação de confiança fosse estabelecida entre eles.

Conexões seguras e satisfatórias: estabelecimento de vínculos sociais

Segundo Clement et al. (2016), para a satisfação plena da necessidade de pertencimento é fundamental que os estudantes tenham, além de relacionamentos interpessoais positivos e relações de confiança, a percepção de vínculo social. Ou seja, eles devem se sentir integrados, importantes em relação a seus grupos. Ao analisarmos as entrevistas, percebemos que essas questões foram as mais sensíveis de serem identificadas.

Como alguns estudantes expressaram claramente que fizeram as atividades em conjunto com amigos, entendemos que tais vínculos já estavam suficientemente estabelecidos. Porém, em outros casos, observamos criação de novos vínculos, os quais inicialmente não estavam presentes ou não eram percebidos.

Entrevistador: Como você se sentiu ao fazer atividades colaborativas com os demais colegas?

E7: Bom, se fosse botar... Eu admito que muitas vezes eu não gosto de fazer trabalho em grupo, prefiro mais fazer sozinho, eu sou mais assim. *Mas na robótica, realmente deu gosto de fazer trabalho em grupo, me senti muito confortável, não me senti com trabalho mais pesado nem nada. Achei que o trabalho em grupo ali foi muito bom.*

Entrevistador: O que te motivou a participar das atividades?

E7: O que me motivou bastante admito que, no começo, foi por conta da nota. *Mas depois eu fui me interessando mais pela atividade, tipo, deu pra ver que, por exemplo, mesmo que não tivesse robótica no dia ou algo assim do tipo, meu grupo tava sempre perguntando sobre o trabalho.* Tipo, ah, e o relatório? E o gráfico aqui? Temos que arrumar o gráfico. Então, a atividade de robótica foi muito interessante e eu me interessei mais por conta da forma como ela foi feita, a forma de tipo, deixar os alunos programarem, deixar os alunos seguirem seu próprio caminho, colherem os próprios resultados. Então, achei muito interessante essa parte e também pelo conhecimento que ela me trouxe.

O exemplo de E7 é representativo para esse caso. O referido aluno afirmou que seus colegas **discutiam sobre as atividades até mesmo nos dias em que não havia robótica**. O fato de seus colegas o procurarem para tratar do trabalho, para discutir detalhes, efetuar correções lhe trouxe satisfação. Conforme suas próprias palavras, sentiu-se bem, confortável. Dessa forma, podemos inferir a ação de seus colegas fez com que ele se sentisse integrado ao grupo.

Com base no autorrelato dos estudantes entrevistados, depreende-se que oportunizar momentos de trabalho cooperativo é uma estratégia que pode ser utilizada para incentivar a criação de vínculos e a socialização entre os estudantes, reforçando a percepção que eles têm de fazer parte da comunidade escolar, embora só isso não seja suficiente. Caso os integrantes não se envolvam com a atividade, o estabelecimento de interações positivas pode não ocorrer, levando a diálogos pouco produtivos, podendo comprometer a aprendizagem mesmo havendo afinidade entre os membros. De outra forma, quando os alunos se interessam pela atividade, a possibilidade de escolher os membros potencializa as oportunidades de aprendizagem, pois esses se sentem mais confortáveis para expor suas ideias e dúvidas, favorecendo o trabalho cooperativo.

Em linhas gerais, a segunda parte da análise sugere que as atividades:

- Ofereceram suporte à necessidade de autonomia dos estudantes, pois os mesmos perceberam possibilidades de escolha e autoria sobre seu processo de

aprendizagem, bem como sentiram-se livres para discutir estratégias com os demais colegas e professor, para pesquisar e para testar suas ideias;

- ofereceram suporte parcial à necessidade de competência dos estudantes. Enquanto alguns alunos expressaram melhorias de aprendizagem, aumento na compreensão relacionado à análise e interpretação gráfica, outros perceberam a programação como mais um obstáculo para além daqueles que já encontravam dentro do ensino de Física, o que possivelmente afetou seu sentimento de competência. Nesses casos, percebemos um progressivo desengajamento comportamental conforme as atividades avançavam;
- ofereceram suporte parcial à necessidade de pertencimento. Alguns alunos sentiram-se vinculados a seus grupos, valorizaram a possibilidade de escolher com quem trabalhar (afinidade), destacaram as contribuições dos demais colegas e perceberam uma boa relação com o professor; outros experienciaram interações pouco produtivas, falta de diálogo e descomprometimento, contribuindo para aumento do desinteresse e queda no engajamento comportamental.

5.3 DO ENGAJAMENTO COMPORTAMENTAL

A análise do engajamento comportamental teve por objetivo avaliar se o comportamento dos estudantes mostrou-se coerente com as declarações fornecidas via entrevista e com os resultados obtidos com a escala de motivação (EMADF) nos dois momentos já especificados (antes e após a sequência de atividades). Além disso, ao analisarmos o comportamento dos alunos também foi possível obter informações que não estavam presentes nos demais instrumentos, como exemplo, se houve perda de envolvimento ou interesse no decorrer das diferentes fases. Dessa forma, a referida análise nos possibilitou avaliar se um aluno apresentou-se envolvido em certa parte da atividade ou fase específica, mas desinteressado em outra. Ou então, se num primeiro momento estava envolvido e aos poucos foi perdendo o interesse por diferentes motivos, e vice-versa.

Tal análise se faz pertinente, pois a escala de motivação nos permite avaliar a qualidade e intensidade motivacional dos alunos em dois momentos específicos, mas não nos fala sobre o processo que levou de um ponto a outro, independente do resultado obtido. Assim, os elementos oriundos das entrevistas, somados às informações colhidas via observação e análise sistemática das videograções pode conduzir a uma melhor imagem acerca do todo.

Dessa forma, realizamos a análise do engajamento comportamental, tomando como amostra os 13 sujeitos que participaram das entrevistas. A identificação dos alunos manteve-se idêntica (E1, E2, ..., E13) por questão de coerência. Assim, torna-se possível avaliar o que foi dito e o que foi feito. Cada aluno foi avaliado aula a aula, porém aqui sintetizamos os resultados gerais relativos a cada fase. Junto às análises do engajamento, apresentamos os resultados das aplicações da EMADF para cada aluno e uma síntese, onde os principais resultados são retomados e discutidos. Antes de cada análise, apresentamos uma visão geral acerca do grupo em que os indivíduos estavam inseridos, comentando um pouco sobre a dinâmica que ocorreu durante as atividades.

5.3.1 Fichas de análise do engajamento comportamental

Sujeitos E1, E2 e E3 (Turma L): Durante todas as atividades, as estudantes E1, E2 e E3 compuseram um mesmo grupo, formado por quatro integrantes, todas do gênero feminino. As quatro integrantes foram convidadas a participar dessa fase da pesquisa, entretanto, uma das alunas não compareceu à entrevista, sendo retirada dessa etapa de análise. Acompanhando a equipe ao longo do tempo, pudemos perceber que a dinâmica manteve-se praticamente inalterada. As alunas E1 e E2 tomavam a frente das ações, programavam, discutiam e apresentavam sugestões. As demais pouco interagiam, apresentando-se fracamente engajadas boa parte do tempo. Na primeira fase, a aluna E3 ainda apresentou discreto interesse, o qual rapidamente se dissipou com o avanço das atividades. As alunas E1 e E2, normalmente interessadas, mantiveram-se engajadas em quase todas as atividades, apresentando menor envolvimento apenas na última fase. A aluna E1 disse gostar de Matemática e de Física, por isso interessou-se pelas atividades. A aluna E2 argumentou que também achou as atividades interessantes, contudo, salientou que normalmente se esforça para acompanhar os conteúdos nas aulas. Assim, aproveitou as atividades com robótica para ter um melhor entendimento sobre os assuntos. Já a aluna E3 disse não gostar de Física ou Matemática e, por isso, acompanhou mais as etapas de programação e deu menos atenção às discussões envolvendo análise gráfica. A seguir, apresentamos as fichas de análise do engajamento comportamental de cada uma delas (Quadros 9, 10 e 11).

Quadro 9. Ficha de análise do engajamento comportamental – Estudante E1.

Nome:	Estudante E1											
Idade:	16 anos				Gênero:	Feminino						
Turma:	L											
Análise referente às atividades da 1ª fase	Durante as atividades da primeira fase a aluna: utilizou os materiais fornecidos (notebook, tablet, kits de robótica) de forma adequada; dialogou intensamente com seu grupo, em especial, como uma das colegas de equipe (E2); respeitou as opiniões, ideias ou sugestões dos colegas; apresentou excelente interação com o pesquisador, buscando de forma ativa sanar dúvidas e expor ideias; mostrou sinais de entusiasmo e felicidade em diversos momentos; programou e auxiliou seu grupo com a programação; não estabeleceu conversas paralelas, não se ausentou durante longo período das atividades de seu grupo, não fez uso de celular de forma inadequada nem se distraiu com outras coisas. De forma geral, apresentou-se bastante interessada e participativa.											
Análise referente às atividades da 2ª fase	Durante as atividades da segunda fase a aluna: utilizou os materiais fornecidos (notebook, tablet, kits de robótica) de forma adequada; manteve bom diálogo com seu grupo, em especial, como uma das colegas de equipe (E2); respeitou as opiniões, ideias ou sugestões de seus colegas; apresentou boa relação com o pesquisador, buscou de forma ativa sanar dúvidas e expor ideias; em alguns momentos mostrou sinais de entusiasmo e alegria, também se mostrou preocupada e frustrada quando enfrentava dificuldades na construção dos gráficos ou no ajuste dos motores (para fazer o carro andar em linha reta); programou, analisou vídeos, construiu e interpretou os gráficos solicitados, auxiliou menos vezes com as filmagens; poucas vezes estabeleceu conversas paralelas ou se distraiu com outras coisas, não fez uso do celular de forma inadequada nem se ausentou durante longo período das atividades de seu grupo. De forma geral, apresentou-se interessada e participativa.											
Análise referente às atividades da 3ª fase	Durante a atividade da terceira fase a aluna: utilizou os materiais fornecidos (notebook, tablet, kits de robótica) de forma adequada; dialogou menos vezes com seu grupo; respeitou as opiniões, ideias ou sugestões de seus colegas; apresentou excelente interação com o pesquisador, buscando de forma ativa sanar dúvidas e expor ideias; mostrou sinais de entusiasmo algumas vezes; discutiu estratégias, programou e, em alguns momentos, auxiliou com as filmagens; estabeleceu conversas paralelas de forma mais frequente e se distraiu mais vezes com outras coisas, poucas vezes usou o celular de forma inadequada e não se ausentou durante longo período das atividades de seu grupo. De forma geral, apresentou-se menos interessada e participativa em relação às fases anteriores.											
Comparativo escala de motivação antes (A) e depois (D) da sequência de atividades												
Média mot. intrínseca		Média mot. identificada		Média mot. introjetada		Média mot. ext. RS		Média mot. ext. RP		Média desmotivação		
A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	
4,25	4,50	4,82	4,45	4,00	3,00	1,50	1,50	2,00	1,00	1,00	1,00	
Síntese relativa à E1		A aluna apresentou muito bom envolvimento ao longo das atividades, em especial durante as duas primeiras fases. Porém, percebemos leve queda em seu engajamento comportamental no decorrer do trabalho, pois alguns comportamentos antes não percebidos começaram a acontecer, como: distrair-se com outras coisas, estabelecer conversas paralelas e fazer uso do celular. Na maior parte do tempo manteve foco na atividade, estabeleceu bom diálogo com seu grupo, em especial, com uma de suas colegas (E2) e com o pesquisador. Buscou trocar ideias, compartilhar sugestões, expor dúvidas, empenhou-se em participar de todas as etapas, mesmo naquelas em que apresentou dificuldade. Em diversos momentos mostrou-se entusiasmada ao realizar as atividades, embora também tenha apresentado frustração, principalmente ao longo da segunda fase, muito em função de correções que teve que fazer nos gráficos e durante os ajustes dos motores do carro.										

(continua)

Quadro 9. Ficha de análise do engajamento comportamental – Estudante E1 (continuação).

	<p>De forma geral, seu comportamento mostrou-se coerente com as declarações fornecidas durante as entrevistas. Ponderou que as atividades foram interessantes, pois possibilitou programar o carrinho, analisar o movimento e participar de todas as etapas de construção de um gráfico. Argumentou que isso lhe trouxe satisfação. Ao ser questionada sobre o que lhe motivou a participar (ou não) das atividades, respondeu que gostava de Física e a robótica possibilitou, de certa forma, ver a Física acontecer.</p> <p>Em relação à escala de motivação, percebemos que a aluna já apresentava motivação de boa qualidade e que isso se manteve durante as atividades com robótica, embora tenha apresentado queda na média da motivação externa por regulação identificada.</p>
--	--

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 10. Ficha de análise do engajamento comportamental – Estudante E2.

Nome:	Estudante E2		
Idade:	16 anos	Gênero:	Feminino
Turma:	L		
Análise referente às atividades da 1ª fase	Durante as atividades da primeira fase a aluna: utilizou os materiais fornecidos (notebook, tablet, kits de robótica) de forma adequada; dialogou intensamente com seu grupo, em especial, com uma de suas colegas de equipe (E1); respeitou as opiniões, ideias ou sugestões dos colegas; apresentou boa relação com o pesquisador, buscando de forma ativa sanar dúvidas e expor ideias; mostrou sinais de entusiasmo e felicidade em diversos momentos; auxiliou seu grupo com a programação; não estabeleceu conversas paralelas, não se ausentou durante longo período das atividades de seu grupo, não fez uso de celular de forma inadequada nem se distraiu com outras coisas. De forma geral, apresentou-se bastante interessada e participativa.		
Análise referente às atividades da 2ª fase	Durante as atividades da segunda fase a aluna: utilizou os materiais fornecidos (notebook, tablet, kits de robótica) de forma adequada; manteve bom diálogo com seu grupo, em especial com uma de suas colegas de equipe (E1); respeitou as opiniões, ideias ou sugestões de seus colegas; apresentou boa relação com o pesquisador, buscando de forma ativa sanar dúvidas e expor ideias; em alguns momentos mostrou sinais de entusiasmo e alegria, no entanto, também se mostrou ansiosa, principalmente quando enfrentava dificuldades na construção dos gráficos ou no ajuste dos motores (para fazer o carro andar em linha reta); auxiliou durante as programações, programou algumas vezes, analisou vídeos, auxiliou com a construção e interpretação dos gráficos solicitados, auxiliou menos vezes com as filmagens; poucas vezes estabeleceu conversas paralelas ou se distraiu com outras coisas, não fez uso do celular de forma inadequada nem se ausentou durante longo período das atividades de seu grupo. De forma geral, apresentou-se interessada e participativa.		
Análise referente às atividades da 3ª fase	Durante a atividade da terceira fase a aluna: Utilizou os materiais fornecidos (notebook, tablet, kits de robótica) de forma adequada; dialogou menos vezes com seu grupo; respeitou as opiniões, ideias ou sugestões de seus colegas; apresentou boa relação com o pesquisador, buscando de forma ativa sanar dúvidas e expor ideias; mostrou menos sinais de entusiasmo e em alguns momentos apresentou apatia; discutiu estratégias, auxiliou com a programação dos protótipos e, algumas vezes, auxiliou com as filmagens; estabeleceu conversas paralelas de forma mais frequente e se distraiu várias vezes com outras coisas, fez uso do celular de forma inadequada em alguns momentos, mas não se ausentou durante longo período das atividades de seu grupo. De forma geral, apresentou-se menos interessada e participativa em relação às fases anteriores.		

(continua)

Quadro 10. Ficha de análise do engajamento comportamental – Estudante E2 (continuação).

Comparativo escala de motivação antes (A) e depois (D) da sequência de atividades											
Média mot. intrínseca		Média mot. identificada		Média mot. introjetada		Média mot. ext. RS		Média mot. ext. RP		Média desmotivação	
A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D
2,33	3,08	4,64	4,27	4,67	4,33	1,00	1,38	2,60	1,60	1,00	1,09
Síntese relativa à E2		<p>A aluna apresentou muito bom envolvimento nas duas primeiras fases. Na terceira fase observamos queda no engajamento comportamental, uma vez que certos comportamentos passaram a ser mais frequentes, como: distrair-se com outras coisas, estabelecer conversas paralelas e fazer uso do celular. Na maior parte do tempo manteve-se focada na atividade, estabeleceu bom diálogo com seu grupo, em especial com uma de suas colegas (E1) e também com o pesquisador. Buscou trocar ideias, compartilhar sugestões, expor dúvidas, empenhou-se em participar de todas as etapas, mesmo naquelas em que apresentava dificuldade.</p> <p>De forma geral, seu comportamento mostrou-se coerente com as declarações fornecidas durante a entrevista. Relatou que considerou as atividades interessantes, pois lhe possibilitou tomar controle da aula e testar coisas. Ao ser questionada sobre o que lhe motivou a participar (ou não) das atividades, respondeu que participou ativamente, pois queria compreender melhor os conteúdos abordados, além de aprender sobre um novo assunto (robótica). Além disso, relatou que é importante aprender com o grupo.</p> <p>Em relação à escala de motivação, podemos perceber que houve aumento na média da motivação intrínseca e redução na extrínseca por regulação externa atrelada a observância a regras e fuga de punições, reforçando o que expressou via entrevista, que se sentiu livre para fazer as atividades, testar, discutir com os colegas. Tais elementos provavelmente contribuíram para que se sentisse menos pressionada por demandas externas (como solicitações do professor e avaliações).</p>									

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 11. Ficha de análise do engajamento comportamental – Estudante E3.

Nome:	Estudante E3		
Idade:	15 anos	Gênero:	Feminino
Turma:	L		
Análise referente às atividades da 1ª fase	<p>Durante as atividades da primeira fase a aluna: utilizou os materiais fornecidos (notebook, tablet, kits de robótica) de forma adequada; respeitou as opiniões, ideias ou sugestões dos colegas; pouco dialogou com seus colegas acerca das atividades; não buscou ajuda do pesquisador, nem expôs suas dúvidas durante os momentos de interação que teve com ele; apresentou entusiasmo em alguns momentos; auxiliou algumas vezes seu grupo em relação à programação, porém permaneceu mais tempo observando; estabeleceu conversas paralelas algumas vezes, bem como se distraiu com outras coisas, poucas vezes utilizou o celular de forma inadequada e não se ausentou durante longo período das atividades de seu grupo. De forma geral, apresentou-se interessada, mas pouco participativa.</p>		

(continua)

Quadro 11. Ficha de análise do engajamento comportamental – Estudante E3 (continuação).

<p>Análise referente às atividades da 2ª fase</p>	<p>Durante as atividades da segunda fase a aluna: poucas vezes utilizou os materiais fornecidos (notebook, tablet, kits de robótica); apresentou pouca reação às opiniões, ideias ou sugestões de seus colegas, de forma a não ser possível identificar se as aceitou ou não; pouco dialogou com seu grupo acerca das atividades; não buscou ajuda do pesquisador, nem expôs suas dúvidas durante os momentos de interação que teve com ele; não mostrou sinais de entusiasmo nem alegria, de forma frequente apresentou indiferença em relação às atividades; pouco auxiliou durante as programações, não programou, raramente auxiliou com a análise dos vídeos, não contribuiu com a construção ou interpretação dos gráficos, auxiliou algumas vezes com as filmagens; estabeleceu conversas paralelas e se distraiu com outras coisas de forma bastante frequente, fez uso do celular de forma inadequada diversas vezes, mas não se ausentou durante longo período das atividades de seu grupo. De forma geral, apresentou-se pouco interessada e participativa.</p>												
<p>Análise referente às atividades da 3ª fase</p>	<p>Durante a atividade da terceira fase a aluna: poucas vezes utilizou os materiais fornecidos (notebook, tablet, kits de robótica); apresentou pouca reação às opiniões, ideias ou sugestões de seus colegas, de forma a não ser possível identificar se as aceitou ou não; pouco dialogou com seu grupo acerca da atividade; não buscou ajuda do pesquisador, nem expôs suas dúvidas durante os momentos de interação que teve com ele; em alguns momentos mostrou sinais de entusiasmo, em especial quando teve sua ajuda solicitada por outros colegas de grupo; não se interessou em participar das discussões acerca das estratégias que seriam utilizadas para cumprir a tarefa; não programou e poucas vezes auxiliou com a programação e com a montagem do aparato experimental, auxiliou com as filmagens; estabeleceu conversas paralelas de forma bastante frequente, distraiu-se constantemente com outras coisas, fez uso do celular de forma inadequada em diversos momentos, mas não se ausentou durante longo período das atividades de seu grupo. De forma geral, apresentou-se pouco interessada e participativa.</p>												
Comparativo escala de motivação antes (A) e depois (D) da sequência de atividades													
Média mot. intrínseca		Média mot. identificada		Média mot. introjetada		Média mot. ext. RS		Média mot. ext. RP		Média desmotivação			
A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D		
3,00	2,42	3,64	3,09	5,00	5,00	1,38	1,00	4,20	2,40	1,09	1,45		
<p>Síntese relativa à E3</p>		<p>A aluna apresentou algum interesse e participação na primeira fase das atividades. Posteriormente, demonstrou curiosidade no primeiro dia de contato com o carrinho. Nas demais oportunidades, expressou indiferença e pouco contribuiu com seu grupo. Frequentemente estabeleceu conversas paralelas, distraiu-se com outras coisas e usou o celular, indicando que as atividades não lhe envolveram. Não manteve o foco e em raras oportunidades trocou ideias, deu sugestões ou expos dúvidas.</p> <p>De forma geral, seu comportamento e suas declarações trouxeram algumas inconsistências. Afirmou que considerou as atividades interessantes, que foram legais, pois a fizeram sair da rotina e que se envolveu com a programação. Porém, de forma habitual apresentou uma conduta dispersiva. Além disso, praticamente não programou ou auxiliou seu grupo com a programação. Ao ser questionada sobre o que lhe motivou a participar (ou não) das atividades, respondeu que participou pouco da parte que envolvia Matemática (como construção e análise dos gráficos), o que de fato foi percebido, porém, disse que se interessou pela programação devido às questões lógicas, mas nenhum envolvimento foi observado de forma consistente.</p> <p>Em relação à escala de motivação, percebemos queda nas motivações mais autodeterminadas, manutenção de uma grande pontuação na motivação introjetada e queda significativa na média da motivação por regulação externa relacionada à observância a regras ou fuga de punições.</p>											

(continua)

Quadro 11. Ficha de análise do engajamento comportamental – Estudante E3 (continuação).

	Tais elementos podem indicar que a aluna sentiu-se menos pressionada por contingências externas ao longo das tarefas (como as solicitações do professor, avaliações), porém sua falta de interesse pelas atividades, de forma particular, e pela Física, de modo geral, levou a pouca participação. A manutenção da média elevada em relação à motivação externa por regulação introjetada pode indicar que a aluna ainda se percebe pressionada por questões internas, as quais ela mesma se impõe. Como por exemplo, opta por fazer as atividades para não se sentir culpada, com vergonha do professor ou colegas, ou então, para preservar sua autoestima. Porém, ao que parece, no caso das atividades envolvendo robótica, tais elementos (internos) de controle não foram suficientes para fazer com que participasse de forma ativa.
--	--

Fonte: Elaborado pelo autor.

Sujeito E4 (Turma L): A estudante E4 formou grupo com mais dois colegas, sendo um do gênero feminino e um do masculino. De sua equipe, apenas ela foi convidada a participar dessa etapa da pesquisa, pois inicialmente havíamos classificado a estudante como apresentando apenas bom engajamento. Contudo, uma análise mais detalhada revelou maior conduta positiva e envolvimento para com as atividades do que o inicialmente considerado. Durante as atividades, a aluna apresentou-se participativa, buscando dialogar e expressar suas ideias, interagindo principalmente com sua colega. Programou, analisou vídeos, construiu e interpretou gráficos, sempre em conjunto com a outra integrante de sua equipe, a qual também se manteve engajada durante toda as atividades. Enquanto isso, o outro membro do grupo inicialmente apresentou interesse pelas atividades, porém na metade da segunda fase já evidenciava baixo engajamento, contribuindo minimamente com as ações da equipe. Em geral, E4 manteve bom nível de engajamento comportamental ao longo de todas as fases. De forma constante buscou entendimento a respeito dos conteúdos que estavam sendo abordados, seja em relação à robótica ou à Física. Apontou que as atividades lhe chamaram bastante a atenção e que, por isso, envolveu-se bem mais do que o habitual durante as aulas de física. A seguir, apresentamos sua ficha de análise (Quadro 12).

Quadro 12. Ficha de análise do engajamento comportamental – Estudante E4.

Nome:	Estudante E4		
Idade:	15 anos	Gênero:	Feminino
Turma:	L		
Análise referente às atividades da 1ª fase	Durante as atividades da primeira fase a aluna: utilizou os materiais fornecidos (notebook, tablet, kits de robótica) de forma adequada; respeitou as opiniões, ideias ou sugestões dos colegas; apresentou boa relação com o pesquisador, buscando de forma ativa sanar dúvidas e expor ideias; apresentou entusiasmo e felicidade em diversos momentos durante a atividade; programou e auxiliou sua equipe durante as etapas de programação, não estabeleceu conversas paralelas, não se distraiu com outras coisas, não usou o celular de forma inadequada nem se ausentou durante longo período das atividades de seu grupo. De forma geral, apresentou-se bastante interessada e participativa.		

(continua)

Quadro 12. Ficha de análise do engajamento comportamental – Estudante E4 (continuação).

Análise referente às atividades da 2ª fase	Durante as atividades da segunda fase a aluna: utilizou os materiais fornecidos (notebook, tablet, kits de robótica) de forma adequada; respeitou as opiniões, ideias ou sugestões dos colegas; apresentou excelente relação com o pesquisador, buscando de forma ativa sanar dúvidas e expor ideias; frequentemente apresentou entusiasmo e felicidade durante a realização das atividades; programou e auxiliou sua equipe com a programação, analisou os vídeos, construiu e interpretou os gráficos solicitados e também auxiliou durante as filmagens; mostrou-se focada na atividade, dialogou constantemente com seu grupo, apresentando ideias, sugestões, expos suas dúvidas; poucas vezes estabeleceu conversas paralelas, fez uso do celular de forma inadequada ou se distraiu com outras coisas; normalmente manteve-se concentrada na atividade. De forma geral, apresentou-se bastante interessada e participativa.											
Análise referente às atividades da 3ª fase	Durante a atividade da terceira fase a aluna: utilizou os materiais fornecidos (notebook, tablet, kits de robótica) de forma adequada; respeitou as opiniões, ideias ou sugestões dos colegas; apresentou boa relação com o pesquisador, buscou de forma ativa sanar dúvidas e expor ideias; apresentou entusiasmo poucas vezes durante a atividade; participou intensamente das discussões em relação às estratégias que seriam utilizadas para cumprir a tarefa, porém, não com todo o grupo, apenas com uma colega; programou e auxiliou com a programação e com a montagem do aparato experimental, não participou das filmagens; em poucos momentos estabeleceu conversas paralelas, distraiu-se com outras coisas ou fez uso do celular de forma inadequada, não se ausentou durante longo período das atividades de seu grupo. De forma geral, apresentou-se interessada e participativa.											
Comparativo escala de motivação antes (A) e depois (D) da sequência de atividades												
Média mot. intrínseca		Média mot. identificada		Média mot. introjetada		Média mot. ext. RS		Média mot. ext. RP		Média desmotivação		
A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	
1,75	2,75	2,55	3,36	4,67	4,67	3,00	1,88	4,60	4,00	2,36	2,00	
Síntese relativa à E4	<p>A aluna apresentou muito bom envolvimento ao longo de todas as atividades, em especial, nas duas primeiras fases. Na maior parte do tempo manteve o foco na tarefa, dialogou de forma frequente com seu grupo, principalmente com uma de suas colegas, compartilhou ideias e apresentou suas dúvidas. Recorreu diversas vezes ao pesquisador quando sua dúvida não era esclarecida dentro da equipe. Empenhou-se em participar de todas as etapas, principalmente naquelas onde encontrava dificuldades. Evitou estabelecer conversas paralelas ou se distrair com outras coisas até finalizar o que estava fazendo. Em diversas oportunidades apresentou entusiasmo e felicidade ao realizar as atividades.</p> <p>De forma geral, seu comportamento mostrou-se coerente com as declarações fornecidas. Argumentou que as atividades foram interessantes e que foi bem mais divertido trabalhar Física dessa forma. Sobre o que lhe motivou a participar (ou não) das atividades, respondeu que gostou de robótica desde o primeiro dia e que a cada aula encontrava algo novo de seu interesse. Comentou que gostaria que tivesse robótica durante todo o ensino médio e não só no primeiro ano.</p> <p>Em relação à escala de motivação, podemos perceber aumento nas motivações mais autodeterminadas (intrínseca e identificada), manutenção na motivação introjetada, cuja pontuação foi elevada, e queda nas motivações do tipo controlada (com destaque para regulação externa por recompensas sociais) e na desmotivação. Tais elementos indicam que houve melhora na qualidade motivacional da aluna e que ela se interessou pelas atividades, o que é consistente com suas declarações.</p>											

Fonte: Elaborado pelo autor.

Sujeito E5 (Turma L): O estudante E5 compôs grupo com mais duas alunas boa parte das atividades. De sua equipe, apenas ele foi convidado a participar dessa etapa, pois apresentou engajamentos bastante distintos no decorrer das atividades. Em relação às outras integrantes, uma delas apresentou bom engajamento comportamental, buscando programar, analisar as filmagens e construir os gráficos. Já a outra aluna, proveniente de intercâmbio, pouco interagiu durante as atividades. Quanto ao estudante E5, durante a primeira fase manteve-se interessado e participativo, buscando sempre tomar as ações em relação à programação. Na segunda fase, seu engajamento comportamental caiu, apresentou-se menos interessado, participando apenas das etapas de programação, contribuindo pouco para as demais. Na terceira fase apresentou-se desengajado comportamentalmente. Manteve-se disperso, inclusive foi retirado de seu grupo original pelos demais membros, pois permaneceu boa parte da atividade caminhando pelo laboratório. Acabou acolhido por outra equipe para finalizar a tarefa. Durante a entrevista, deixou claro que apresentou dedicação apenas nos momentos em que estava programando, mostrando pouco ou nenhum interesse pelas demais etapas que envolviam discussões de conceitos cinemáticos e análise gráfica. A seguir, apresentamos sua ficha de análise (Quadro 13).

Quadro 13. Ficha de análise do engajamento comportamental – Estudante E5.

Nome:	Estudante E5		
Idade:	17 anos	Gênero:	Masculino
Turma:	L		
Análise referente às atividades da 1ª fase	Durante as atividades da primeira fase o aluno: utilizou os materiais fornecidos (notebook, tablet, kits de robótica) de forma adequada; não foi possível observar se respeitou as opiniões, ideias ou sugestões dos colegas; apresentou pouca interação com o pesquisador, buscando suporte poucas vezes; não apresentou entusiasmo durante a realização das atividades; concentrou-se na programação e pouco interagiu com seu grupo; poucas vezes estabeleceu conversas paralelas ou se distraiu com outras coisas, algumas vezes fez uso do celular de forma inadequada, porém não se ausentou durante longo período das atividades do grupo. De forma geral, apresentou-se interessado pela parte de programação, mas pouco participativo em relação à interação com sua equipe.		
Análise referente às atividades da 2ª fase	Durante as atividades da segunda fase o aluno: utilizou os materiais fornecidos (notebook, tablet, kits de robótica) de forma adequada; não foi possível observar se respeitou as opiniões, ideias ou sugestões dos colegas; apresentou pouca interação com o pesquisador, buscando suporte poucas vezes; não apresentou entusiasmo durante a realização das atividades. Na primeira atividade interagiu de forma mais frequente com seus colegas, porém na segunda, praticamente não participou; o aluno faltou numa das aulas e na que estava presente sua equipe analisou os vídeos e construiu os gráficos. Dessas etapas não quis participar. Esse comportamento foi recorrente, demonstrava interesse pela programação e desengajava completamente nas demais etapas. De forma frequente estabeleceu conversas paralelas e se distraiu com outras coisas, algumas vezes usou o celular de forma inadequada e se ausentou durante longo período das atividades do grupo. De forma geral, apresentou-se desinteressado, participando apenas durante as etapas de programação.		

(continua)

Quadro 13. Ficha de análise do engajamento comportamental – Estudante E5 (continuação).

Análise referente às atividades da 3ª fase											
Durante a atividade da terceira fase o aluno: não utilizou os materiais fornecidos (notebook, tablet, kits de robótica) de forma adequada durante toda a atividade, pois permaneceu brincando com os equipamentos de medição (trena); não respeitou as opiniões, ideias ou sugestões dos colegas ao não observar as solicitações do seu grupo para que auxiliasse com a atividade, permaneceu disperso em conversas com outros grupos; interagiu pouco com o pesquisador; após tentar programar o sensor de distância sem sucesso, desistiu da atividade deixando seu grupo para caminhar pelo laboratório; não contribuiu com a discussão das estratégias; frequentemente estabeleceu conversas paralelas, usou o celular, distraiu-se com outras coisas e se ausentou durante longo período das atividades de seu grupo. Foi retirado do seu grupo pelos outros membros. De forma geral, apresentou-se desinteressado e pouco participativo.											
Comparativo escala de motivação antes (A) e depois (D) da sequência de atividades											
Média mot. intrínseca		Média mot. identificada		Média mot. introjetada		Média mot. ext. RS		Média mot. ext. RP		Média desmotivação	
A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D
3,25	2,17	4,18	3,64	1,33	1,00	2,13	1,50	4,00	3,20	2,09	2,00
Síntese relativa à E5											
O aluno apresentou bom envolvimento durante a primeira fase das atividades e pouquíssimo interesse nas posteriores, onde se iniciaram as discussões acerca de Cinemática. Procurou participar somente nas etapas de programação, dispersando nos demais momentos. Manteve pouco diálogo com sua equipe. Poucas vezes recorreu ao pesquisador para retirar dúvidas e, quando o fez, todas eram referentes à programação. Não apresentou entusiasmo durante a realização das atividades. Estabeleceu conversas paralelas, utilizou o celular, distraiu-se com outras coisas e permaneceu longo período ausente das atividades de seu grupo. De forma geral, seu comportamento e declarações fornecidas via entrevista foram consistentes. Embora tenha alegado que as atividades foram interessantes, possivelmente se referiu as etapas em que se viu engajado (programação), pois nas demais não se envolveu. Tal aspecto é reforçado quando o estudante alega não ter gostado de trabalhar com gráficos e que as atividades da primeira e segunda fase foram as que mais lhe chamaram a atenção, justamente porque foram as atividades que envolviam mais etapas de programações. Em relação à atividade da terceira fase, cujo objetivo era discutir estratégias para obtenção da velocidade escalar média, o aluno disse que não gostou, pois envolvia muita discussão (de conceitos físicos). Quando perguntado a respeito do que lhe motivou a participar (ou não) das atividades, respondeu que gostava de programar e que fazer as atividades era uma maneira interessante de mostrar para si mesmo o quanto sabia a respeito disso. Em relação à escala de motivação, percebemos queda em todas as médias. Porém, a maior ocorreu na motivação intrínseca, o que se apresenta de acordo com a análise comportamental, uma vez que o aluno se mostrou desengajado na maior parte do tempo, em especial, nos momentos em que não estava programando. A queda na média das motivações extrínsecas (por regulação externa) pode indicar que o estudante se percebeu menos afetado por contingências externas, como solicitações do professor, avaliações ou outros tipos de controle. Dessa forma, podemos inferir que as atividades não foram capazes de afetar positivamente sua motivação para realizar atividades didáticas de Física.											

Fonte: Elaborado pelo autor.

Sujeito E6 (Turma M): Inicialmente, a estudante E6 formou grupo com três colegas, todas do gênero feminino. No final da segunda fase, mais uma integrante se juntou ao grupo, vinda de transferência entre escolas. De sua equipe, apenas ela foi convidada a participar dessa etapa

da pesquisa, dado seu muito bom engajamento durante as atividades. Em relação à dinâmica geral de seu grupo, todos os membros buscavam assumir alguma função, programando, filmando, ajudando a analisar o vídeo ou construindo gráficos. Entretanto, alguns com menos envolvimento, outros mais participativos. A aluna E6 foi a que apresentou maior engajamento dentro de seu grupo. Durante as atividades, E6 normalmente apresentou-se interessada, participativa, buscou dialogar com os demais membros, expressando ideias e dúvidas. Não quis programar, mas contribuiu de forma efetiva durante essa etapa, questionando o professor e repassando informações aos demais colegas. Envolveu-se mais com a parte de análise dos vídeos e construção dos gráficos. Argumentou que participou das atividades porque gostou delas, viu oportunidade de melhorar seu entendimento a respeito dos assuntos tratados e que trabalhar em grupo facilitou. A seguir, apresentamos sua ficha de análise (Quadro 14).

Quadro 14. Ficha de análise do engajamento comportamental – Estudante E6.

Nome:	Estudante E6		
Idade:	15 anos	Gênero:	Feminino
Turma:	M		
Análise referente às atividades da 1ª fase	Durante as atividades da primeira fase a aluna: utilizou os materiais fornecidos (notebook, tablet, kits de robótica) de forma adequada; respeitou as opiniões, ideias ou sugestões dos colegas; apresentou boa interação com o pesquisador, buscando de forma ativa sanar dúvidas e expor ideias; apresentou com frequência entusiasmo durante as atividades; não estabeleceu conversas paralelas, não se distraiu com outras coisas, não fez uso do celular de forma inadequada nem se ausentou durante longo período das atividades de seu grupo. De forma geral, apresentou-se interessada e participativa.		
Análise referente às atividades da 2ª fase	Durante as atividades da segunda fase a aluna: utilizou os materiais fornecidos (notebook, tablet, kits de robótica) de forma adequada; respeitou as opiniões, ideias ou sugestões dos colegas; apresentou excelente interação com o pesquisador, buscando sanar dúvidas de forma ativa; interagiu com seus colegas de forma frequente, dialogando acerca das atividades; apresentou entusiasmo e alegria de forma recorrente durante as atividades, porém apresentou visíveis sinais de frustração durante o ajuste dos motores; não quis programar, mas auxiliou com a programação em diversos momentos, filmou, analisou vídeos, construiu e interpretou os gráficos solicitados; raramente estabeleceu conversas paralelas, poucas vezes se distraiu com outras coisas ou usou o celular de forma inadequada, não se ausentou durante longo período das atividades de seu grupo. De forma geral, apresentou-se interessada e participativa.		
Análise referente às atividades da 3ª fase	Durante a atividade da terceira fase a aluna: utilizou os materiais fornecidos (notebook, tablet, kits de robótica) de forma adequada; respeitou as opiniões, ideias ou sugestões dos colegas; apresentou excelente interação com o pesquisador, buscando sanar dúvidas de forma ativa; interagiu com seus colegas de forma frequente, dialogando acerca das atividades; apresentou entusiasmo algumas vezes durante as atividades; não quis programar, mas auxiliou, discutiu estratégias e ajudou com a montagem da atividade experimental; estabeleceu conversas paralelas e se distraiu algumas vezes, porém não usou o celular de forma inadequada, nem se ausentou durante longo período das atividades de seu grupo. De forma geral, apresentou-se interessada e participativa.		

(continua)

Quadro 14. Ficha de análise do engajamento comportamental – Estudante E6 (continuação).

Comparativo escala de motivação antes (A) e depois (D) da sequência de atividades											
Média mot. intrínseca		Média mot. identificada		Média mot. introjetada		Média mot. ext. RS		Média mot. ext. RP		Média desmotivação	
A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D
4,08	4,42	3,45	3,49	3,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Síntese relativa à E6		A aluna apresentou muito bom envolvimento ao longo de todas as atividades, embora na terceira fase alguns comportamentos tenham aumentado de frequência, como: distrair-se com outras coisas e estabelecer conversas paralelas. Contudo, na maior parte do tempo manteve-se focada. Estabeleceu boa relação com seu grupo e com o pesquisador, dialogando de forma intensa. Empenhou-se em participar de todas as etapas, principalmente da análise dos vídeos e da construção dos gráficos. Em diversos momentos mostrou-se entusiasmada, porém também apresentou frustração, principalmente durante a segunda fase em função dos ajustes que seu grupo teve que fazer nos motores para que o carro andasse em linha reta.									
		De forma geral, seu comportamento mostrou-se coerente com as declarações fornecidas via entrevista. Argumentou que as atividades foram interessantes porque foram diferentes, que os materiais eram didáticos e teve bastante vontade de participar. Ao ser questionada sobre o que lhe motivou a participar (ou não) das atividades, respondeu que elas estavam contribuindo com o entendimento da matéria, mas que também eram interessantes e, por isso, teve vontade de fazê-las. Disse que achou o trabalho bem dinâmico e que é importante participar, pois é algo que talvez não tenha oportunidade de fazer novamente.									
		Em relação à escala de motivação, observamos altos valores para os tipos de motivação mais autodeterminadas (intrínseca e identificada) tanto antes quanto após a aplicação da sequência didática. Ao mesmo tempo, as motivações do tipo controlada e a desmotivação marcaram os valores mínimos. Isso indica as atividades contribuíram para manter a boa qualidade motivacional que a aluna já apresentava, inclusive, melhorando a motivação intrínseca.									

Fonte: Elaborado pelo autor.

Sujeito E7 (Turma M): O estudante E7 formou grupo com três colegas, todos do gênero masculino. De sua equipe, apenas ele foi convidado a participar dessa etapa da pesquisa. Inicialmente o estudante E7 foi convidado, pois as observações feitas *in loco* indicavam que ele apresentava bom engajamento. Contudo, a análise mais detalhada revelou que seu engajamento era maior do que o inicialmente identificado. Seu grupo, de forma geral apresentou boa dinâmica, todos os membros buscaram participar da atividade, embora não se tenha percebido rodízio de funções. Alguns membros, por exemplo, buscavam auxiliar na programação ou na construção dos gráficos, porém sem assumir essas ações. Durante as atividades, E7 apresentou-se participativo, dialogou de forma frequente, trocou ideias e apresentou suas dúvidas. Manteve-se engajado comportamentalmente, principalmente, na segunda e terceira fases. Durante a primeira, mostrou menos envolvimento. De forma geral, não quis programar, mas contribuiu com seu grupo questionando o professor e repassando informações aos demais colegas. Participou mais ativamente da análise dos vídeos e da construção dos gráficos. Argumentou que inicialmente fez as atividades pela nota, mas aos

poucos foi se interessando, principalmente devido a dois fatores: (1) percebeu evolução em sua compreensão a respeito dos assuntos abordados e (2) seu grupo envolveu-se de forma bastante positiva durante as atividades. A seguir, apresentamos sua ficha de análise (Quadro 15).

Quadro 15. Ficha de análise do engajamento comportamental – Estudante E7.

Nome:	Estudante E7										
Idade:	15 anos				Gênero:			Masculino			
Turma:	M										
Análise referente às atividades da 1ª fase	Durante as atividades da primeira fase o aluno: utilizou os materiais fornecidos (notebook, tablet, kits de robótica) de forma adequada; respeitou as opiniões, ideias ou sugestões dos colegas; apresentou boa interação com o pesquisador, buscando de forma ativa sanar dúvidas e expor ideias; não apresentou entusiasmo durante as atividades; não estabeleceu conversas paralelas, não se distraiu com outras coisas, não fez uso do celular de forma inadequada nem se ausentou durante longo período das atividades de seu grupo. De forma geral, apresentou-se participativo.										
Análise referente às atividades da 2ª fase	Durante as atividades da segunda fase o aluno: utilizou os materiais fornecidos (notebook, tablet, kits de robótica) de forma adequada; respeitou as opiniões, ideias ou sugestões dos colegas; apresentou excelente interação com o pesquisador, buscando sanar dúvidas de forma ativa; interagiu com seus colegas de forma frequente, dialogando acerca das atividades; apresentou entusiasmo de forma recorrente durante as atividades; não quis programar, porém auxiliou sua equipe durante a etapa de programação, filmou, analisou os vídeos, ajudou a construir e interpretar os gráficos solicitados; raramente estabeleceu conversas paralelas, poucas vezes se distraiu com outras coisas, não usou o celular nem se ausentou durante longo período das atividades de seu grupo. De forma geral, apresentou-se interessado e participativo.										
Análise referente às atividades da 3ª fase	Durante a atividade da terceira fase o aluno: utilizou os materiais fornecidos (notebook, tablet, kits de robótica) de forma adequada; respeitou as opiniões, ideias ou sugestões dos colegas; apresentou excelente interação com o pesquisador, buscando sanar dúvidas de forma ativa; interagiu com seus colegas de forma frequente, dialogando acerca das atividades; apresentou entusiasmo frequentemente; não quis programar, discutiu estratégias, filmou e ajudou com a montagem da atividade experimental; poucas vezes estabeleceu conversas paralelas, distraiu-se ou usou o celular de forma inadequada, não se ausentou durante longo período das atividades de seu grupo. De forma geral, apresentou-se bastante interessado e participativo.										
Comparativo escala de motivação antes (A) e depois (D) da sequência de atividades											
Média mot. intrínseca		Média mot. identificada		Média mot. introjetada		Média mot. ext. RS		Média mot. ext. RP		Média desmotivação	
A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D
2,67	2,75	3,09	4,27	1,67	1,33	1,50	1,00	3,40	3,40	1,45	1,00

(continua)

Quadro 15. Ficha de análise do engajamento comportamental – Estudante E7 (continuação).

Síntese relativa à E7	<p>O aluno apresentou muito bom envolvimento ao longo das atividades, em especial, na segunda e terceira fase. Em geral, manteve o foco na tarefa, apresentou excelente interação com o pesquisador e com seus colegas, dialogando de forma intensa. Empenhou-se em participar de todas as etapas, porém não quis programar. Frequentemente mostrou-se entusiasmado ao realizar a atividade. Poucas vezes estabeleceu conversas paralelas ou se distraiu com outras coisas, raramente usou o celular e nunca se ausentou das atividades do seu grupo.</p> <p>De forma geral, seu comportamento mostrou-se coerente com as declarações fornecidas via entrevista. O aluno enfatizou que as atividades foram interessantes, porque lhe ajudaram a melhorar o entendimento sobre os gráficos. Ao ser questionado sobre o que lhe motivou a participar (ou não) da atividade, respondeu que inicialmente foi pela nota, porém se viu interessando pela atividade com o passar do tempo. Falou que as achou interessantes por conta da liberdade que teve e também pelo conhecimento que adquiriu.</p> <p>Em relação à escala de motivação, observamos aumento nas médias das motivações do tipo autônomas, com destaque para a motivação extrínseca por regulação identificada, o que está de acordo com as respostas oferecidas e com seu comportamento. Conforme pontua De Sordi (2015), um estudante motivado por regulação identificada realiza as tarefas por reconhecê-las como importantes e por apresentar empatia à atividade ou ao professor, desenvolve as ações por escolha própria e não por qualquer tipo de pressão externa ou interna. Assim, podemos inferir que as atividades envolvendo robótica, em especial, as da segunda e terceira fase parecem ter contribuído para uma melhora na qualidade motivacional do estudante.</p>
--------------------------------------	--

Fonte: Elaborado pelo autor.

Sujeitos E8 e E9 (Turma N): As estudantes E8 e E9 formaram uma dupla. De maneira geral, apresentaram-se participativas, dialogaram de forma frequente, trocaram ideias e expuseram suas dúvidas. E8 viu-se envolvida em quase todas as etapas. E9 participou mais das discussões, contribuiu filmando e analisando o material sempre que pode. Por apresentar baixa visão, não conseguiu participar da etapa de construção dos gráficos (a atividade não se mostrou acessível para ela). Dentro da dupla não houve revezamento, E8 foi quem exerceu a função de programação e construiu os gráficos. E9 buscou programar algumas vezes durante a primeira fase, mas não quis prosseguir nas fases seguintes. As alunas mantiveram-se engajadas comportamentalmente em quase todas as fases, havendo pequena queda de envolvimento na última fase. Da mesma forma que E7, inicialmente a percepção do pesquisador, mediante as análises feitas *in loco* durante as atividades, indicava que E8 e E9 apresentavam, respectivamente, bom e baixo engajamento comportamental. Entretanto, análises posteriores provenientes de observações feitas mediante videogravações, indicaram maior engajamento por parte das alunas em questão. A seguir, apresentamos suas fichas de análise (Quadros 16 e 17).

Quadro 16. Ficha de análise do engajamento comportamental – Estudante E8.

Nome:	Estudante E8										
Idade:	15 anos				Gênero:			Feminino			
Turma:	N										
Análise referente às atividades da 1ª fase	Durante as atividades da primeira fase a aluna: utilizou os materiais fornecidos (notebook, tablet, kits de robótica) de forma adequada; respeitou as opiniões, ideias ou sugestões de sua colega (E9); apresentou boa interação com o pesquisador, buscando sanar suas dúvidas; apresentou entusiasmo em alguns momentos durante as atividades; não estabeleceu conversas paralelas, não se distraiu com outras coisas, não fez uso do celular de forma inadequada nem se ausentou durante longo período das atividades de seu grupo. De forma geral, apresentou-se interessada e participativa.										
Análise referente às atividades da 2ª fase	Durante as atividades da segunda fase a aluna: utilizou os materiais fornecidos (notebook, tablet, kits de robótica) de forma adequada; respeitou as opiniões, ideias ou sugestões de sua colega (E9); apresentou boa interação com o pesquisador, buscando sanar dúvidas de forma ativa; interagiu com seus colegas de forma, dialogando acerca das atividades; em raras oportunidades apresentou entusiasmo, porém em diversos momentos demonstrou-se frustrada, em especial, ao enfrentar qualquer problema relacionado à programação; programou frequentemente, ajudou com as filmagens, construiu e interpretou os gráficos solicitados; poucas vezes estabeleceu conversas paralelas, distraiu-se com outras coisas ou usou o celular, não se ausentou durante longo período das atividades de seu grupo. De forma geral, apresentou-se participativa.										
Análise referente às atividades da 3ª fase	Durante a atividade da terceira fase a aluna: utilizou os materiais fornecidos (notebook, tablet, kits de robótica) de forma adequada na maior parte do tempo; respeitou as opiniões, ideias ou sugestões de sua colega (E9); apresentou boa interação com o pesquisador, buscando sanar dúvidas de forma ativa; interagiu com seus colegas, dialogando, apresentando ideias e dúvidas; poucas vezes apresentou entusiasmo durante a atividade; discutiu estratégias, programou, filmou e ajudou com a montagem da atividade experimental; estabeleceu conversas paralelas ou se distraiu algumas vezes, poucas vezes usou o celular de forma inadequada, não se ausentou durante longo período das atividades de seu grupo. De forma geral, apresentou-se participativa.										
Comparativo escala de motivação antes (A) e depois (D) da sequência de atividades											
Média mot. Intrínseca		Média mot. Identificada		Média mot. Introjetada		Média mot. Ext. RS		Média mot. Ext. RP		Média desmotivação	
A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D
1,42	1,92	3,64	3,64	4,33	5,00	1,63	2,38	5,00	5,00	1,73	1,36
Síntese relativa à E8	<p>A aluna apresentou muito bom envolvimento ao longo de todas as atividades, em especial, na primeira fase. Em geral, manteve o foco na tarefa. Apresentou boa interação com o pesquisador e com sua dupla (E9), dialogando e trocando ideias sempre que necessário. Esforçou-se nas etapas em que tinha dificuldades, principalmente durante as programações. Mostrou-se entusiasmada poucas vezes. Em alguns momentos apresentou sinais de frustração, em especial, durante os ajustes dos motores do carro. Algumas vezes estabeleceu conversas paralelas ou se distraiu com outras coisas, raramente usou o telefone de modo inadequado e não se ausentou das atividades de seu grupo.</p> <p>De forma geral, seu comportamento mostrou-se coerente com as declarações fornecidas. A aluna considerou que as atividades foram interessantes, em especial, as da primeira fase. Ao ser questionada sobre o que lhe motivou a participar (ou não) das atividades, respondeu que foi para manter as notas. Ponderou que, sob seu ponto de vista, os alunos devem se propor a fazer o que o professor solicita, pois isso seria o correto. E embora não tenha gostado de todas as atividades, procurou se empenhar em todas elas.</p>										

(continua)

Quadro 16. Ficha de análise do engajamento comportamental – Estudante E8 (continuação).

	<p>Assim, embora seu engajamento comportamental tenha sido muito bom, não estabeleceu relação com motivações do tipo autônomas. Como seu próprio relato sugere, seu comportamento deu-se em cumprimento às demandas que a escola ou o professor apresentaram e não por vontade ou escolha própria.</p> <p>Ao analisarmos a escala de motivação percebemos coerência, pois as maiores pontuações estão dentro das motivações por regulação introjetada e por regulação externa relacionada à observância de regras e fuga de punições, as quais já se mostravam elevadas antes das atividades com robótica. Essas duas motivações são do tipo controlada, embora uma relacione-se a demandas externas (como solicitações do professor, notas) e a outra a processos internos (como vergonha, culpa). De positivo, podemos perceber aumento na motivação intrínseca e queda na desmotivação.</p>
--	--

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 17. Ficha de análise do engajamento comportamental – Estudante E9.

Nome:	Estudante E9											
Idade:	14 anos				Gênero:	Feminino						
Turma:	N											
Análise referente às atividades da 1ª fase	Durante as atividades da primeira fase a aluna: utilizou os materiais fornecidos (notebook, tablet, kits de robótica) de forma adequada; respeitou as opiniões, ideias ou sugestões de sua colega (E8); apresentou boa interação com o pesquisador, buscando sanar suas dúvidas; apresentou entusiasmo algumas vezes durante as atividades; não estabeleceu conversas paralelas, não se distraiu com outras coisas, não fez uso do celular de forma inadequada nem se ausentou durante longo período das atividades de seu grupo. De forma geral, apresentou-se interessada e participativa.											
Análise referente às atividades da 2ª fase	Durante as atividades da segunda fase a aluna: utilizou os materiais fornecidos (notebook, tablet, kits de robótica) de forma adequada; respeitou as opiniões, ideias ou sugestões de sua colega (E8); apresentou boa interação com o pesquisador, buscando sanar dúvidas; não apresentou entusiasmo durante as atividades; não programou mas auxiliou na etapa de programação, filmou os movimentos do carrinho, auxiliou com a construção e interpretação dos gráficos solicitados na maior parte das vezes; não estabeleceu conversas paralelas, algumas vezes se distraiu com outras coisas ou usou o celular de forma inadequada, mas não se ausentou durante longo período das atividades de seu grupo. De forma geral, apresentou-se participativa.											
Análise referente às atividades da 3ª fase	Durante a atividade da terceira fase a aluna: utilizou os materiais fornecidos (notebook, tablet, kits de robótica) de forma adequada na maior parte do tempo; respeitou as opiniões, ideias ou sugestões de sua colega (E8); apresentou boa interação com o pesquisador, buscando sanar suas dúvidas; poucas vezes apresentou entusiasmo durante a atividade; discutiu estratégias, não programou mas auxiliou na etapa de programação, filmou e ajudou com a montagem da atividade experimental; estabeleceu conversas paralelas, distraiu-se e fez uso do celular de forma inadequada algumas vezes, não se ausentou durante longo período das atividades de seu grupo. De forma geral, apresentou-se pouco participativa.											
Comparativo escala de motivação antes (A) e depois (D) da sequência de atividades												
Média mot. intrínseca		Média mot. identificada		Média mot. introjetada		Média mot. ext. RS		Média mot. ext. RP		Média desmotivação		
A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	
1,33	1,08	2,27	2,00	1,00	1,33	1,25	1,63	4,80	4,40	3,65	3,55	

(continua)

Quadro 17. Ficha de análise do engajamento comportamental – Estudante E9 (continuação).

Síntese relativa à E9	<p>A aluna apresentou bom envolvimento ao longo das duas primeiras fases, na última aula da segunda fase e durante a terceira fase observamos queda em seu engajamento comportamental, pois alguns comportamentos passaram a aparecer com mais frequência, como distrair-se com outras coisas, fazer uso do celular de forma inadequada e estabelecer conversas paralelas. Nas duas primeiras fases manteve o foco na tarefa. Apresentou boa interação com o pesquisador e com sua dupla (E8), dialogando e trocando ideias sempre que necessário. Buscou participar de forma regular das atividades, não se envolveu tanto, mas contribuiu frequentemente com sua colega de grupo. Raramente apresentou entusiasmo durante as atividades.</p> <p>De forma geral, seu comportamento mostrou-se coerente com as declarações fornecidas. Ao ser questionada sobre o que lhe motivou a participar (ou não) das atividades, respondeu que participou, pois está na escola para aprender e porque é legal fazer coisas novas, diferentes. Entretanto, falou que não participou mais porque não gosta de Física. Por fim, comentou que inicialmente as atividades eram muito difíceis e que ela e sua colega tinham muitos problemas com a programação. Contudo, ponderou que as dificuldades foram passando com o tempo e que no fim já estavam acompanhando tranquilamente o resto da turma. Da mesma forma que E8, embora tenha apresentado bom engajamento durante as atividades, esse engajamento não estabeleceu relação com motivações mais autodeterminadas, seus comportamentos se deram visando demandas externas.</p> <p>Em relação ao resultado apresentado na escala de motivação, podemos perceber que a aluna já apresentava média elevada para um dos tipos controlados de motivação (regulação externa RP), bem como para a desmotivação. Embora as médias mencionadas (externa RP e desmotivação) tenham apresentado queda, o mesmo pode ser observado para as médias relativas aos tipos autônomos (intrínseca e identificada). Dessa forma, os dados sugerem que as atividades pouco afetaram a qualidade motivacional da estudante de forma geral.</p>
--------------------------------------	---

Fonte: Elaborado pelo autor.

Sujeito E10 (Turma N): A estudante E10 formou grupo com mais três colegas, uma do gênero feminino e dois do masculino. De sua equipe, apenas ela foi convidada a participar dessa etapa da pesquisa, pois apresentou diferentes níveis de engajamento durante as atividades. No entanto, em análise mais detalhada, seu engajamento apresentou-se menor do que o inicialmente considerado. De forma geral, a dinâmica de sua equipe se manteve durante as atividades, com todos os membros fazendo o mínimo para cumprir o que era proposto. Foi observado algum revezamento de funções, sendo que mais de um integrante programou ao longo das atividades, porém, a análise dos dados e a construção dos gráficos foram realizadas de forma mais frequente por E10 e sua colega. Nas atividades da primeira fase, E10 demonstrou certo interesse pelos materiais, envolvendo-se de forma mais ativa. Na segunda e terceira fase engajou-se menos, mantendo-se dispersa através de conversas paralelas. Embora preferisse não programar, assumiu algumas vezes essa função, porém, participou mais da construção dos gráficos. A seguir, apresentamos sua ficha de análise (Quadro 18).

Quadro 18. Ficha de análise do engajamento comportamental – Estudante E10.

Nome:	Estudante E10										
Idade:	15 anos				Gênero:			Feminino			
Turma:	N										
Análise referente às atividades da 1ª fase	Durante as atividades da primeira fase a aluna: utilizou os materiais fornecidos (notebook, tablet, kits de robótica) de forma adequada; respeitou as opiniões, ideias ou sugestões dos colegas; apresentou boa interação com o pesquisador, buscando sanar suas dúvidas; apresentou entusiasmo poucas vezes durante as atividades; poucas vezes estabeleceu conversas paralelas ou se distraiu com outras coisas, não fez uso do celular de forma inadequada nem se ausentou durante longo período das atividades de seu grupo. De forma geral, apresentou-se interessada e participativa.										
Análise referente às atividades da 2ª fase	Durante as atividades da segunda fase a aluna: utilizou os materiais fornecidos (notebook, tablet, kits de robótica) de forma adequada; respeitou as opiniões, ideias ou sugestões dos colegas; apresentou boa interação com o pesquisador, buscando sanar dúvidas; pouco dialogou com seu grupo acerca das atividades (grupo disperso); raramente apresentou entusiasmo; estabeleceu conversas paralelas, distraiu-se e utilizou o celular de forma inadequada algumas vezes, porém não se ausentou durante longo tempo das atividades de seu grupo; programou e auxiliou com a etapa de programação, auxiliou com as filmagens, com análise dos vídeos, na construção e interpretação dos gráficos. De forma geral, apresentou-se participativa em alguns momentos, porém, dispersava com facilidade.										
Análise referente às atividades da 3ª fase	Durante a atividade da terceira fase a aluna: utilizou os materiais fornecidos (notebook, tablet, kits de robótica) de forma adequada; respeitou as opiniões, ideias ou sugestões dos colegas; apresentou boa interação com o pesquisador, buscando sanar suas dúvidas; pouco dialogou com seu grupo acerca das atividades (grupo disperso); não apresentou entusiasmo; discutiu estratégias (com uma de suas colegas), programou e às vezes filmou; frequentemente estabeleceu conversas paralelas e se distraiu com outras coisas, algumas vezes fez uso do celular de forma inadequada, mas não se ausentou durante longo período das atividades de seu grupo. De forma geral, apresentou-se pouco participativa e pouco interessada.										
Comparativo escala de motivação antes (A) e depois (D) da sequência de atividades											
Média mot. intrínseca		Média mot. identificada		Média mot. introjetada		Média mot. ext. RS		Média mot. ext. RP		Média desmotivação	
A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D
3,75	3,33	4,36	4,09	4,33	4,67	1,25	1,25	2,00	2,00	1,00	1,09
Síntese relativa à E10	A aluna apresentou queda no envolvimento ao longo das atividades. Algumas vezes estabeleceu diálogo com o pesquisador, procurando-o para sanar dúvidas. Em relação ao seu grupo, percebemos que não houve muito diálogo acerca das atividades, pois sua equipe se manteve dispersa boa parte das atividades da segunda e terceira fases. A aluna também apresentou comportamento dispersivo nesse período, estabelecendo conversas paralelas, distraindo-se com outras coisas e fazendo uso do celular de forma inadequada. Algumas vezes retomava o foco para a atividade, mas dificilmente mantinha, pois seu grupo não a acompanhava. De forma geral, seu relato e seu comportamento mostraram-se coerentes. Ao ser questionada sobre o que lhe motivou a participar (ou não) das atividades, respondeu que estava ativa em algumas e menos em outras. Relatou que seu grupo não ajudava muito e, por isso, foi perdendo o interesse ao longo do tempo. Ao ser perguntada se haveria outros motivos para o desinteresse, disse que foi somente em virtude do grupo, mas que podia ter se esforçado mais.										

(continua)

Quadro 18. Ficha de análise do engajamento comportamental – Estudante E10 (continuação).

	Em relação à escala de motivação, observamos leve queda na média das motivações autodeterminadas, porém as demais se mantiveram basicamente no mesmo patamar, com exceção para a introjetada que aumentou um pouco. Tal resultado pode indicar que a aluna aceitou a demanda de fazer as atividades, porém não as fez por vontade própria, algo reforçado em sua fala ao dizer que foi perdendo o interesse conforme os trabalhos iam avançando, principalmente devido a relação que estabeleceu com seu grupo. Dessa forma, podemos inferir que diferentes tipos de atividades afetaram a aluna de forma diferente. Além disso, a relação que estabeleceu com seu grupo parece ter influenciado seu envolvimento no decorrer das fases.
--	--

Fonte: Elaborado pelo autor.

Sujeitos E11 e E12 (Turma O): As estudantes E11 e E12 formaram uma dupla durante as atividades. Ao longo das tarefas, a mesma dinâmica dentro da equipe pode ser observada. E11 manteve-se ativa, programou, questionou o pesquisador e demais colegas (de outros grupos) sempre que teve dúvidas, coletou as informações, construiu e interpretou os gráficos. Enquanto isso, E12 manteve-se menos engajada, participou pouco das atividades e se restringiu a observar sua colega. Manteve-se dispersa na maior parte do tempo. Não foi observado revezamento de funções dentro do grupo, sendo que a maior parte foi realizada por E11. Tais comportamentos se mantiveram ao longo das fases, com a aluna E11 apresentando excelente engajamento e, E12, desengajada. Ao ser questionada, E11 argumentou que participou porque gostou das atividades, embora tenha achado a parte gráfica mais chata. E12 também disse que as atividades foram interessantes, que gosta de Física e que participou ativamente. Entretanto, seu comportamento não foi coerente com suas declarações. A seguir, apresentamos suas fichas de análise (Quadros 19 e 20).

Quadro 19. Ficha de análise do engajamento comportamental – Estudante E11.

Nome:	Estudante E11		
Idade:	16 anos	Gênero:	Feminino
Turma:	O		
Análise referente às atividades da 1ª fase	Durante as atividades da primeira fase a aluna: utilizou os materiais fornecidos (notebook, tablet, kits de robótica) de forma adequada; respeitou as opiniões, ideias ou sugestões dos colegas; apresentou excelente interação com o pesquisador, buscando de forma ativa sanar suas dúvidas; apresentou entusiasmo algumas vezes durante as atividades; não estabeleceu conversas paralelas, não se distraiu com outras, não fez uso do celular de forma inadequada nem se ausentou durante longo período das atividades de seu grupo. De forma geral, apresentou-se interessada e participativa.		

(continua)

Quadro 19. Ficha de análise do engajamento comportamental – Estudante E11 (continuação).

Análise referente às atividades da 2ª fase	Durante as atividades da segunda fase a aluna: utilizou os materiais fornecidos (notebook, tablet, kits de robótica) de forma adequada; respeitou as opiniões, ideias ou sugestões dos colegas; apresentou excelente interação com o pesquisador, buscando de forma ativa sanar dúvidas; manteve-se focada durante todas as atividades; interagiu pouco com seu grupo, pois o esse se manteve disperso; apresentou entusiasmo algumas vezes; raramente estabeleceu conversas paralelas ou se distraiu com outras coisas, não utilizou o celular de forma inadequada nem se ausentou durante longo tempo das atividades de seu grupo; programou ativamente, auxiliou pouco com as filmagens, analisou os vídeos, coletou dados, construiu e interpretou os gráficos solicitados. Apresentou-se muito interessada e participativa.											
Análise referente às atividades da 3ª fase	Durante a atividade da terceira fase a aluna: utilizou os materiais fornecidos (notebook, tablet, kits de robótica) de forma adequada; respeitou as opiniões, ideias ou sugestões dos colegas; apresentou muito boa interação com o pesquisador, buscando de forma ativa sanar suas dúvidas; manteve-se focada durante boa parte da atividade; interagiu pouco com sua dupla, pois esse se manteve dispersa; dialogou com colegas de outros grupos, fez perguntas acerca da atividade, expôs suas dúvidas; poucas vezes apresentou entusiasmo; discutiu estratégias com o pesquisador, programou e montou a atividade experimental. Algumas vezes estabeleceu conversas paralelas, distraiu-se com outras coisas e usou o celular de forma inadequada, porém não se ausentou durante longo período das atividades de seu grupo. De forma geral, apresentou-se participativa e interessada.											
Comparativo escala de motivação antes (A) e depois (D) da sequência de atividades												
Média mot. intrínseca		Média mot. identificada		Média mot. introjetada		Média mot. ext. RS		Média mot. ext. RP		Média desmotivação		
A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	
4,58	4,50	4,64	4,36	1,67	2,67	1,13	1,00	3,00	2,80	1,00	1,09	
Síntese relativa à E11	A aluna apresentou muito bom envolvimento ao longo das atividades. Estabeleceu de forma frequente diálogo com o pesquisador com objetivo de sanar suas dúvidas, mostrou-se interessada em compreender as atividades e os assuntos abordados. Não desenvolveu muita interação com seu grupo (dupla), pois esse se manteve disperso boa parte do tempo. Raras vezes estabeleceu conversas paralelas, distraiu-se com outras coisas ou utilizou o celular de forma inadequada. Buscou participar de todas as etapas das atividades, porém em menor grau da parte das filmagens.											
	De forma geral, seu relato e seu comportamento mostraram-se coerentes. Argumentou que considerou as atividades interessantes, pois foi uma forma de colocar em prática e discutir aquilo que era aprendido em aula. Ao ser questionada sobre o que lhe motivou a participar (ou não) das atividades, respondeu que participou ativamente porque gostou, achou interessante e estava curiosa. Reforçou que mesmo considerando a parte dos gráficos “mais chata”, as atividades de modo geral foram legais. Ao analisarmos a escala de motivação, podemos perceber que a aluna apresentava, antes da sequência de atividades, motivação de boa qualidade (intrínseca e identificada), o que se manteve, embora com leve queda. A média da motivação extrínseca por regulação externa relacionada à observância a regras e fuga de punições também apresentou queda, indicando que a aluna dispensou menos atenção a esses controladores externos. Por último, cabe destacar aumento na média da motivação introjetada. Tal motivação está relacionada a demandas internas, como preservação da autoestima, autoimagem ou fuga em relação ao sentimento de culpa (DE SORDI, 2015). Um aumento nesse tipo de motivação pode indicar que a aluna realizou alguns comportamentos embora não tivesse realmente vontade de fazê-los, apenas para satisfazer demandas que ela mesma se impôs. De modo geral, os dados sugerem que as atividades pouco afetaram a boa qualidade motivacional que a aluna já apresentava.											

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 20. Ficha de análise do engajamento comportamental – Estudante E12.

Nome:	Estudante E12										
Idade:	15 anos				Gênero:			Feminino			
Turma:	O										
Análise referente às atividades da 1ª fase	Durante as atividades da primeira fase a aluna: utilizou os materiais fornecidos (notebook, tablet, kits de robótica) de forma adequada; respeitou as opiniões, ideias ou sugestões dos colegas; apresentou pouca interação com o pesquisador, não buscando auxílio para sanar dúvidas ou expor ideias; poucas vezes apresentou entusiasmo; algumas vezes estabeleceu conversas paralelas, distraiu-se com outras coisas e utilizou o celular de forma inadequada, não se ausentou durante longo período das atividades de seu grupo. De forma geral, apresentou-se pouco interessada e participativa.										
Análise referente às atividades da 2ª fase	Durante as atividades da segunda fase a aluna: pouco utilizou os materiais fornecidos (notebook, tablet, kits de robótica); respeitou as opiniões, ideias ou sugestões dos colegas; apresentou pouca interação com o pesquisador, expondo suas dúvidas apenas quando questionada; manteve-se boa parte das atividades dispersa, dialogou pouco com seu grupo; não programou, filmou algumas vezes, raras vezes ajudou com a análise dos vídeos e com construção e interpretação dos gráficos; frequentemente estabeleceu conversas paralelas, distraiu-se com outras coisas e utilizou o celular de forma inadequada, algumas vezes ausentou-se durante longo período de tempo das atividades de seu grupo. De forma geral apresentou-se pouco interessada e participativa.										
Análise referente às atividades da 3ª fase	Durante a atividade da terceira fase a aluna: raras vezes utilizou os materiais fornecidos (notebook, tablet, kits de robótica); respeitou as opiniões, ideias ou sugestões dos colegas; apresentou pouca interação com o pesquisador, expondo suas ideias ou dúvidas apenas quando questionada; manteve-se dispersa durante boa parte da atividade, dialogou pouco com seu grupo; não apresentou entusiasmo durante as atividades; não discutiu estratégias com o professor ou com seu grupo, não programou ou auxiliou com a montagem da atividade experimental; frequentemente estabeleceu conversas paralelas, distraiu-se com outras coisas e usou o celular de forma inadequada, algumas vezes se ausentou durante longo período das atividades de seu grupo. De forma geral, apresentou-se muito pouco interessada e participativa.										
Comparativo escala de motivação antes (A) e depois (D) da sequência de atividades											
Média mot. intrínseca		Média mot. identificada		Média mot. introjetada		Média mot. ext. RS		Média mot. ext. RP		Média desmotivação	
A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D
4,25	4,33	4,45	4,36	3,00	5,00	1,13	1,75	2,00	3,20	1,00	1,27
Síntese relativa à E12	A aluna apresentou fraco envolvimento ao longo das atividades. Poucas vezes dialogou com o pesquisador ou com seu grupo a respeito das atividades. Em diversos momentos estabeleceu conversas paralelas, distraiu-se com outras coisas e utilizou o celular de forma inadequada, por algumas vezes afastou-se de seu grupo (dupla) para caminhar pelo laboratório e conversar com outros alunos. Manteve-se dispersa boa parte do tempo. Não buscou participar das diferentes etapas das atividades. Não programou, filmou algumas vezes, pouco auxiliou durante as análises de vídeos, na construção e interpretação dos gráficos. De forma geral, suas declarações e comportamentos mostram-se incoerentes. A aluna alegou que considerou as atividades interessantes, que essas lhe ajudaram a ter uma melhor compreensão a respeito da interpretação gráfica, contudo pouco participou de qualquer uma das etapas. Ao ser questionada sobre o que lhe motivou a participar (ou não) das atividades, respondeu que participou bastante e que o motivo foi obter maior conhecimento em Física, matéria que aprecia. Porém, suas ações indicaram indiferença em relação às atividades.										

(continua)

Quadro 20. Ficha de análise do engajamento comportamental – Estudante E12 (continuação).

	<p>Cabe destacar que a estudante alegou dificuldades em relação à parte de programação e disse também ficar com vergonha de expor suas dúvidas para outros colegas, preferindo dialogar com o professor ou pesquisador sobre isso. Porém, também apresentou pouca interação com os docentes. Ao compararmos seu autorrelato proveniente da entrevista com a análise do engajamento comportamental, podemos inferir que a aluna provavelmente optou por responder aquilo (que ela acreditava) que o entrevistador esperava ouvir e não o que de fato aconteceu e o que sentiu, um aspecto que pode vir a acontecer e que, por isso, merece atenção por parte do pesquisador.</p> <p>Assim, também passamos a olhar com restrição para as respostas que forneceu na escala de motivação, uma vez que apresentou elevada média para as motivações autodeterminadas, tanto antes quanto após a sequência didática, o que, preliminarmente, não se mostra compatível com seu comportamento. Cabe destacar que as motivações do tipo controlada aumentaram (introjetada e regulação externa relacionada à observância de regras e fuga de punições), em especial, a associada à motivação introjetada. Após analisarmos os diferentes instrumentos, podemos inferir que a aluna, embora não tenha realizado as atividades, sentiu-se pressionada a fazê-las, tanto por pressões internas (culpa, manutenção da autoestima) quanto por contingências externas (solicitação do professor, avaliações). Concluímos, portanto, que as atividades envolvendo robótica não foram capazes de afetar positivamente a motivação da estudante.</p>
--	--

Fonte: Elaborado pelo autor.

Sujeito E13 (Turma O): O estudante E13 formou grupo com duas colegas, ambas do gênero feminino. De sua equipe, apenas ele foi convidado a participar dessa etapa da pesquisa, pois apresentou diferentes engajamentos no decorrer das atividades. Durante as atividades, a dinâmica do seu grupo se manteve. De forma geral, E13 apresentou-se participativo, buscou enfrentar as dificuldades que se apresentavam e, quando não conseguia, recorria ao pesquisador ou demais colegas (de fora de seu grupo). Pouco discutiu com seu grupo acerca das dificuldades, principalmente, as relacionadas à programação. Apresentou bom engajamento durante as primeiras duas fases, na última envolveu-se menos. Não houve revezamento de funções em seu grupo. E13 foi quem programou e construiu os gráficos. As demais colegas ajudaram com as filmagens e com a coleta de informações para a construção dos gráficos. O aluno apresentou facilidade com a parte de programação e constantemente foi requisitado pelos demais colegas para ajudar. Argumentou que achou as atividades interessantes, mas que seu envolvimento se deu em virtude da curiosidade a respeito do material, pois sua irmã faz engenharia e trabalha com Arduino. A seguir, apresentamos sua ficha de análise (Quadro 21).

Quadro 21. Ficha de análise do engajamento comportamental – Estudante E13.

Nome:	Estudante E13											
Idade:	15 anos				Gênero:	Masculino						
Turma:	O											
Análise referente às atividades da 1ª fase	Durante as atividades da primeira fase o aluno: utilizou os materiais fornecidos (notebook, tablet, kits de robótica) de forma adequada; respeitou as opiniões, ideias ou sugestões dos colegas; apresentou boa interação com o pesquisador, buscando sanar suas dúvidas; poucas vezes apresentou entusiasmo; não estabeleceu conversas paralelas, poucas vezes se distraiu com outras coisas, não utilizou o celular de forma inadequada e não se ausentou durante longo período das atividades de seu grupo. De forma geral, apresentou-se interessado e participativo.											
Análise referente às atividades da 2ª fase	Durante as atividades da segunda fase o aluno: utilizou os materiais fornecidos (notebook, tablet, kits de robótica) de forma adequada; respeitou as opiniões, ideias ou sugestões dos colegas; apresentou boa interação com o pesquisador, buscando sanar suas dúvidas sempre que não conseguia resolver os problemas de forma independente; manteve-se concentrado na atividade, porém dialogou pouco com seu grupo; programou, algumas vezes filmou, participou da análise dos vídeos, da construção e interpretação dos gráficos; em alguns momentos estabeleceu conversas paralelas e se distraiu com outras coisas, raramente utilizou o celular de forma inadequada, poucas vezes ausentou-se durante longo período de tempo das atividades de seu grupo. De forma geral apresentou-se participativo. No início dos trabalhos com o carrinho demonstrou bom interesse, o qual foi diminuindo com o passar das atividades.											
Análise referente às atividades da 3ª fase	Durante a atividade da terceira fase o aluno: utilizou os materiais fornecidos (notebook, tablet, kits de robótica) de forma adequada; respeitou as opiniões, ideias ou sugestões dos colegas; apresentou boa interação com o pesquisador, buscando sanar suas dúvidas sempre que não conseguia resolver os problemas de forma independente; em boa parte da atividade manteve-se focado, porém dispersou no final do trabalho; dialogou algumas vezes com seu grupo, mas geralmente procurava membros de outras equipes para conversar e tirar dúvidas; poucas vezes apresentou entusiasmo; poucas vezes discutiu estratégias com seu grupo, programou em todas as oportunidades; às vezes estabeleceu conversas paralelas, distraiu-se com outras coisas, usou o celular de forma inadequada e se ausentou durante longo período das atividades de seu grupo. De forma geral, apresentou-se menos interessado e participativo que nas fases anteriores.											
Comparativo escala de motivação antes (A) e depois (D) da sequência de atividades												
Média mot. intrínseca		Média mot. identificada		Média mot. introjetada		Média mot. ext. RS		Média mot. ext. RP		Média desmotivação		
A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	
3,67	3,75	3,73	3,27	1,33	1,33	1,00	1,13	3,20	3,40	1,18	1,27	
Síntese relativa à E13	O aluno apresentou muito bom envolvimento durante a primeira fase e no início da segunda, posteriormente seu engajamento comportamental teve uma queda. Começou a apresentar com maior frequência comportamentos, como: distrair-se com outras coisas, estabelecer conversas paralelas, usar o celular de forma inadequada e perambular pelo laboratório ausentando-se das atividades de seu grupo. Buscou diálogo com o pesquisador sempre que sentiu necessidade, entretanto, tentou resolver os problemas que apareciam de forma independente. Diversas vezes auxiliou membros de outros grupos com a programação, mostrando-se colaborativo. Dialogou poucas vezes com seu grupo sobre as atividades, geralmente buscava membros de outras equipes para conversar sobre isso. Algumas vezes apresentou entusiasmo. Programou em todas as oportunidades, algumas vezes auxiliou com as filmagens, participou da análise dos vídeos, da construção e interpretação dos gráficos.											

(continua)

Quadro 21. Ficha de análise do engajamento comportamental – Estudante E13 (continuação).

	<p>De forma geral, as declarações que forneceu durante a entrevista e seu comportamento são consistentes. Ao ser questionado se considerou as atividades interessantes o aluno respondeu que sim, pois fugiu da rotina e porque pode colocar a “mão na massa”. Em relação ao que lhe motivou a participar (ou não) das atividades propostas respondeu que participou ativamente, o que de fato aconteceu em boa parte, porque sua irmã cursa engenharia e já trabalhou com Arduino e ele queria aprender sobre isso. Comentou que inicialmente esse foi o motivo, mas que posteriormente acabou gostando das atividades. No final da entrevista, ao ser questionado se gostaria de dizer mais alguma coisa, ponderou que gostou bastante porque era uma aula prática, que fugia do padrão passar conteúdo e copiar, e que isso ajudava bastante com o entendimento da matéria.</p> <p>Ao analisarmos a escala de motivação, percebemos pouca alteração nas médias antes e após a sequência, indicando que embora tenha percebido as atividades como interessantes e ter se envolvido na maior parte do tempo, elas não foram capazes de melhorar a motivação que já apresentava para realizar atividades didáticas em Física.</p>
--	---

Fonte: Elaborado pelo autor.

No quadro 22, trazemos uma síntese a respeito do engajamento comportamental dos diferentes sujeitos, destacando as diferentes fases.

Quadro 22. Síntese do engajamento comportamental dentro das diferentes fases.

Aluno	Referente à primeira fase	Referente à segunda fase	Referente à terceira fase
E1	Bastante interessada e participativa. Muito bom envolvimento.	Interessada e participativa. Muito bom envolvimento.	Menos interessada e participativa em relação às fases anteriores. Bom envolvimento.
E2	Bastante interessada e participativa. Muito bom envolvimento.	Interessada e participativa. Muito bom envolvimento.	Menos interessada e participativa em relação às fases anteriores. Bom envolvimento.
E3	Interessada e pouco participativa. Baixo envolvimento.	Pouco interessada e pouco participativa. Baixo envolvimento.	Pouco interessada e pouco participativa. Baixo envolvimento.
E4	Bastante interessada e participativa. Muito bom envolvimento.	Bastante interessada e participativa. Muito bom envolvimento.	Interessada e participativa. Bom envolvimento.
E5	Interessado pela programação, pouco participativo em relação ao grupo. Baixo envolvimento.	Interessado pela programação. Pouco interessado e pouco participativo nas outras etapas. Baixo envolvimento.	Desinteressado e pouco participativo. Baixíssimo envolvimento.
E6	Interessada e participativa. Muito bom envolvimento.	Interessada e participativa. Muito bom envolvimento.	Interessada e participativa. Muito bom envolvimento.
E7	Participativo. Bom envolvimento.	Interessado e participativo. Muito bom envolvimento.	Bastante interessado e participativo. Muito bom envolvimento.
E8	Interessada e participativa. Muito bom envolvimento.	Participativa. Bom envolvimento.	Participativa. Bom envolvimento.

(continua)

Quadro 22. Síntese do engajamento comportamental dentro das diferentes fases (continuação).

Aluno	Referente à primeira fase	Referente à segunda fase	Referente à terceira fase
E9	Interessada e participativa. Bom envolvimento.	Participativa. Bom envolvimento.	Pouco participativa. Baixo envolvimento.
E10	Interessada e participativa. Bom envolvimento.	Participativa em alguns momentos, dispersa com facilidade. Bom envolvimento.	Pouco interessada e pouco participativa. Baixo envolvimento.
E11	Interessada e participativa. Muito bom envolvimento.	Interessada e participativa. Muito bom envolvimento.	Interessada e participativa. Muito bom envolvimento.
E12	Pouco interessada e pouco participativa. Baixo envolvimento.	Pouco interessada e pouco participativa. Baixo envolvimento.	Pouco interessada e pouco participativa. Baixíssimo envolvimento.
E13	Interessado e participativo. Muito bom envolvimento.	Bom interesse, mas diminuindo com o passar das atividades. Participativo. Bom envolvimento.	Menos interessado e participativo em relação às fases anteriores. Baixo envolvimento.

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

As atividades e os contextos por elas propiciados parecem ter influenciado os alunos de diferentes maneiras. Alguns alunos mantiveram bom ou muito bom envolvimento ao longo das atividades, apresentando diferentes razões para isso. E1, por exemplo, alegou gostar de Física e de Matemática e, por isso, envolveu-se de forma consistente; E2 disse ter gostado de se sentir autora, de ter algum controle sobre o que estava acontecendo, além de perceber melhoras em sua compreensão acerca da análise gráfica; E6 julgou as atividades interessantes e gostou de fazê-las; já E11, embora tenha considerado as atividades com gráficos mais “chatas” que as demais, percebeu-as como importantes. Além disso, mencionou ter gostado da atividade da terceira fase, pois lhe fez “pensar”. Em comum, todos esses alunos já apresentavam boa qualidade motivacional antes das atividades, com elevadas pontuações para alguma das motivações autônomas. Ao final da sequência, isso acabou se mantendo de modo geral, com algumas flutuações para mais ou para menos na qualidade motivacional.

Também percebemos casos onde as atividades e os contextos afetaram positivamente os alunos, como E4 e E7. No caso de E4, a aluna alegou ter apreciado as atividades, disse que as achou interessantes e que se envolveu bem mais do que o habitual. Pertinente pontuar, que a aluna aumentou seu interesse tanto a respeito da robótica, quanto aos conteúdos físicos trabalhados. Como reflexo, sua qualidade motivacional apresentou ganhos consideráveis,

expressos no aumento das médias para motivação intrínseca (57,1%), identificada (31,8%) e na redução da desmotivação (15,2%).

Cabe ressaltar que a referida aluna encontrou apoio em sua equipe, em especial, em uma de suas colegas. Assim, durante as atividades discutiu, expôs suas dúvidas, ideias, sugestões de forma tranquila. Além disso, também estabeleceu boa relação com o pesquisador, solicitando apoio sempre que julgou necessário. Nesse caso, os dados sugerem que a aluna teve suas necessidades de pertencimento e autonomia satisfeitas ao longo do processo.

No caso do aluno E7, esse argumentou que as primeiras atividades não lhe chamaram a atenção, que começou a fazer por conta das notas. Um dos motivos, conforme o aluno, seria por não compreender a lógica de programação. Contudo, com o passar das fases, disse que as atividades tornaram-se atrativas, principalmente a última delas onde pode explorar o que havia aprendido. Além disso, o aluno destacou que percebeu ganhos em sua compreensão a respeito dos diferentes tipos de gráficos (necessidade de competência).

Cabe destacar que, da mesma forma que E4, E7 estabeleceu boa relação com seu grupo, algo que ganhou destaque em sua fala durante as entrevistas (necessidade de pertencimento). Também disse que gostou da forma como as atividades foram implementadas, principalmente pela liberdade que ofereceram aos alunos (necessidade de autonomia). Em seu caso, embora a média para a motivação intrínseca não tenha aumentado de forma relevante, o mesmo não pode ser dito em relação à motivação por regulação identificada, a qual se elevou em 38,2% durante o processo. A média relacionada à desmotivação também apresentou importante queda (31,0%).

Além disso, o caso de E7 também ilustra uma possível alteração do *locus* de causalidade. Como pontuado por Clement (2013), um aluno pode iniciar uma atividade por cumprimento a demandas externas, contudo, ao fazê-la pode acabar percebendo-a como interessante ou desafiadora e passar a realizá-la com gosto. Pelas declarações do aluno e por seu engajamento ao longo das atividades, percebemos que foi esse o caso.

De forma diferente aos alunos mencionados, também encontramos indivíduos que foram desengajando com o passar do tempo. E10 foi um dos casos representativos nesse sentido. A aluna que inicialmente se viu interessada e participativa, perdeu o interesse com o passar das fases. Como justificativa, pontuou a interação que teve com seu grupo (necessidade de pertencimento). Segundo declarações da estudante, nas primeiras atividades sua equipe estava presente e interessada. Porém, na metade da segunda fase e na terceira, já não colaboravam ou participavam das discussões. Isso fez com que ela também perdesse o

interesse e desengajasse. Contudo, tal contexto parece ter afetado de forma bastante tímida sua qualidade motivacional. Percebemos leve queda na média da motivação intrínseca (11,2%), para as demais médias, observamos variações bem mais baixas.

O aluno E13 também apresentou queda de engajamento no decorrer das fases. Contudo, os dados sugerem causa diferente. Inicialmente o estudante se mostrou curioso, queria conhecer os materiais e a programação. Disse que a principal causa do seu envolvimento era porque sua irmã trabalhava com o Arduíno e ele também queria conhecer. Com o tempo, o efeito novidade passou e as atividades já não se mostravam tão interessantes como antes. Com isso, percebemos alguma queda no seu envolvimento em relação às atividades propostas, mas isso parece não ter afetado sua qualidade motivacional.

Em outros casos, percebemos interesse apenas em algumas etapas das atividades, como foi a situação de E5, que se envolveu apenas com a programação, dispersando nos momentos em que começavam as discussões acerca dos conceitos físicos e a análise gráfica. Segundo o aluno, o que o motivou a participar foi mostrar para si que sabia programar. Dessa forma, nas etapas em que não havia programação, o referido aluno saía do grupo para conversar com outros colegas ou perambulava pelo laboratório. Ao analisarmos os resultados da escala de motivação, percebemos queda em todas as diferentes médias, em especial, na intrínseca (33,2%), na identificada (12,9%) e na externa RP (20,0%). Tais dados podem sugerir que o aluno se sentiu menos pressionado devido às demandas externas, mas ao mesmo tempo as atividades não se mostraram interessantes o suficiente para ele.

Também observamos alunos engajados comportamentalmente, mas motivados preponderantemente por demandas externas, como observância as regras ou fuga de punições. Esse foi o caso das alunas E8 e E9 que, embora não tenham se interessado por todas as atividades, participaram de forma ativa quase todo o tempo. Ao serem questionadas alegaram que esse era o certo a se fazer dentro de uma sala de aula. Pontuaram que a escola é um lugar para aprender e que as solicitações do professor devem ser atendidas. A aluna E9 ainda salientou que não gosta da componente curricular Física, mas mesmo assim não deixou de participar do que foi ofertado. Ao analisarmos os resultados obtidos via EMDF, percebemos que ambas as alunas apresentaram elevadas médias para as motivações por regulação externa RP, tanto antes quanto após a sequência de atividades. De positivo, podemos salientar pequeno aumento na média da motivação intrínseca de E8, e leve redução na média da desmotivação para as duas alunas.

Por fim, cabe ressaltar casos onde o engajamento observado apresentou inconsistência quando comparado com as declarações dos estudantes (E3 e E12). No caso da

aluna E3, essa alegou que não participou de forma mais ativa porque não gosta de Física nem de Matemática. Porém, disse ter se envolvido nas etapas de programação, o que não ocorreu. A análise do engajamento comportamental evidenciou falta de interesse, o que refletiu em sua pouca participação dentro das atividades e queda nas médias das motivações mais autodeterminadas (19,3% para a intrínseca e 15,1% para a identificada).

Já a aluna E12 alegou gostar de Física, que as atividades foram interessantes e que lhe ajudaram a entender melhor os assuntos abordados. Ao analisarmos a escala de motivação, percebemos muito boa qualidade motivacional (com altas médias para as motivações intrínseca e identificada), e isso de fato corresponderia com as declarações fornecidas via entrevista. Contudo, a análise do engajamento comportamental indicou que a aluna não se envolveu com as atividades, nem apresentou condutas positivas. Durante as entrevista, a referida aluna disse não ter compreendido bem a parte de programação, porém em nenhum momento apresentou interesse em retirar suas dúvidas, mesmo quando interagiu com o professor. Também não apresentou boa interação com sua colega de grupo, apresentou-se dispersa, perambulando pelo laboratório, estabeleceu conversas paralelas e se ausentou durante longos períodos enquanto sua equipe mantinha-se trabalhando. Tais condutas podem indicar que a aluna não se interessou pelas atividades, ou então, essas não se mostraram significativas o suficiente.

Os casos aqui apresentados, embora não abarquem toda a pluralidade de situações que ocorreram, podem ilustrar como as atividades ou contextos propiciados influenciaram de diferentes formas os diferentes alunos. Para alguns, as atividades mostraram-se positivas, interessantes, trouxeram alegria e satisfação em determinados momentos. Para outros, pouco impactaram ou impactaram de forma negativa, seja pelas dificuldades encontradas em relação à programação, à construção e análise gráfica ou devido às relações que estabeleceram com seus colegas de grupo.

Para além dos alunos destacados, a análise das videogravações também nos permitiu obter impressões gerais a respeito do engajamento comportamental dos demais alunos nas diferentes fases, bem como refletir sobre possíveis causas para o que foi observado. Em linhas gerais, observamos que na primeira fase os alunos se apresentaram mais engajados comportamentalmente. Via de regra, manipularam os materiais de forma adequada em relação à atividade, questionaram, buscaram por soluções aos desafios propostos, discutiram nos grupos, estabeleceram de forma menos recorrente conversas paralelas e usaram menos vezes o celular de maneira inadequada. Tal fato pode estar relacionado a diversos fatores, dentre eles: curiosidade e interesse em relação aos materiais e à programação (efeito novidade);

manipulação de diferentes materiais (componentes eletrônicos); e ausência explícita de conceitos relacionados à Física.

Na segunda fase observamos queda no engajamento. Embora a introdução dos carrinhos pareça, num primeiro momento, ter mantido a curiosidade e o interesse dos alunos, com o passar das atividades esse efeito foi diminuindo. Além disso, as dificuldades envolvidas com a programação, principalmente em função de manter um movimento retilíneo do carrinho, associado às dificuldades em construir e interpretar os gráficos, fez com que uma parcela perdesse o interesse e apresentasse queda no engajamento, mesmo com a oferta de suporte por parte do pesquisador e do professor. Comportamentos como conversar assuntos não relacionados à atividade, usar o celular ou o computador de forma inadequada, distrair-se com outras coisas e se ausentar das atividades do grupo foram observados com maior frequência.

Embora dificuldades relacionadas à programação tenham ocorrido em todas as fases, durante a segunda tais questões foram mais recorrentes. Dificuldades em regular os motores para que o carrinho desenvolvesse um movimento retilíneo, falhas na identificação do motor a ser ajustado, programações inseridas de maneira incompleta, com informações duplicadas ou com blocos mal encaixados exigiam reprogramação com a respectiva depuração do erro. Tais situações, até certo ponto comuns para esse tipo de atividade, propiciaram o surgimento de reações negativas como frustração e ansiedade para muitos estudantes.

Ao experienciar esses sentimentos negativos, alguns alunos permaneciam focados, questionavam sobre o erro e queriam aprender como resolver. Outros abandonavam as atividades, muitas vezes passando a função que estavam exercendo para outros colegas do grupo. Casos de abandono da atividade apresentam potencial para afetar negativamente o sentimento de competência, pois ao desistirem das tarefas esses alunos podem se sentir menos capazes do que aqueles que as realizaram com relativo sucesso. Algumas vezes, a intervenção do pesquisador foi suficiente para contornar a situação, fazendo com que os alunos retomassem as ações, tanto por meio de incentivos, como mediante *feedback* informativo (informando o que poderia ser melhorado). Em outros, isso não foi possível, porque esses alunos não solicitaram ajuda ou porque passaram as ações para outros colegas sem que o pesquisador percebesse a situação.

A terceira fase apresentou os menores índices de engajamento comportamental quando comparada às demais. Essa fase não apresentou introdução de nenhum material novo, porém maior liberdade em relação à como fazer a atividade foi oferecida. Ocorreram mais momentos de discussão em grupo e pesquisas na rede e menos momentos de programação.

Alguns alunos não compreenderam os objetivos da atividade de forma clara, não sabiam o que eram estratégias e nem como deveriam proceder para testá-las. O pesquisador precisou, em momento posterior, sanar algumas dúvidas, discutindo novamente os objetivos da atividade.

Segundo Faria (2008), três elementos contextuais podem afetar os engajamentos comportamental e cognitivo: as relações entre colegas de grupo; o suporte dos professores aos estudantes e a compreensão dos estudantes sobre os objetivos da atividade. Acreditamos que a falta de compreensão acerca dos objetivos da atividade tenha afetado o engajamento de alguns alunos nessa fase. Além disso, outros fatores podem ter concorrido para a queda no engajamento, como: a falta de novidades; as dificuldades relacionadas à programação dos sensores; e a discussão explícita de conceitos relacionados à Física.

Outro fator que deve ser considerado é que as atividades desenvolveram-se durante quase um trimestre fazendo com que o efeito novidade se dissipasse em relação tanto aos materiais, quanto à programação. O contato prolongado com o material e o acréscimo no nível de dificuldade das tarefas pode ter tornado as atividades menos atrativas com o decorrer do trabalho. Em geral, trabalhos que avaliam o uso da robótica como elemento motivador, constituem-se em atividades de menor duração (menor ou igual a um mês). Com isso, torna-se bastante razoável considerar o efeito novidade em muitos desses casos.

5.5 DAS ATIVIDADES

Para além das questões relacionadas à motivação dos estudantes, as atividades desenvolvidas também tiveram por objetivo avaliar potenciais contribuições para a aprendizagem de conceitos cinemáticos e análise gráfica. Dessa forma, faz-se pertinente discutir as dificuldades encontradas pelos alunos e como essas foram tratadas ao longo do processo. Comentaremos em maiores detalhes algumas questões relacionadas à segunda fase.

Na primeira atividade da segunda fase (A.1.2), os alunos programaram seus carrinhos para desenvolver duas velocidades distintas. Em ambos os casos, o protótipo devia realizar um movimento retilíneo, movimentando-se para frente por 4 segundos. Cada movimento devia ser programado individualmente, filmado e ter os dados coletados. Em seguida, deviam ser representados num mesmo gráfico de posição por tempo, de forma a tornar possível comparar as diferentes inclinações assumidas pelas retas. O pesquisador solicitou aos grupos que buscassem discutir e fazer os gráficos da forma que julgassem adequada, pois ao final da tarefa, as dificuldades seriam discutidas dentro do grande grupo.

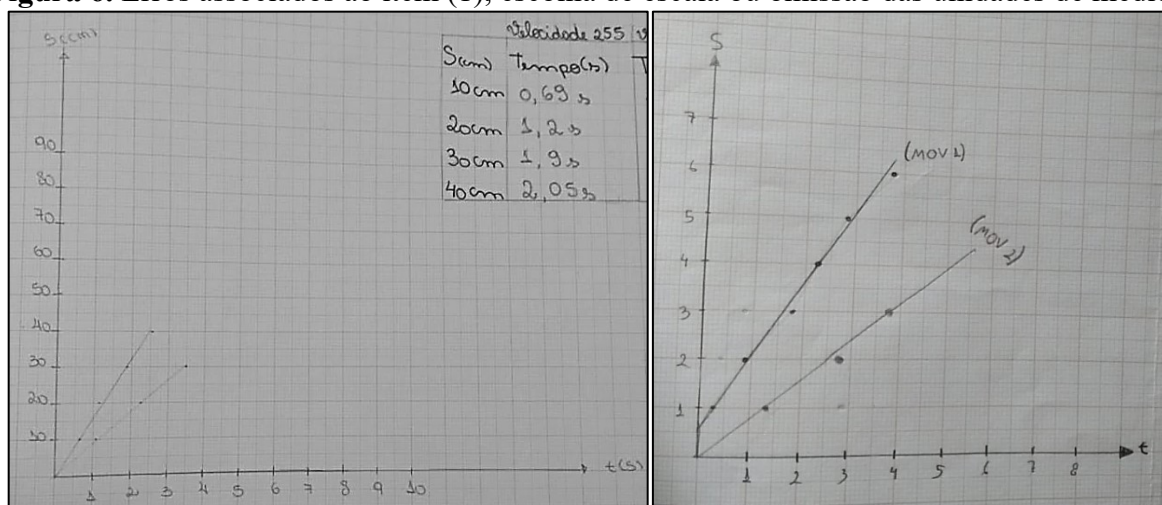
Assim, aos alunos foi oferecida a oportunidade de observar o que acertaram e o que erraram, efetuando as correções necessárias.

Antes de iniciar a construção dos gráficos, os grupos já enfrentaram um primeiro obstáculo: estabelecer um movimento retilíneo para os carrinhos. Como cada modelo possuía dois motores, esses deviam receber programações individuais. Inicialmente, a mesma velocidade devia ser inserida em cada motor. Caso o movimento não fosse retilíneo, deviam fazer os ajustes necessários. A partir daí, com as velocidades ajustadas, escolhiam uma posição sobre a pista para posicionar o carrinho. Filmavam o movimento e anotavam os instantes em que ele passava as marcações. Como não havia valores dentro do sistema de referências, cada grupo podia atribuir o valor que quisesse para a posição escolhida como origem. Grande parte escolheu a posição inicial como zero.

Durante a etapa de construção dos gráficos outras questões surgiram. Como exemplo, os alunos apresentaram dificuldade em (1) adotar escalas adequadas para os eixos, além de omitir unidades das grandezas físicas; e (2) traçar de forma adequada as retas que representavam os movimentos. A questão associada à dificuldade (1) já era esperada, uma vez que os alunos não estavam acostumados a construir gráficos trabalhando com grandezas físicas. Inicialmente, alguns grupos usaram apenas uma pequena parte do papel milimetrado, o que poderia dificultar a análise gráfica. Contudo, aos poucos as equipes foram percebendo que ao adotarem diferentes valores para as escalas, isso podia modificar a distribuição dos pontos, fazendo com que se agrupassem ou se expandissem.

Também era comum esquecerem de colocar as unidades de medida relacionadas às grandezas físicas (Figura 6). Diante disso, o pesquisador ofereceu orientações a respeito de como escolher de forma adequada as escalas para cada um dos eixos, tomando por base os valores experimentais, além de ressaltar a importância de verificar se as unidades foram incluídas nos eixos. Após a primeira atividade, grande parte dos grupos já estava adotando escalas apropriadas, mas a omissão das unidades ainda se manteve em alguns casos.

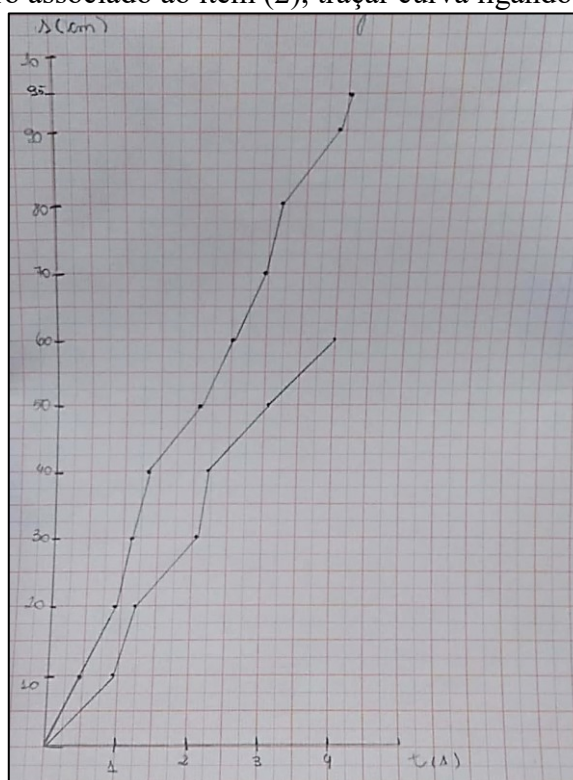
Figura 6. Erros associados ao item (1), escolha de escala ou omissão das unidades de medida.



Fonte: elaborada pelo autor.

Em relação à (2), trata-se de um erro bastante comum envolvendo construção gráfica. Embora os pontos indicassem uma reta, por não estarem completamente alinhados alguns grupos traçaram uma curva ligando ponto a ponto (Figura 7). Com o objetivo de tratar essa questão, o pesquisador abordou o conceito de melhor reta, auxiliando-os no processo de construção dos gráficos. Após primeira atividade, pouquíssimas vezes o problema se repetiu, indicando que os grupos compreenderam o processo.

Figura 7. Erro associado ao item (2), traçar curva ligando ponto a ponto.



Fonte: elaborada pelo autor.

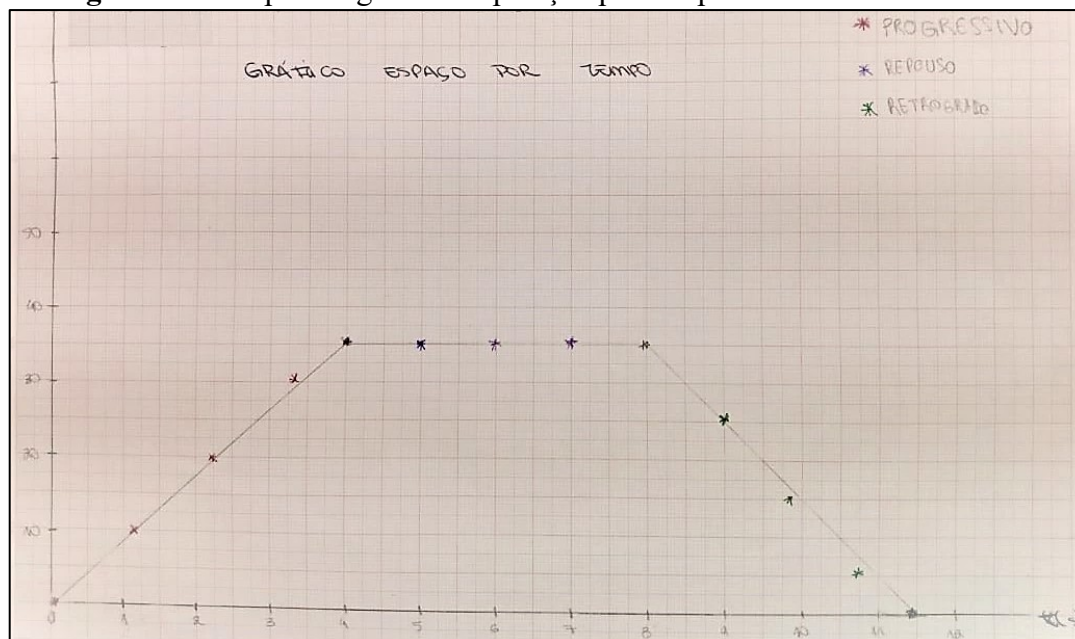
A segunda atividade (A.2.2) teve por objetivo trabalhar algumas das questões levantadas por McDermott et al. (1987) e Beichner (1990, 1994), dentre essas, interpretar mudanças na altura e mudanças na inclinação; relacionar um tipo de gráfico a outro; relacionar a narração de um movimento com o gráfico que o descreve; representar velocidade negativa e fazer distinção entre diferentes tipos de gráficos. Os alunos programaram seus carrinhos para desenvolver uma sequência de movimentos, como andar para frente, parar, andar para trás e parar. Após inserir a programação, filmaram e coletaram os dados visando construir um gráfico de posição por tempo. Em seguida, tomando por base o gráfico de posição por tempo, esboçaram um gráfico de velocidade por tempo.

Durante essas etapas, novas dificuldades surgiram. Após completarem a primeira parte, ou seja, construir o gráfico de posição por tempo, alguns grupos ficaram confusos, não sabiam por que deviam fazer um novo gráfico. Inclusive, em alguns casos, (3) simplesmente reproduziram o gráfico de posição por tempo novamente, trocando apenas uma das grandezas do eixo (posição por velocidade). Outros grupos solicitaram ajuda ao pesquisador, argumentando que não sabiam transpor as informações de um gráfico para outro. Nesses casos, o pesquisador buscou orientá-los, discutindo sobre que tipos de movimento estavam sendo representados (progressivo, retrógrado ou repouso) e quais eram as velocidades (e seus sinais) em cada um dos trechos considerados. Algumas vezes foi necessário retomar o conceito de referencial, pois muitos alunos apresentavam (4) dificuldade em compreender (porque e) como deviam representar a velocidade negativa dentro do movimento retrógrado. Cabe ressaltar, que as dificuldades observadas em (3) e (4) são algumas das apontadas no trabalho de McDermott et al. (1987), sendo que a primeira encontra-se inserida na categoria dificuldades em relacionar gráficos com conceitos físicos, e a segunda, na categoria dificuldades em relacionar gráficos com o mundo real.

Para que todos tivessem a oportunidade de observar as etapas envolvidas no processo de transposição de informações de um gráfico para outro, o pesquisador reservou um tempo ao final da atividade para discutir algumas questões em maiores detalhes. Assim, apresentou um modelo referente ao primeiro gráfico, simulando alguns valores para lançar nos eixos de forma a representar todos os movimentos solicitados (movimento progressivo, repouso, movimento retrógrado e repouso). Posteriormente, baseando-se num gráfico de posição por tempo, junto aos alunos, construiu um gráfico de velocidade por tempo, representando as velocidades dentro de cada intervalo considerado. Desse modo, os grupos tiveram a oportunidade de comparar com o que fizeram, observando os acertos e quais pontos poderiam

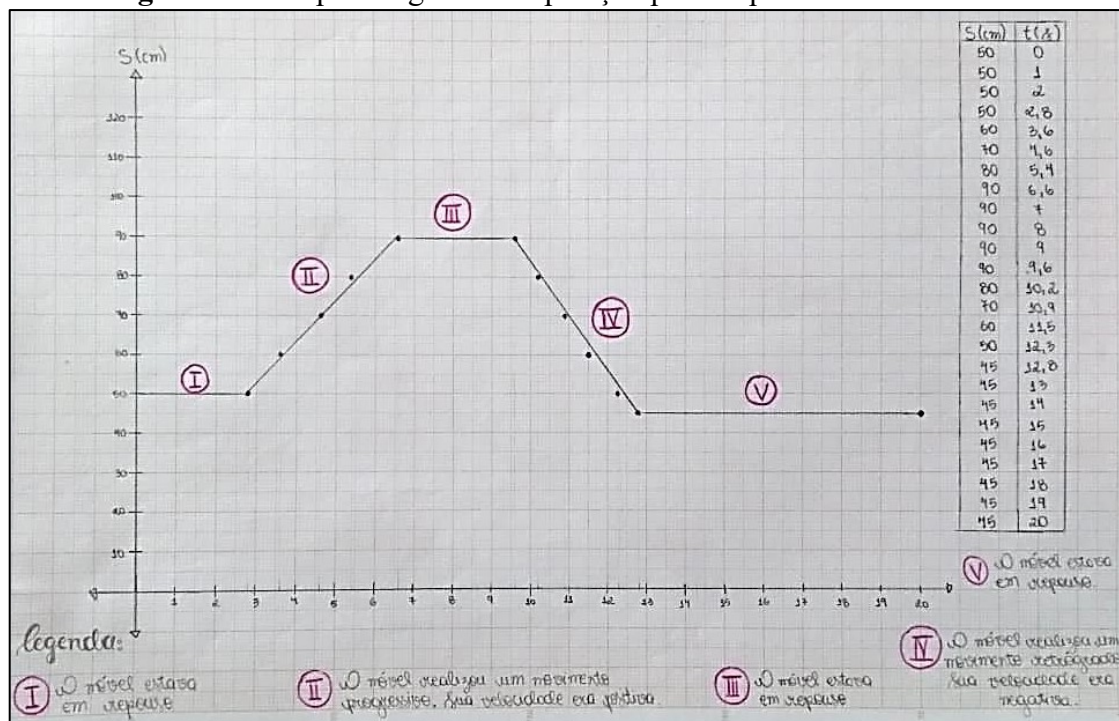
melhorar. Exemplos dos gráficos feitos pelos grupos podem ser observados nas figuras de 8 a 11.

Figura 8. Exemplo 1 - gráfico de posição por tempo da atividade A.2.2.



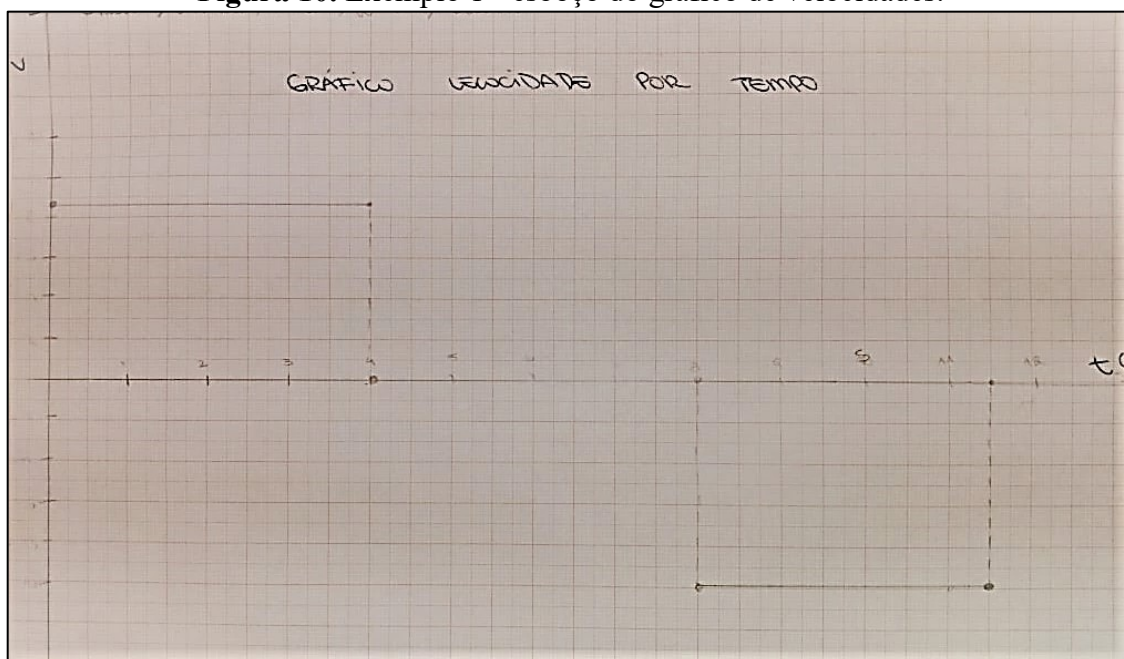
Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 9. Exemplo 2 - gráfico de posição por tempo da atividade A.2.2.



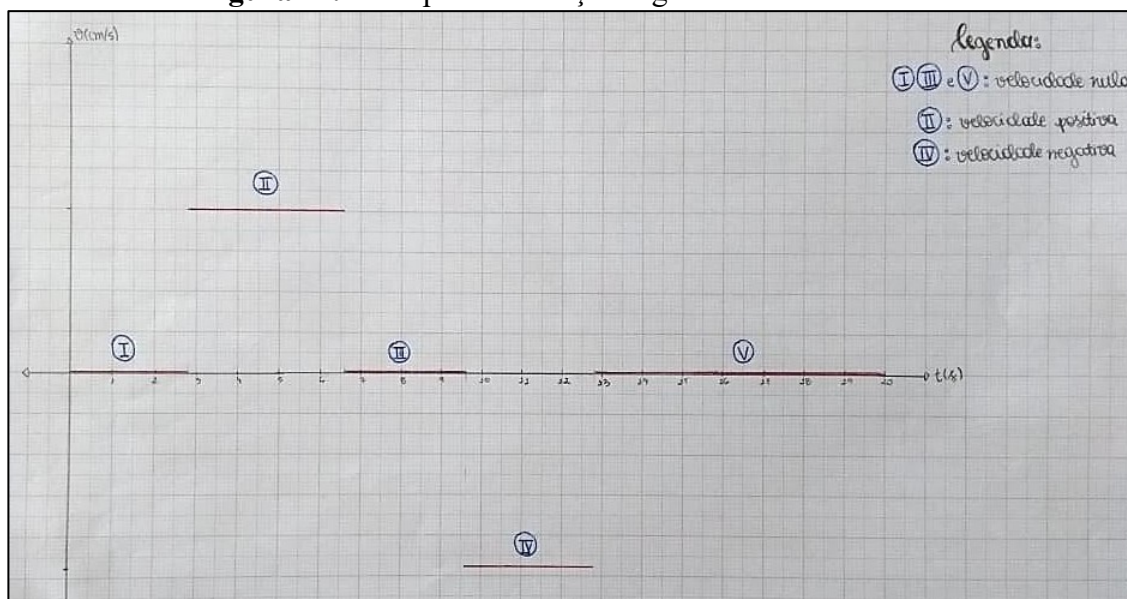
Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 10. Exemplo 1 - esboço do gráfico de velocidades.



Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 11. Exemplo 2 - esboço do gráfico de velocidades.



Fonte: elaborada pelo autor.

Consideramos que a exploração de todas as etapas envolvidas no processo, envolvendo desde a programação, a coleta de dados, a construção dos gráficos, a narrativa dos movimentos representados e a transposição de informações de um tipo de gráfico para outro, embora implique mais tempo, também oferece aos alunos a possibilidade de trabalhar com diferentes representações acerca de um mesmo fenômeno, podendo facilitar a aprendizagem. Poderíamos ter utilizado a coleta automatizada de dados com a construção simultânea dos

gráficos através do uso de softwares como o PLX-DAQ³², cabendo aos alunos apenas programar os modelos e analisar os gráficos gerados em cada um dos casos. Contudo, compartilhamos das ideias de Guimarães, Ferreira e Roazzi (2001) e Fortes (2007), ao argumentarem que construir gráficos é qualitativamente diferente de interpreta-los.

Interpretar requer a habilidade de ler e extrair sentido dos dados analisados, ao passo que construir se refere a gerar algo novo exigindo selecionar dados, escalas e representações adequadas (GUIMARÃES; FERREIRA; ROAZZI, 2001). Além disso, “Em termos da relação construção e interpretação, pode ser considerado que interpretar não requer construção, e construir frequentemente implica algum tipo de interpretação” (FORTES, 2007, p.18). Assim, optamos por manter ambas as etapas, construção e interpretação.

Tomando por base o autorrelato dos estudantes, as observações feitas durante as atividades e a análise das videogravações, percebemos avanços na compreensão acerca da construção e interpretação de gráficos. Trabalhar com diferentes representações parece ter contribuído de forma positiva para a aprendizagem dos alunos. Na sequência, trazemos dois extratos representativos desse ponto em questão, evidenciando que isso também foi algo percebido pelos estudantes.

E4: Então, quando a gente na hora de construir o gráfico, como a gente tinha analisado todas as outras etapas, foi bem mais fácil do que, como eu disse, a gente pegasse o exercício pronto. Eu achei mais interessante, me envolveu mais.

E6: [...] eu me envolvi mais com o andamento do carrinho, com o desenvolvimento dele, ao fazer os gráficos, ao pensar em como que ele andou, nas medidas, refletir sobre essas coisas e como que o gráfico funciona, né. Em qual parte que eu ponho em qual lugar, como é que faz o gráfico. Na filmagem também, pra ver quanto que ele andou em determinado tempo.

Os dados obtidos sugerem que as atividades contribuíram para a aprendizagem dos alunos, visto que algumas das dificuldades apontadas pela literatura foram sendo superadas ao longo do processo. Porém, não podemos afirmar que isso ocorreu de forma homogênea para todos, pois os estudantes apresentaram diferentes engajamentos em relação às diferentes tarefas e fases; nem que as atividades foram as únicas responsáveis, pois aulas teóricas envolvendo Cinemática continuaram de forma concomitante. Contudo, as atividades possibilitaram maior contato e novas formas de interagir com o conteúdo, propiciando mais momentos de autoria e de discussão acerca das diferentes representações gráficas e possíveis relações entre elas.

³² PLX-DAQ (Parallax Data Acquisition tool) é uma ferramenta complementar de aquisição de dados, capaz de enviar informações, obtidas por determinado sensor, direto para uma planilha eletrônica.

6 CONSIDERAÇÕES

Pesquisas envolvendo Robótica Educacional comumente salientam o uso desse recurso como capaz de mobilizar e desenvolver uma gama de habilidades e competências nos educandos, afetando positivamente a aprendizagem. Da mesma forma, relatam melhorias na motivação e no engajamento dos estudantes. Contudo, não se observa preocupação em apoiar tais construtos em qualquer base teórica, deixando diversas perguntas em aberto. Como exemplo, o que entendem por motivação? Que tipo de motivação foi observada durante as atividades? O desenho das atividades e os contextos que elas propiciaram fizeram diferença? Como a motivação foi avaliada dentro desses contextos? Se considerarmos a motivação como um preditor do engajamento escolar, também caberiam perguntas sobre o que consideram por engajamento ou que tipo foi avaliado. O comportamental? O cognitivo? O emocional? Ou mais de um desses de forma concomitante?

Em virtude da complexidade que envolve o assunto, debruçamo-nos sobre esse tema visando compreender como a Robótica Educacional influencia a motivação dos estudantes para aprender Física. Pensando nisso, estruturamos atividades envolvendo uso da robótica em turmas do primeiro ano do ensino médio, abordando o ensino de Cinemática. Dentro desse contexto, demos ênfase para questões envolvendo construção e análise de gráficos, e na discussão do conceito de velocidade escalar média.

Essa escolha pautou-se, preponderantemente, em dois motivos: abordar algumas das dificuldades elencadas pela literatura (McDERMOTT, et al., 1987; BEICHNER, 1990, 1994) no que diz respeito à interpretação de gráficos cinemáticos; e interferir o mínimo possível na programação elaborada pelo professor das turmas. Dentre as dificuldades trabalhadas, buscamos propor atividades onde os alunos tivessem que: interpretar mudanças na altura e mudanças na inclinação; relacionar um tipo de gráfico a outro; relacionar a narração de um movimento com o gráfico que o descreve; representar velocidade negativa e fazer distinção entre diferentes tipos de gráficos. Dessa forma, objetivamos avaliar, para além da motivação, possíveis contribuições da robótica para a aprendizagem dos estudantes.

Tendo essas questões em mente, primeiramente buscamos entender o que é motivação, objeto principal desse trabalho. Percebemos logo cedo que defini-la não seria trivial, pois se trata de um construto bastante complexo e que ao longo da história da Psicologia recebeu diferentes enfoques. Além disso, dependendo da teoria adotada, perspectivas diferentes se descortinaram sobre como evidencia-la ou analisa-la dentro do contexto de sala de aula. Encontramos na teoria da autodeterminação suporte para avançarmos

nesse terreno. Essa teoria, além de considerar fatores intrínsecos ao desenvolvimento individual, também põe em pauta fatores extrínsecos presentes nos contextos sociais que podem facilitar ou obstaculizar a motivação, a integração social e o bem-estar dos indivíduos (RYAN; DECI, 2017).

Um dos pressupostos presentes na teoria da autodeterminação é que todo ser humano busca a satisfação de três necessidades psicológicas básicas (autonomia, competência e pertencimento). Assim, procuram se envolver em atividades que julgam interessantes, permanecendo nelas, principalmente, quando vislumbram o desenvolvimento de suas habilidades, a manutenção de seu bem estar e a integração social (RYAN; DECI, 2017). Isso acontece em todos os contextos da vida humana. Ao estruturarmos as atividades didáticas, consideramos essas questões, buscando oferecer contextos que atendessem, ou ao menos tentassem atender, as necessidades psicológicas básicas dos estudantes. Isso também se refletiu nas ações do professor pesquisador, o qual durante as atividades procurou manter uma postura de estímulo à autonomia, ouvindo, incentivando o esforço e oferecendo *feedback* informativo sempre que necessário.

Algumas ideias construcionistas também permearam nosso trabalho. Buscamos oferecer aos alunos a possibilidade de aprender fazendo, planejando, discutindo e avaliando os erros; oferecer contextos e tempos para que conceitos fossem discutidos e, se necessário, ressignificados com base nas experiências vivenciadas; além de incentivar momentos de autoria, seja por meio da programação ou do desenvolvimento de estratégias para a solução dos desafios propostos. Cabe ressaltar que nem todas as concepções construcionistas foram observadas, pois segui-las implicaria em alterações na estrutura curricular e em como os conteúdos seriam abordados. Uma abordagem construcionista vai além do que foi feito, visa dar aos alunos maior controle sobre o que vão aprender e como farão isso, tornando as atividades projetos pessoais (RESNICK, 1991). Entendemos que dentro do contexto escolar algumas escolhas cabem aos professores, outras podem ser negociadas com os alunos, dando-lhes a oportunidade e a percepção de serem agentes do seu próprio aprender.

Para avaliar como as atividades e os contextos propiciados influenciaram a motivação dos estudantes, tomamos mão de diferentes instrumentos/técnicas, visando coletar o máximo de informações possíveis. Através da escala de motivação pudemos, em dois momentos distintos, avaliar a intensidade e qualidade da motivação dos alunos para realizar atividades didáticas em Física. No entanto, o referido instrumento não nos permite compreender o processo, ou seja, o que aconteceu entre esses dois momentos, independente do resultado obtido. Para isso, outros instrumentos foram utilizados, como as entrevistas

semiestruturadas e as videograções, as quais nos serviram de base para a análise do engajamento comportamental de alguns dos estudantes. Essa análise se fez pertinente, pois segundo autores como Saeed e Zyngier (2012), Reeve (2012) e Nayir (2017), motivação e engajamento estabelecem estreita relação. Assim, analisando um poderíamos ter informações a respeito do outro.

Os resultados provenientes da escala de motivação nos permitiram inferir que, de forma geral, as atividades impactaram de maneira bastante tímida a qualidade motivacional dos estudantes, uma vez que diferenças estatísticas entre os resultados do pré e pós-teste não foram percebidas, com exceção para as médias da motivação extrínseca por regulação identificada. E considerando esse caso particular, o tamanho do efeito (magnitude dessa diferença nos resultados do pré e pós-teste) se apresentou pequeno. Embora os dados indiquem não haver diferenças estatísticas ao consideramos o conjunto, entendemos que as atividades e os contextos afetaram os alunos de formas diferentes e por diversos motivos. Em alguns casos, isso se deu positivamente, em outros nem tanto. Além disso, devemos levar em consideração que as atividades envolvendo robótica se deram de forma concomitante com as aulas de física. Dessa forma, ao analisarmos os resultados da EMADF não temos como afirmar que ela mensurou de forma isolada apenas questões atreladas à robótica, embora tivéssemos essa intenção.

Ao analisarmos o engajamento comportamental ao longo das diferentes fases, percebemos que alguns alunos mantiveram-se interessados e envolvidos, buscando resolver os desafios e enfrentar as dificuldades. Dos estudantes que mantiveram essa condição (E1, E2, E6 e E11), notamos em comum uma boa qualidade motivacional, tanto antes quanto depois da sequência de atividades. Em outros casos, percebemos estudantes que apresentavam baixa pontuação nas médias das motivações mais autodeterminadas, e que foram afetados de forma positiva pelas atividades e contextos. Foram os casos de E4 e E7. Em ambas as situações, esses estudantes indicaram ter experienciado interações positivas com seus colegas de grupo, sentiram-se a vontade para discutir suas ideias, expor dúvidas e apresentar sugestões, além de terem relatado boa relação com o pesquisador ao longo do processo. Além disso, julgaram as atividades interessantes de forma geral. O bom engajamento observado nesses casos foi acompanhado por ganhos na qualidade motivacional. Ao final da sequência de atividades os estudantes apresentaram aumento considerável nas médias das motivações intrínseca e identificada.

Também observamos casos onde as atividades e contextos parecem ter pouco influenciado a qualidade motivacional. Como exemplo, as estudantes E8 e E9. Embora elas

tenham se envolvido ao longo das fases, argumentaram como razões para isso o cumprimento de demandas e a manutenção das notas. Tal compreensão esteve refletida na EMADF, onde ambas as alunas expressaram médias elevadas para a motivação extrínseca por regulação externa RP. No caso de E9, a aluna ainda argumentou não gostar de Física, por isso não se envolveu de forma mais efetiva.

Além das situações mencionadas, também observamos casos onde os indivíduos evidenciaram interesse particular por apenas uma das etapas. Por exemplo, o aluno E5, que apresentou interesse e se envolveu apenas durante as etapas de programação, mantendo-se disperso nos demais momentos. Com o aumento das discussões envolvendo conceitos físicos e análise gráfica, percebemos decréscimo em seu engajamento. Ao ser questionado sobre o que lhe motivou a participar das atividades, falou que fazer as atividades era uma forma de mostrar para si mesmo o quanto sabia de programação. Dessa forma, percebemos que as atividades e os contextos oferecidos não o afetaram no sentido de melhorar sua relação com a componente curricular Física. Isso acabou refletindo em sua qualidade motivacional, com expressiva redução na média da motivação intrínseca (33,2%).

Em outros casos, percebemos alunos que se engajaram cada vez menos com o passar das atividades (E10 e E13). No caso da aluna E10, essa alegou relações pouco positivas com seu grupo. Segundo a estudante, ao passar das fases seu grupo foi se desinteressando e deixando de contribuir com as discussões. Isso fez com que ela se desinteressasse também. Embora tal situação tenha prejudicado seu engajamento comportamental, parece ter afetado muito pouco sua qualidade motivacional, a qual ainda manteve boas médias em relação às motivações autodeterminadas.

Além dos casos apresentados, também observamos alunos que não se engajaram em momento algum durante as atividades (E3 e E12). No caso de E3, a aluna alegou não gostar de Física, nem de matemática. E embora tenha afirmado participação nas etapas de programação, isso não foi verificado. A referida aluna alegou ter gostado das atividades, entretanto seu comportamento evidenciou desinteresse. Já a aluna E12 afirmou gostar de Física, além disso, julgou as atividades como interessantes. Da mesma forma, a análise comportamental evidenciou desengajamento nas diferentes fases. Em ambos os casos, aparentemente os contextos oferecidos não foram capazes de afetar positivamente a motivação das estudantes. Os dados sugerem que as atividades não foram percebidas como interessantes ou que não se mostraram significativas o suficiente para ambas as alunas. No caso de E3, isso acabou refletindo em queda na sua qualidade motivacional, como evidenciado pela EMADF.

A análise dos diferentes casos sugere que os contextos gerados pelas atividades foram percebidos de forma distinta pelos alunos, algumas vezes oferecendo suporte as suas necessidades psicológicas básicas, outras não. Por exemplo, observamos que alguns alunos tiveram sua necessidade de pertencimento atendida ao longo das atividades, pois se sentiram vinculados a seus grupos, valorizaram a possibilidade de escolher com quem trabalhar (afinidade), destacaram as contribuições dos demais colegas e perceberam uma boa relação com o professor; outros experienciaram interações pouco produtivas, falta de diálogo e descomprometimento por parte de seus colegas, o parece ter contribuído para um aumento do desinteresse e queda no engajamento comportamental.

Em relação ao suporte à necessidade psicológica de competência, observamos que a maioria dos entrevistados (07 alunos - 53,8%) percebeu as atividades de forma positiva, argumentando que essas lhes possibilitaram compreender melhor os diferentes tipos de gráficos e as relações entre as variáveis representadas. Do restante, 05 estudantes (38,5%) alegaram que já estavam compreendendo bem o conteúdo e que as atividades pouco influenciaram, e apenas 01 estudante (7,7%) disse que as atividades pouco contribuíram. Embora a maioria tenha alegado ganhos de compreensão, as atividades não se mostraram positivas para todos. E1, por exemplo, argumentou que alguns de seus colegas sentiram-se mais confusos ao terem que lidar com a linguagem de programação, e que isso trouxe novas dificuldades para aquilo que já consideravam difícil. Isso foi uma percepção que também tivemos.

Faz-se pertinente considerar que as dificuldades relacionadas à programação são percebidas de forma diferente pelos alunos. Alguns, ao terem que procurar o erro, reprogramar e testar novamente, experienciam frustração e ansiedade. Com isso, acabam abandonando as atividades ou passando a função para outros colegas, reforçando muitas vezes um sentimento de incapacidade. Nesse sentido, o suporte do pesquisador não alcançou todos os alunos, pois muitos não buscaram ajuda nesses momentos e alguns casos passaram despercebidos, sendo evidenciados apenas durante a análise das videogravações.

Em relação ao suporte oferecido à necessidade psicológica de autonomia, compreendemos que nem todas as escolhas oferecidas se mostraram relevantes ou se constituíram como verdadeiras escolhas para os alunos. Contudo, dentro das atividades, sempre que possível buscamos oportunizar liberdade para discutir, elaborar estratégias, testar e avaliar erros cometidos. Além disso, também procuramos manter uma postura de incentivo à autonomia, fornecendo suporte através de *feedbacks* informativos, orientando os alunos tanto de forma individual ou coletiva.

Outro fator que deve ser levado em conta e que pode ter contribuído para que os resultados do pré e pós-teste não apresentassem diferenças estatísticas é a grande exposição que os alunos tiveram em relação aos materiais e ao ambiente de programação. As atividades desenvolveram-se durante quase um trimestre, fazendo com que o efeito novidade se dissipasse. O contato prolongado com o material e o acréscimo no nível de dificuldade das tarefas pode ter tornado as atividades menos atrativas com o decorrer do trabalho. Em geral, trabalhos que avaliam o uso da robótica como elemento motivador, constituem-se em atividades de menor duração (menor ou igual a um mês). Com isso, torna-se bastante razoável considerar que o efeito novidade ainda se faz presente nesses casos.

Embora nosso trabalho possa ser entendido como um caso particular, nossos dados sugerem que a avaliação da robótica como uma ferramenta capaz de melhorar a motivação dos estudantes deve ser vista com algumas ressalvas. Percebemos ao longo do trabalho que a introdução desse recurso no contexto da sala de aula pode afetar o interesse e o engajamento comportamental dos alunos. Contudo, manter essa condição é algo mais complexo. Embora tenhamos dado atenção às questões apontadas pela teoria da autodeterminação no que diz respeito a quais contextos podem oferecer suporte às diferentes necessidades psicológicas básicas dos estudantes, percebemos que nem todos os alunos tiveram suas necessidades atendidas de forma satisfatória, pois esses contextos são percebidos de forma diferente pelos diferentes estudantes.

Tal questão vincula-se com certas particularidades presentes em uma sala de aula, onde condicionantes específicos (interesses, vontades dos estudantes) devem ser levados em conta. Ao trabalharmos com robótica e ensino de Cinemática, tínhamos uma intenção pedagógica que não era necessariamente a mesma dos alunos ao lidar com esses materiais. Esses fatores, embora não se configurem como determinantes, são capazes de influenciar o como e o quanto os estudantes irão interagir com as atividades. Além disso, podemos refletir sobre o que pontua Resnick (1991) ao sinalizar que diferentes alunos serão atraídos por diferentes atividades de robótica. Com isso, outros assuntos, que não gráficos cinemáticos, poderiam trazer resultados diferentes, por exemplo.

Em relação ao aprendizado, avaliamos que a introdução da robótica trouxe alguns benefícios. Como exemplo, o trabalho em grupo possibilitou a troca de ideias e facilitou a apreensão de alguns conceitos. Após as atividades, alguns alunos passaram a compreender de forma mais clara a diferença entre deslocamento e caminho percorrido. A exposição a diferentes formas de representar um movimento (pensar que movimentos programar, efetuar a programação, analisar o movimento em suas diferentes etapas, descrever o movimento

realizado, coletar dados e construir a respectiva representação gráfica) contribuiu, de forma geral, para que algumas dificuldades relativas à interpretação gráfica fossem superadas.

Alguns alunos começaram a identificar de forma mais precisa movimentos regressivos, retrógrados e a condição de repouso; a associar diferentes inclinações em gráficos $s \times t$ a velocidades distintas; a relacionar de forma adequada a descrição de um movimento ao seu respectivo gráfico; e a transpor informações de um tipo de gráfico para outro. Embora não possamos afirmar que as atividades foram as únicas responsáveis por essa evolução, nossos dados sugerem que elas contribuíram de forma bastante positiva. Além disso, devido as turmas não estarem todas na mesma situação, observamos que a introdução de forma concomitante (teoria em sala de aula e prática laboratorial com uso da robótica) produziu melhores resultados quando comparados a introdução da teoria e posterior uso da robótica.

Embora não sejam apresentados nesse trabalho, também avaliamos quantitativamente os ganhos de aprendizagem dos estudantes, aplicando pré e pós-testes relativos às questões envolvendo análise gráfica³³. Os resultados preliminares apontam diferentes estatísticas entre os dois momentos (antes e após a sequência de atividades). Em trabalhos posteriores discutiremos esses resultados.

6.1 LIMITAÇÕES

Como toda pesquisa, nosso trabalho apresenta limitações. Segundo autores como Boruchovitch (2004), Bzuneck e Guimarães (2009), e Lourenço e De Paiva (2010), motivação e aprendizagem apresentam estreita relação. Porém, nosso trabalho não buscou estabelecer correlações entre motivação e aprendizagem. Da mesma forma, a relação entre engajamento e motivação apresenta-se bem mais ampla e complexa em relação ao que foi aqui apresentado e explorado. Devido ao tempo para a realização da pesquisa e, por escolhas metodológicas, não avaliamos essa questão de forma mais profunda.

Pesquisas como as de Saeed e Zyngier (2012) e Nayir (2017) abordam de maneira mais ampla a relação entre esses construtos, apoiando-se na ideia de que motivações de melhor qualidade também se expressam em engajamentos de melhor qualidade. Além disso, diferentes níveis de envolvimento, relacionados ao valor que o aluno atribui a tarefa, são

³³ Utilizamos cinco questões (3, 5, 8, 11 e 17) do teste elaborado por Beichner (1994), denominado TUGK (Test of Understanding Graphs in Kinematics), traduzido e adaptado por Agrello e Garg (1999); e uma questão relacionada ao problema 1 proposto por McDermott et al. (1987).

apresentados. E para cada um desses níveis, diferentes qualidades motivacionais parecem se associar. Em nossa pesquisa avaliamos apenas o engajamento comportamental e deixamos de fora outras dimensões e níveis de engajamento, os quais poderiam trazer novas perspectivas ao estudo.

Também não exploramos como a robótica afetou de forma particular cada uma das turmas. Embora as diferenças se mostrem bastante pequenas, tal análise poderia acrescentar riqueza de detalhes ao trabalho. Entretanto, optamos por realizar uma avaliação mais geral, por entendermos que os resultados quantitativos se expressariam de forma mais relevante com o aumento da amostra. Em trabalhos futuros, esperamos apresentar uma análise mais detalhada, discutindo cada uma das turmas individualmente.

REFERÊNCIAS

- AGRELLO, Deise Amaro; GARG, Reva. Compreensão de gráficos de Cinemática em Física introdutória. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 103-115, mar. 1999.
- ALIMISIS, Dimitris; BOULOUGARIS, George. Robotics in physics education: fostering graphing abilities in kinematics. In: INTERNATIONAL WORKSHOP TEACHING ROBOTICS, TEACHING WITH ROBOTICS, 4, 2014, Padova, Itália. **Proceedings...** Padova, 2014, 175p. p. 2-10.
- ANWAR, Saira et al. A Systematic Review of Studies on Educational Robotics. **Journal of Pre-College Engineering Research**, [West Lafayette], v. 9, n. 2, p. 19-42, Jul. 2019.
- ARAÚJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela; MOREIRA, Marco Antonio. Atividades de modelagem computacional no auxílio à interpretação de gráficos da Cinemática. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 179-184, 2004.
- ASIMOV, Isaac. **Eu, robô**. 2. ed. Tradução Luiz Honório Matta. Rio de Janeiro: Expressão e Cultura, 1969. 288p.
- ASIMOV, Isaac. **Eu, robô**. 11. ed. Tradução Jorge Luiz Calife. Rio de Janeiro: Ediouro, 2004. 320p.
- BARANAUSKAS; Maria Cecilia Calani et al.. Uma taxonomia para ambientes de aprendizado baseados no computador. In: VALENTE. José Armando (org). **O Computador na Sociedade do Conhecimento**. Campinas, São Paulo: UNICAMP/NIED, 1999, p. 49-68.
- BAUMEISTER, Roy Fredrick; LEARY, Mark Richard. The need to belong: desire for interpersonal attachments as a fundamental human motivation. **Psychological Bulletin**, [S.l.], v. 117, n. 3, p. 497-529, May.1995.
- BEICHNER, Robert. The effect of simultaneous motion presentation and graph generation in a kinematics lab. **Journal of Research in Science Teaching**, [S.l.], v. 27, n. 8, p. 803-815, Nov. 1990.
- BEICHNER, Robert. Testing student interpretation of kinematics graphs. **American Association of Physics Teachers**, [Maryland], v. 62, n. 8, p.750-762, Aug.1994.
- BELEI, Renata Aparecida et al. O uso de entrevista, observação e videogravação em pesquisa qualitativa. **Cadernos de Educação**, Pelotas, n.30, p.187-199, jan./jun. 2008.
- BENITTI, Fabiane Barreto Vavassori. Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. **Computers & Education**, [S.l.], v. 58, n. 3, p. 978-988, Apr. 2012.
- BIHEL, Rodrigo; MARTINS, Silvana Neumann; GONZATTI, Sônia Elisa Marchi. Robótica Educacional: um recurso para abordar os conceitos de movimento e velocidade no ensino fundamental. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, jul. 2018.

Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/renote/article/view/85927/49308>. Acesso em: 13 out. 2019.

BORUCHOVITCH, Evely. A auto-regulação da aprendizagem e a escolarização inicial. In: BORUCHOVITCH, Evely; BZUNECK, José Aloyseo (Orgs). **Aprendizagem: Processos psicológicos e o contexto social na escola**. Petrópolis: Vozes, 2004, p. 177-200.

BORUCHOVITCH Evely; BZUNECK, José Aloyseo. Motivação para Aprender no Brasil: estado da arte e caminhos futuros. In: BORUCHOVITCH, Evely; BZUNECK, José Aloyseo; GUIMARÃES, Sueli Edi Rufini (Orgs.). **Motivação para Aprender: aplicações no contexto educativo**. 2. ed. Petrópolis: Vozes, 2010. p. 231-354.

BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, DF: Presidência da República, [2019]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394compilado.htm. Acesso em: 12 abr. 2018.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio**. Brasília: Ministério da Educação, 2000.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. Diretoria de Currículos e Educação Integral. **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação, p. 144-201, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria da Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: Ministério da Educação, 2018.

BUTLER, Malcolm. Factors associated with students' intentions to engage in science learning activities. **Journal of Research in Science Teaching**, [S.l.], v. 36, n. 4, p. 455-473, Apr. 1999.

BZUNECK, José Aloyseo. A motivação do aluno: aspectos introdutórios. In: BORUCHOVITCH, Evely; BZUNECK, José Aloyseo (Orgs.). **A motivação do aluno: Contribuições da Psicologia Contemporânea**. 4. ed. Petrópolis: Vozes, 2009. p. 9-36.

BZUNECK, José Aloyseo. Como motivar os alunos: sugestões práticas. In: BORUCHOVITCH, Evely; BZUNECK, José Aloyseo; GUIMARÃES, Sueli Édi Rufini (Orgs.). **Motivação para Aprender: aplicações no contexto educativo**. 2. ed. Petrópolis: Vozes, 2010. p. 13-42.

BZUNECK, José Aloyseo; GUIMARÃES, Sueli Edi Rufini. A promoção da autonomia como estratégia motivacional na escola: uma análise teórica e empírica. In: BORUCHOVITCH, Evely; BZUNECK, José Aloyseo; GUIMARÃES, Sueli Édi Rufini (Orgs.). **Motivação para Aprender: aplicações no contexto educativo**. 2. ed. Petrópolis: Vozes, 2010. p. 43-70.

CABRAL, Cristiani Pelisolli. **Robótica educacional e resolução de problemas: uma abordagem microgenética da construção do conhecimento**. 2010. 148f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Programa de Pós-graduação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

CABRAL, Cristiani Pelisolli. Tecnologia e Educação: da informatização à Robótica Educacional. **ÀGORA**, Porto Alegre, ano 2, n. 1, p. 36-59, jan./jun. 2011.

CAMPOS, Flávio Rodrigues. Robótica educacional no Brasil: questões em aberto, desafios e perspectivas futuras. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, Araraquara, v.12, n. 4, p. 2108-2121, out./dez. 2017.

CARVALHO, Wilson; STANZANI, Enio Lorena; PASSOS, Marinez Meneghello. A motivação no Ensino de Ciências: análise de dez anos de trabalhos apresentados no ENPEC. **ACTIO: Docência em Ciências**, Curitiba, v. 2, n. 3, p. 1-18, out./dez. 2017.

CERCILIAR, Ellen Thais Alves et al. Trabalho coletivo com mídia na robótica educacional. **Educação Temática Digital**, Campinas, v.13, n.1, p. 290-309, jul./dez. 2011.

CHEVALLARD, Yves. **La Transposición Didáctica: Del saber sábio al saber enseñado**. 3 ed., Argentina: Aique, 1998. p. 45-55.

CLEMENT, Luiz. **Autodeterminação e ensino por investigação: construindo elementos para a promoção da autonomia em aulas de física**. 2013. 334 f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) - Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

CLEMENT, Luiz; CARMINATTI, Nayra Luiza; CUSTÓDIO, José Francisco; PINHO ALVES, José de. Possibilidades de se promover a necessidade de pertencimento em aulas de física. **Revista Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**, Bogotá, v. 11, n. 1, p. 26-42, maio 2016.

CLEMENT, Luiz et al. Motivação autônoma de estudantes de física: evidências de validade de uma escala. **Revista Psicologia Escolar e Educacional**, v. 18, n. 1, p. 45-56, jan./abr. 2014.

COHEN, Jacob. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. 2. ed. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1988, p. 20-40.

CUPANI, Alberto Oscar. Tecnologia: uma realidade complexa. In: CUPANI, Alberto Oscar. **Filosofia da tecnologia: um convite**. 3. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2017, p. 11-29.

CYSNEIROS, Paulo Gileno. Novas tecnologias na sala de aula: melhoria do ensino ou inovação conservadora? **Informática Educativa**, Bogotá, v. 12, n. 1, p. 11-24, Mayo 1999a.

DE SORDI, Livia Petelincar. **Motivação, necessidades psicológicas básicas e estratégias de aprendizagem de estudantes de ensino fundamental de uma escola promotora de autonomia**. 2015. 184f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, 2015.

DECI, Edward; RYAN, Richard. **Intrinsic motivation and self-determination in human behavior**. New York. Plenum Press, 1985, 371p.

DECI, Edward; RYAN, Richard. A Motivational Approach to Self: Integration in Personality. In: NEBRASKA SYMPOSIUM ON MOTIVATION, 1990: PERSPECTIVES ON

MOTIVATION, 38, 1990. Lincoln. **Proceedings...** Lincoln: University of Nebraska Press, 1991. 396p. p. 237-288.

DECI, Edward et al. Motivation and Education: The Self-Determination Perspective. **Educational Psychologist**, [S.l.], v. 26, n. 3-4, p. 325-346, 1991.

DECI, Edward; RYAN, Richard. The “What” and “Why” of Goal Pursuits: Human Needs and the Self-Determination of Behavior. **Psychological Inquiry**, [S.l.], v. 11, n. 4, p. 227-268, Oct. 2000.

DINIZ, Rafael Henriques Nogueira; SANTOS, Mirian Stassun. A Utilização da Robótica Educacional LEGO® nas aulas de Física do 1º ano do ensino médio e suas contribuições na aprendizagem. In: CONGRESO IBEROAMERICANO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN Y EDUCACIÓN, 2014, Buenos Aires, Argentina. **Anais...** Buenos Aires: Organización de Estados Iberoamericanos (OEI), 2014. Disponível em: <https://www.oei.es/historico/congreso2014/memoriactei/1237.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2018.

DUARTE, Rosália. Entrevistas em pesquisas qualitativas. **Educar em Revista**, Curitiba, n. 24, p. 213-225, July/Dec. 2004.

DUMINELLI, Geislana Padeti Ferreira. **Robótica aplicada ao ensino de resistores**. 2016. 70f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2016.

DWORAKOWSKI, Luiz Antonio; DORNELES, Pedro Fernando; HARTMANN, Ângela Maria. Estudo de gráficos cinemáticos através do jogo batalha naval e de atividades robóticas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 35, n. 2, p. 532-549, ago. 2018.

ESPÍRITO-SANTO, Helena; DANIEL, Fernanda. Calcular e apresentar tamanhos do efeito em trabalhos científicos (1): As limitações do $p < 0,05$ na análise de diferenças de médias de dois grupos. **Revista Portuguesa de Investigação Comportamental e Social**, Coimbra, v. 1, n. 1, p. 3-16, fev. 2015.

FARIA, Alexandre Fagundes. **Engajamento de estudantes em atividade de investigação: estudo em ala de física do ensino médio**. 2008. 128f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

FARIA, Alexandre Fagundes; VAZ, Arnaldo Moura. Engajamento de estudantes em investigação escolar sobre circuitos elétricos simples. **Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 21, p. 1-28, mar. 2019.

FERREIRA, Eliana Eik Borges. **A percepção de competência, autonomia e pertencimento como indicadores da qualidade motivacional do aluno**. 2010. 176 f. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Filosofia e Ciências, Universidade Estadual Paulista, Marília, 2010.

FINO, Carlos Nogueira. Matética e inovação pedagógica: o centro e a periferia. In: GOUVEIA, Fernanda; PEREIRA, Gorete (Orgs.). **Didática e Matética**. 1. ed. Funchal: Universidade da Madeira, 2016, p. 251-257.

FINO, Carlos Nogueira. Matética, pedagogia e o papel que ainda não têm nos currículos. **Revista Tempos e Espaços em Educação**, São Cristóvão, v. 10, n. 23, p. 27-36, set./dez. 2017.

FIRESTONE, Willian. Meaning in Method: The Rhetoric of Quantitative and Qualitative Research. **Educational Researcher**, [S.l.], v. 16, n. 7, p. 16-21, Oct. 1987.

FORNAZA, Roseli; WEBBER, Carine Geltrudes. Robótica Educacional aplicada à aprendizagem em Física. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, jul. 2014. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/renote/article/view/50275>. Acesso em: 11 out. 2018.

FORTES, Renata Martins. **Interpretação de gráficos de velocidade em um ambiente robótico**. 2007. 133f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2007.

FREDRICKS, Jennifer; BLUMENFELD, Phyllis; PARIS, Alison. School engagement: potential of the concept, state of the evidence. **Review of Educational Research**, [New York], v. 74, n. 1, p. 59-109, Mar./July 2004.

FREITAS, Savana dos Anjos; NETO, Agostinho Serrano de Andrade; SILVA, Vinícius Gouveia. Uso de jogos de celular no aprendizado de Física no ensino fundamental: Um estudo exploratório do uso do jogo Angry Birds Space no ensino do conteúdo de Lançamento de Projéteis. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 14, n. 1, jul. 2016. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/renote/article/view/67374/38466>. Acesso em: 06 out. 2019.

GOYA, Alcides; BZUNECK, José Aloyseo; GUIMARÃES, Sueli Édi Rufini. Crenças de eficácia de professores e motivação de adolescentes para aprender Física. **Psicologia Escolar e Educacional**, Campinas, v. 12, n. 1, p. 51-67, jun. 2008.

GUIMARÃES, Sueli Édi Rufini. Motivação intrínseca, extrínseca e o uso de recompensas em sala de aula. In: BORUCHOVITCH, Evely; BZUNECK, José Aloyseo (Orgs.). **A motivação do aluno: Contribuições da Psicologia Contemporânea**. 4. ed. Petrópolis: Vozes, 2009. p. 37-57.

GUIMARÃES, Sueli Édi Rufini; BORUCHOVITCH, Evely. O Estilo Motivacional do Professor e a Motivação Intrínseca dos Estudantes: Uma Perspectiva da Teoria da Autodeterminação. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, Porto Alegre, v. 17, n. 2, p. 143-150, 2004.

GUIMARÃES, Gilda Lisbôa, FERREIRA, Verônica Gitirana Gomes; ROAZZI, Antônio. Interpretando e construindo gráficos. In: REUNIÃO ANUAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM EDUCAÇÃO, 24, 2001, Caxambu, Minas Gerais. **Anais...** Rio de Janeiro: Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação, 2001. GT 19: Educação Matemática. Disponível em: http://www.ufrj.br/emanped/paginas/conteudo_producoes/docs_24/interpretando.pdf. Acesso em: 10 dez. 2019.

- HAAG, Rafael; ARAUJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela. Por que introduzir a aquisição automática de dados no laboratório didático de Física. **Física na Escola**, [São Paulo], v. 6, n. 1, p. 69-74, maio 2005.
- HIDI, Suzanne; RENNINGER, K. Ann. The Four-Phase Model of Interest Development. **Educational Psychologist**, [S.l.], v. 42, n. 2, p. 111-127, 2006.
- IVANJEK, Lana et al. Student reasoning about graphs in different contexts. **Physical Review Physics Education Research**, [S.l.], v. 12, p. 1-13, Feb. 2016.
- KENSKI, Vani Moreira. **Educação e tecnologias: o novo ritmo da educação**. 2. ed. Campinas, SP: Papirus, 2007, 141p.
- KIM, ChanMin. et al. Robotics to promote elementary education pre-service teachers' STEM engagement, learning, and teaching. **Computers & Education**, [S.l.], v. 91, p. 14-31, Dec. 2015.
- LABURÚ, Carlos Eduardo. Fundamentos para um experimento cativante. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 23, n. 3, p. 382-404, dez. 2006.
- LOPES, Daniel de Queiroz; FAGUNDES, Lea da Cruz. As Construções Microgenéticas e o Design em Robótica Educacional. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 4, n. 2, dez. 2006. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/renote/article/view/14150/8085>. Acesso em: 14 out. 2019.
- LOURENÇO, Abílio Afonso; DE PAIVA, Maria Olímpia Almeida. A motivação escolar e o processo de aprendizagem. **Revista Ciências & Cognição**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 2, p. 132-141, ago. 2010.
- MACHADO, Juliana; CRUZ, Sonia Maria Silva Corrêa de Souza. Conhecimento, realidade e ensino de física: modelização em uma inspiração bungeana. **Revista Ciência e Educação**, Bauru, v. 17, n. 4, p. 887-902, 2011.
- MACHADO, Daniel Iria; NARDI, Roberto. Construção de conceitos de Física Moderna e sobre a natureza da Ciência com suporte da hipermídia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 4, p. 473-485, 2006.
- MAEHR, Martin; MEYER, Heather. Understanding motivation and schooling: where we've been, where we are, and where we need to go. **Educational Psychology Review**, [S.l.], v. 9, n. 4, p. 371-409, Dec. 1997.
- MANZINI, Eduardo José. Entrevista semi-estruturada: análise de objetivos e de roteiros. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PESQUISA E ESTUDOS QUALITATIVOS, 2, 2004, Bauru. **Anais...** Bauru: USC, 2004, p. 1-10.
- McDERMOTT, Lillian; ROSENQUIST, Mark; ZEE, Emily. Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics. **American Journal of Physics**, [S.l.], v. 55, n. 6, p. 503-513, June 1987.

MILL, Daniel; CÉSAR, Danilo. Robótica pedagógica livre: sobre inclusão sócio-digital e democratização do conhecimento. **Perspectiva**, Florianópolis, v. 27, n. 1, p. 217-248, jan./jun. 2009.

MITNIK, Rubén, et al. Collaborative robotic instruction: A graph teaching experience. **Computers & Education**, [S.l.], v. 53, n. 2, p. 330-342, Sept. 2009.

MOREIRA, Marco Antonio. **Metodologias de Pesquisa em Ensino**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2011, 242p.

NAYIR, Funda. The Relationship between Student Motivation and Class Engagement Levels. **Eurasian Journal of Educational Research**, Ankara, v. 71, p. 59-78, Oct. 2017.

OSTERMAN, Karen. Student's need for belonging in the school community. **Review of Educational Research**, [New York], v. 70, n. 3, p. 323-367, Mar./June 2000.

PALMER, David. A motivational View of Constructivist-informed Teaching. **International Journal of Science Education**, [S.l.], v. 27, n. 15, p. 1853-1881, Dec. 2005.

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

PAPERT, Seymour. **Logo: computadores e educação**. Tradução José Armando Valente, Beatriz Bitelman e Afira Vianna Ripper. 3. ed. São Paulo: Editora Brasiliense, 1988, 256p.

PAPERT, Seymour. **A Máquina das Crianças: Repensando a Escola na Era da Informática**. Porto Alegre, Artes Médicas, 1994. Resenha Crítica de: CYSNEIROS, Paulo Gileno. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 5, n.1, p. 139-144, 1999b.

PINTRICH, Paul. A motivational science perspective on the role of student motivation in learning and teaching contexts. **Journal of Education Psychology**, [Washington], v. 95, n. 4, p. 667-686, Dec. 2003.

PINTRICH, Paul; SCHUNK, Dale. **Motivation in education: theory, research, and applications**. 2 ed. Upper Saddle River: Merrill Prentice Hall, 2002, 460p.

REEVE, John Marshall. **Motivación y Emoción**. 5 ed. México: McGraw Hill Education, 2009. p. 1-127.

REEVE, John Marshall. A self-determination theory perspective on student engagement. In: CHRISTENSON, Sandra L.; RESCHLY, Amy; WYLIE, Cathy (Eds.), **Handbook of research on student engagement**. New York: Springer, 2012, p.149-172.

RESNICK, Mitchel. Xylophones, hamster, and fireworks: the role of diversity in constructionist activities. In: HAREL, Idit; PAPERT, Seymour (Eds.), **Construcionism**. Norwood: Ablex Publishing, 1991, p. 1-12.

REYNA, Carlos Pérez. **Vídeo e pesquisa antropológica: encontros e desencontros**. Covilhã: Universidade da Beira Interior. Biblioteca on-line de Ciências da Comunicação,

1997. Disponível em: <http://www.bocc.ubi.pt/pag/reyna-carlos-video-pesquisa.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2018.

RICARDO, Elio Carlos. Problematização e contextualização no ensino de Física. In: CARVALHO, Ana Maria Pessoa (Org.) **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2010 – (Coleção ideias em ação). p. 29-47.

RICARDO, Elio Carlos; CUSTÓDIO, José Francisco; JUNIOR, Mikael Frank Rezende. A tecnologia como referência dos saberes escolares: perspectivas teóricas e concepções dos professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 135-147, 2007.

RICARDO, Elio Carlos; FREIRE, Janaína. A concepção dos alunos sobre a física do ensino médio: um estudo exploratório. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 251-266, 2007.

ROUXINOL, Estevam et al. Novas tecnologias para o ensino de física: um estudo preliminar das características e potencialidades de atividades usando kits de robótica. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 19, 2011, Manaus. **Anais...** São Paulo: SBF, 2011, p. 1-10.

RYAN, Richard; CONNELL, James. Perceived Locus of Causality and Internalization: Examining Reasons for Acting in Two Domains. **Journal of Personality and Social Psychology**, [S.l.], v. 57, n. 5, p. 749-761, 1989.

RYAN, Richard; CONNELL, James; DECI, Edward. A Motivational Analysis of Self-determination and Self-regulation in Education. In: AMES, Carole; AMES, Russell (Eds.), **Research on motivation in education: The Classroom in Milieu**. New York: Academic Press, 1985, p. 13-51.

RYAN, Richard; DECI, Edward. **Self-Determination Theory: Basic Psychological Needs in Motivation, Development, and Wellness**. New York: The Guilford Press, 2017, 756p.

RYAN, Richard; DECI, Edward. Intrinsic and extrinsic motivations: classic definitions and new directions. **Contemporary Educational Psychology**, [S.l.], v. 25, n.1, p. 54–67, Jan. 2000a.

RYAN, Richard; DECI, Edward. Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. **American Psychologist**, [S.l.], v. 55 n. 1, p. 68-78, Jan. 2000b.

SAEED, Sitwat. ZYNGIER, David. How Motivation Influences Student Engagement: A Qualitative Case Study. **Journal of Education and Learning**, [Yogyakarta], v. 1, n. 2, p. 252-267, Nov. 2012.

SANTOS, Toni Fernando Mendes; SANTOS, Paulo José Sena. Relato e análise de uma sequência didática sobre forças de atrito com uso de kits de robótica educacional no primeiro ano do ensino médio. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 16, n. 2, p. dez. 2018. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/renote/article/view/89257/51497>. Acesso em: 15 dez. 2019.

SCHIVANI, Milton. **Contextualização do Ensino de Física à luz da Teoria Antropológica do Didático: o caso da robótica educacional**. 220 f. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação. Área de concentração Ensino de Ciências e Matemática, Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

SCHIVANI, Milton; PIETROCOLA, Maurício. Robótica Educacional no Ensino de Física: estudo preliminar sob uma perspectiva praxeológica. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 14, 2012, Maresias. **Anais...** São Paulo: SBF, 2012. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/xiv/sys/resumos/T0209-1.pdf>. Acesso em 15 abr. 2019.

SENA DOS ANJOS, Antonio Jorge. As novas tecnologias e o uso dos recursos telemáticos na educação científica: a simulação computacional na educação em Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 25, n. 3, p. 569-600, dez. 2008.

SILVEIRA, José de Anchieta. Construcionismo e inovação pedagógica: uma visão crítica das concepções de Papert sobre o uso da tecnologia computacional na aprendizagem da criança. **Revista THEMIS**, Fortaleza, v. 10, p. 119-138, 2012.

SILVEIRA, Malu Egídio; JUSTI, Francis Ricardo dos Reis. Engajamento escolar: adaptação e evidências de validade da escala EAE-E4D. **Revista Psicologia: Teoria e Prática**, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 110-125, jan./abr. 2018.

SKINNER, Ellen et al. Engagement and Disaffection in the Classroom: Part of a Larger Motivational Dynamic? **Journal of Educational Psychology**, [S.l.], v. 100, n. 4, p.765–781, Nov. 2008.

SMITH, John; HESHUSIUS, Lous. Closing down the conversation: the end of the quantitative-qualitative debate among educational inquirers. **Educational Researcher**, [S.l.], v. 15, n. 1, p. 4-12, Jan. 1986.

SOUZA, Wellington Batista et al. A vigilância epistemológica de Chevallard aplicada ao espalhamento de partículas alfa. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 14, 2012, Maresias. **Anais...** São Paulo: SBF, 2012. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/xiv/sys/resumos/T0180-1.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2019.

SPOLAÔR, Newton; BENITTI, Fabiane Barreto Vavassori. Robotics applications grounded in learning theories on tertiary education: A systematic review. **Computers & Education**, [S.l.], v. 112, p. 97-107, Sept. 2017.

STEFANO, Candice et al. Supporting autonomy in the classroom: ways teachers encourage student decision making and ownership. **Educational Psychologist**, [S.l.], n. 39, p. 97-110, June 2004.

TEIXEIRA, Anderson da Costa; CAVALCANTE, Marisa Almeida; BALATON, Mariana. Estudo das cores com o Arduino Scratch e Tracker. **Física na Escola**, [São Paulo], v. 14, n. 1, p. 27-33, maio 2016.

TEIXEIRA, Elder dos Santos et al. A robótica educacional como ferramenta para o ensino de Cinemática. **Revista Eletrônica Debates em Educação Científica e Tecnológica**, Vitória, v. 8, n. 1, p. 170-197, abr. 2018.

TRENTIN, Marco Antonio Sandini et al. Robótica educativa livre no ensino de Física: da construção do robô à elaboração da proposta didática de orientação metacognitiva. **Revista Brasileira de Ensino e Tecnologia**, Curitiba, v. 8, n. 3, p. 274-292, maio/ago. 2015.

TRENTIN, Marco Antonio Sandini; PÉREZ, Carlos Ariel Samudio; TEIXEIRA, Adriano Canabarro. A robótica livre no auxílio da aprendizagem do movimento retilíneo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO (CBIE), 2, 2013, Campinas. WORKSHOP DE INFORMÁTICA NA ESCOLA (WIE), 19, 2013, Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 2013, p. 51-59.

VALENTE, José Armando. Diferentes usos do computador na educação. In: VALENTE, José Armando (Org.). **Computadores e conhecimento: repensando a educação**. 2 ed. Campinas: UNICAMP/NIED, 1998. p 1-27.

VERONEZ, Wanderley Marcílio. **Experimentos sobre absorção e emissão de radiação térmica e visível com adaptação do Cudo de Leslie**. 2016. 138f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2016.

VIEIRA, Sonia. **Bioestatística: tópicos avançados**. 3. ed., São Paulo: Elsevier, 2010, 288 p.

WHITE, Robert Winthrop. Motivation reconsidered: the concept of competence. **Psychological Review**, [S.l.], v. 66, n. 5, p. 297-333, Sept. 1959.

WHITE, Robert Winthrop. Motivation reconsidered: the concept of competence. In: MUSSEM, Paul Henry; CONGER, John Janeway; KAGAN, Jerome (Orgs.). **Basic and contemporary issues in developmental psychology**. New York: Harper & Row, 1975. p. 230-266.

WRASSE, Ana et al. Carrinho automatizado como recurso facilitador na construção e interpretação de gráficos da Cinemática. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 20, 2013, São Paulo. **Resumos...** São Paulo: SBF, 2013. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/sys/resumos/T0774-1.pdf>. Acesso em: 18 maio 2019.

ZANATTA, Ronnie Petter Pereira. **A robótica educacional como ferramenta metodológica no processo ensino-aprendizagem: uma experiência com a segunda lei de Newton na série final do ensino fundamental**. 2013. 110 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

ZILLI, Silvana do Rocio. **A Robótica Educacional no ensino fundamental: perspectivas e prática**. 2004. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

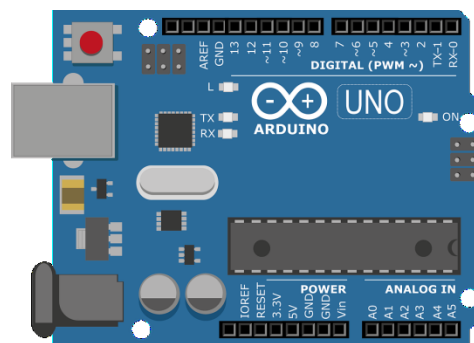
APÊNDICE A – Atividades envolvendo Robótica Educacional

Antes de iniciarmos as atividades, vamos falar um pouco sobre a placa Arduino e conhecer sua história.

Assim começou:

Arduino a preço de pizza!

A história do Arduino começou em 2005, quando Massimo Banzi, um professor do Instituto de Design Interativo (Interaction Design Institute), localizado na cidade de Ivrea na Itália, procurava um meio fácil e barato para que seus estudantes de design pudessem trabalhar com prototipagem e design de projetos. Entretanto, as opções de placas de microcontroladores que existiam na época eram caras, exigiam conhecimento considerável em eletrônica, além de serem pouco maleáveis para serem usadas em mais de um projeto.



Fonte: Arduino.cc

Ao discutir seu problema com um pesquisador visitante da Universidade de Malmö da Suécia, o professor David Cuartielles, Banzi viu que ambos procuravam a mesma coisa. Então, juntos decidiram criar uma solução. Assim, desenvolveram um microcontrolador que poderia ser utilizado pelos seus estudantes de arte e design na criação de seus projetos. As principais exigências que levaram em conta era que fosse barato – o preço desejável não poderia ser mais do que um estudante gastaria se saísse para comer uma pizza –; além disso, deveria ser uma plataforma que qualquer pessoa pudesse utilizar.

Cuartielles desenhou a placa e um aluno de Banzi, David Mellis, programou um software que seria inserido nela. Após isso, Banzi contratou um engenheiro local, Gianluca Martino, para que produzisse uma tiragem inicial de 200 placas. As placas foram vendidas em forma de kits para os alunos e a tiragem inicial esgotou-se rapidamente. Desse modo, mais unidades foram produzidas para atender a demanda. A popularidade da placa cresceu rapidamente quando o público percebeu que era um sistema de fácil uso e baixo custo, bem como, uma excelente porta de entrada para programação de microcontroladores.

Há quem diga que o nome Arduino foi dado em referência a um bar local frequentado tanto por professores quanto alunos do instituto. O que importa mesmo é que o projeto inicial foi melhorado e atualmente existe um grande número de diferentes versões desta placa pelo mundo.

A placa:

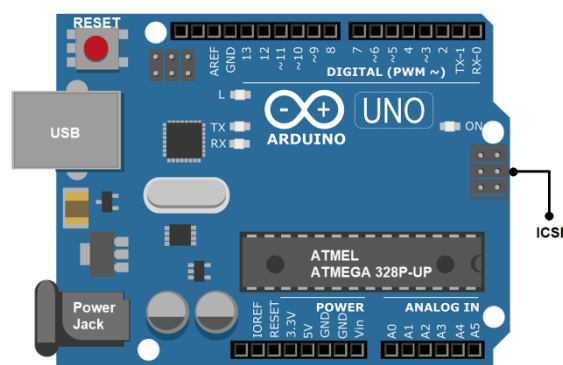
Aspectos básicos

Como não trabalharemos diretamente com a placa Arduino, apresentaremos de forma sucinta alguns itens presentes em sua estrutura.

O que é a placa Arduino? Trata-se de uma plataforma de computação física de fonte aberta, utilizada para prototipagem eletrônica. Em outras palavras, é um sistema composto por

inúmeros componentes eletrônicos que pode ser usado para criação de diferentes protótipos (modelos de projetos). E quando falamos de fonte aberta, significa que o software que roda na placa pode ser acessado livremente e modificado por quem se interessar.

Ela foi projetada com um microcontrolador ATmega, possui diversas entradas e saídas (digitais e analógicas), uma conexão USB e um conector do tipo ICSP (In-Circuit Serial Programming), que serve para gravar no microcontrolador usando uma porta serial.



Fonte: Arduino.cc.

Por possuir um ambiente multiplataforma, seu ambiente de programação pode ser executado em diferentes sistemas operacionais, como Windows, Linux e Macintosh. Funciona através de uma linguagem de programação padrão bem parecida com a C++.

Como mencionado, um dos objetivos que nortearam a criação da placa foi ensinar design de interação física, que envolve a elaboração de projetos de objetos interativos, onde sensores, devidamente programados, podem interagir com humanos ou o ambiente de diversas formas.

Explicando melhor...

Em linha geral, podemos dizer que um computador é uma máquina que processa informações através de uma sequência de instruções. As informações são processadas no que chamamos de microprocessador, um tipo de "cérebro do computador".

A placa Arduino não deixa de ser um computador muito pequeno e o microprocessador utilizado nela é do modelo ATmega. Alguns microprocessadores (como o ATmega) também são chamados de microcontroladores.

Durante o texto, foi falado sobre conector serial, entretanto, nem todas as pessoas o conhecem. Na figura ao lado, colocamos imagens de conectores tipo Serial e USB, para ilustração.



Fonte: Banco de imagens Google.

Como não utilizaremos a placa Arduino pura, não avançaremos na discussão de sua estrutura. Apresentaremos, então, o conjunto de kit da Atto Educacional, o qual conta com uma placa baseada na Arduino. Falaremos sobre o que são portas digitais e analógicas, bem como apresentaremos alguns sensores e atuadores que poderão ser utilizados ao longo do trabalho.

O kit de robótica Atto

O kit de robótica da Atto conta com diversos componentes. Além da placa, chamada de AttoBox, há diversos sensores e atuadores. Vamos começar falando um pouco sobre a AttoBox.

A AttoBox é uma placa que contém diversos componentes eletrônicos. Vem com grande número de entradas/saídas para conectar componentes externos como os sensores de pressão, magnético, de temperatura, de luz, além de motores, LEDs, buzina, entre outros.



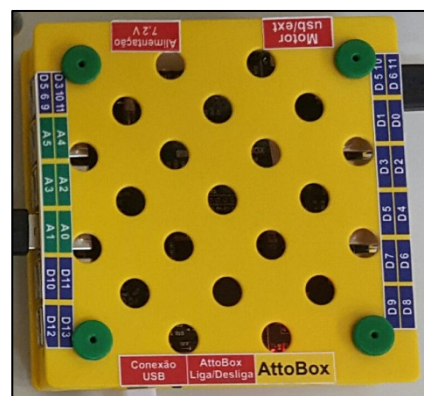
Fonte: Elaborado pelo autor.

Possui uma placa Arduino em seu interior, porém, em vez dos pinos, vem com diversas conexões em USB, as quais recebem o nome de portas digitais (para os pinos digitais) e portas analógicas (pinos analógicos).

A AttoBox

O AttoBox é uma placa baseada na Arduino, que possui as seguintes conexões:

- **Portas digitais:** estão em azuis. Nelas podem ser conectados os sensores digitais e os atuadores (luzes de LED, motor servo e buzina);
- **Portas digitais 2 em 1 (duplas):** para conectar os motores DC esquerdo e direito;
- **Portas digitais 3 em 1 (triplas):** para conectar o LED RGB;
- **Portas analógicas:** estão em verdes. Nelas podem ser conectados os sensores analógicos;
- **Conexão USB:** liga o AttoBox ao computador;
- **Alimentação 7,2 V:** liga o AttoBox ao suporte de pilhas;
- **Motor usb/ext:** opção para manter o motor ligado pela conexão USB (computador) ou a fonte externa (pilhas).



Fonte: Elaborado pelo autor.

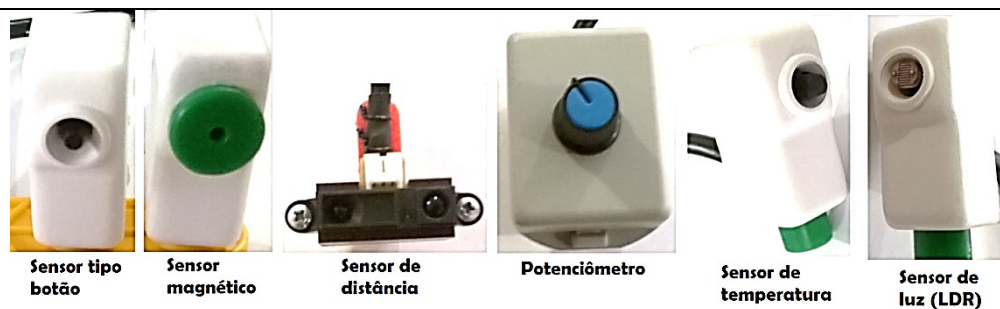
O AttoBox ainda possui a chave Liga/desliga, utilizada para cortar suprimento de energia quando ela estiver sendo alimentada por fonte externa, como pilhas ou baterias.

Sensores e atuadores:

O que são?

Podemos ligar à placa diversos componentes, tanto sensores quanto atuadores. Mas qual a diferença? Sensores e atuadores são componentes eletrônicos que permitem a um equipamento eletrônico interagir com o mundo.

Sensores são componentes que realizam a interação entre o meio e a placa, ou seja, são dispositivos eletrônicos que, ao interagirem com o meio, produzem um sinal elétrico que é enviado à placa. Esses sinais são interpretados pela microcontrolador que executa ou não uma ação, conforme programação. São exemplos os sensores de luz, de pressão e de temperatura.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os sensores podem ser digitais ou analógicos. Sensores analógicos enviam sinais à placa dentro de uma faixa de valores. Já os sensores digitais funcionam em dois estados distintos, HIGH ou LOW, os quais correspondem a 5V e 0V, respectivamente.

Exemplos de sensores analógicos:

Sensor de distância

Possui um LED que emite sinais infravermelhos e um receptor que capta os sinais refletidos, convertendo em sinais elétricos.

Potenciômetro (linear)

Conhecido também como potenciômetro. É um dispositivo eletrônico que possui uma resistência variável que depende do giro do seu botão.

Sensor de temperatura

É um sensor que quando alimentado (ligado), fornece uma tensão em seus terminais que é proporcional a temperatura ambiente.

Sensor de luz

Conhecido também como LDR (Light Dependent Resistor), esse sensor é um resistor variável que depende da quantidade de luz que incide sobre ele.

Exemplos de sensores digitais:

Sensor touch (botão)

É um sensor de contato, tipo botão. Fecha o circuito quando pressionado.

Sensor magnético

Sensor que quando imerso em campos magnéticos, fecha o circuito como o sensor de contato.

Diferente dos sensores que enviam informações para a placa, os **atuadores** são dispositivos que recebem informação e executam uma ação. Ou seja, convertem essa informação em movimento, luz, som...



Fonte: Elaborado pelo autor.

Exemplos de atuadores:

LED

LED (em inglês, light-emitting diode) são dispositivos eletrônicos que emitem luz.

Motor DC

São motores de corrente contínua. Geralmente trabalham em baixa tensão, transformam a informação (energia elétrica) em energia mecânica (cinética).

Servomotor

São motores cuja posição angular pode ser controlada conforme o sinal elétrico recebido. Diferente dos motores DC que podem girar livremente, os servomotores possuem liberdade de giro que vai de 180° a 360°, dependendo do modelo.

Buzina

Dispositivos que convertem a informação recebida em energia sonora.

Por fim, abordaremos o último assunto antes de irmos para a parte prática, falaremos a respeito das portas digitais e analógicas.

Portas digitais e analógicas

Se vocês observarem, há indicações diferentes nas entradas USB da AttoBox. Algumas estão marcadas em azul, outras em verde. As portas digitais estão indicadas pela inicial D e estão na cor azul. Já as analógicas são indicadas pela inicial A e estão em cor verde.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Vamos ver quais diferenças há entre elas.

Antes de iniciarmos a discussão sobre os tipos de portas, cabe salientar que elas podem servir tanto como entrada quanto saída de informações. Isso quer dizer que, quando ligamos um sensor numa porta, essa porta atua como uma entrada, pois o sensor receberá as informações do meio e passará para a placa. Quando ligamos um atuador, a porta funcionará como saída, pois ela é que passará informações para o dispositivo, que poderá ser um motor ou um LED. Aqui, veremos primeiro as portas digitais como entrada.

As portas digitais, em geral, trabalham com dois valores bem definidos, o HIGH (alto – 5V) e o LOW (baixo – 0V). Já as portas analógicas podem trabalhar com valores que variam no tempo. Para entendermos o que isso significa, vamos começar com um exemplo simples. Um sensor do tipo touch, ao ser acionado manda uma informação para a placa, quando solto, manda outra informação. Isso significa que ele informa dois tipos de estados. Por isso, ele é um sensor digital e deverá ser ligado à uma porta digital.

Agora, caso você queira ligar um sensor de temperatura ou um sensor de luz numa porta digital isso não irá funcionar. Por quê? Esses sensores ao interagirem com o ambiente podem transmitir valores que não são necessariamente constantes no tempo. Além disso, podemos ter diferentes valores para uma temperatura e diversas intensidades luminosas, não apenas dois valores. Assim, sensores desse tipo se ligam a uma porta analógica.

No entanto, como falamos, as portas podem funcionar como saída também. Aí a coisa muda um pouco. Em geral os atuadores podem receber diversos tipos de informação através de

pulsos elétricos e transformar isso em outras formas de energia, como movimento, som, luz. Caso eu queira apenas ligar/desligar um LED, sem mexer na sua intensidade luminosa, posso ligá-lo à porta digital normalmente. No entanto, caso eu queira mexer na intensidade da luz emitida por ele, não posso ligá-lo em qualquer lugar, pois não basta informar os estados HIGH (5V) ou LOW (0V). Ai você deve estar pensando: então basta eu ligá-lo numa porta analógica e tudo certo? Poderia até ser, mas não funciona assim.

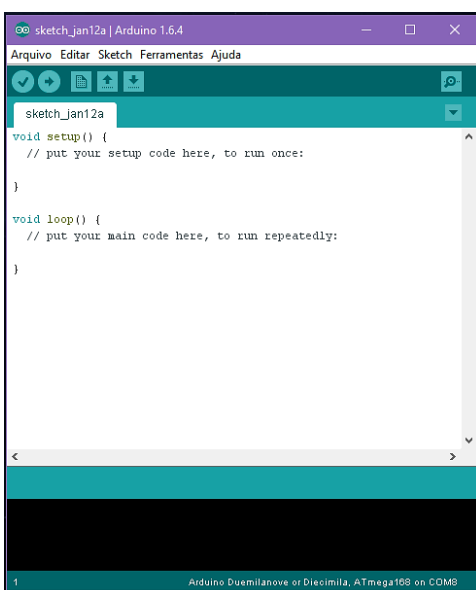
Portas analógicas só servem como entrada, não como saída. Dessa forma, temos que conectá-lo a portas digitais específicas que funcionam com saída analógica. Em geral, são as portas digitais **3, 5, 6, 9, 10 e 11** que funcionam como saídas analógicas. Assim, caso queira, além de acionar seu LED, mudar a intensidade de seu brilho, coloque-o em uma dessas portas e defina como saída analógica via programação.

Já falamos muito sobre componentes eletrônicos. Agora, vamos passar para a linguagem e o ambiente de programação que vocês irão utilizar.

Programação:

O ambiente e a linguagem da placa Arduino

Seria muito conveniente passar instruções para um computador utilizando nossa linguagem do dia a dia. Porém, isso ainda não é possível, assim devemos usar outra forma para "conversar" com a máquina. Utilizamos para isso a linguagem de programação e existem muitas delas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quando as linguagens estão mais próximas à linguagem humana, dizemos que elas são do tipo alto nível. As máquinas basicamente interpretam sequências de zero ou um. Esse tipo de linguagem é chamada baixo nível. A linguagem de programação utilizada no Arduino é a Processing, parecida com a C++ (com algumas modificações). Ela é considerada de alto nível. E o local onde escrevemos os comandos é chamado de ambiente de programação.

O Arduino possui um ambiente de programação próprio, chamado de IDE (Integrated Development Environment - ambiente de desenvolvimento integrado). Trata-se de um programa especial executado no computador que tem por finalidade propiciar um ambiente para que os usuários possam programar. Tudo que for programado (chamado de sketches – esboços em inglês) pode ser mais tarde descarregado na placa. Não utilizaremos o IDE diretamente, programaremos via ArduBlock.

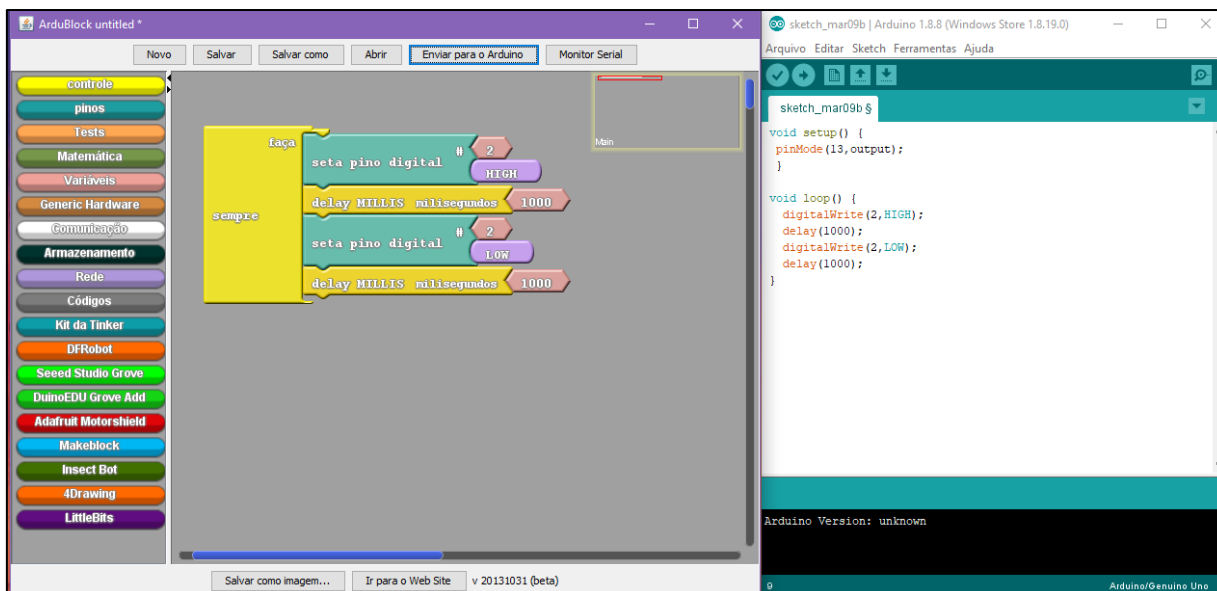
O ArduBlock:

É uma linguagem de programação gráfica, que permite programar a AttoBox ou Arduino através da manipulação de blocos que se encaixam. Trabalha de forma integrada ao IDE, funcionando basicamente como um plugin.

Plugin é todo programa, ferramenta ou extensão que se encaixa a outro programa principal

para adicionar mais funções e recursos àquele. Os programas elaborados dentro do ArduBlock são transferidos para o IDE, passando para a linguagem Processing, sem que o usuário precise saber programar nesse tipo de linguagem.

Na figura abaixo podemos ver o ArduBlock trabalhando em conjunto com o IDE.



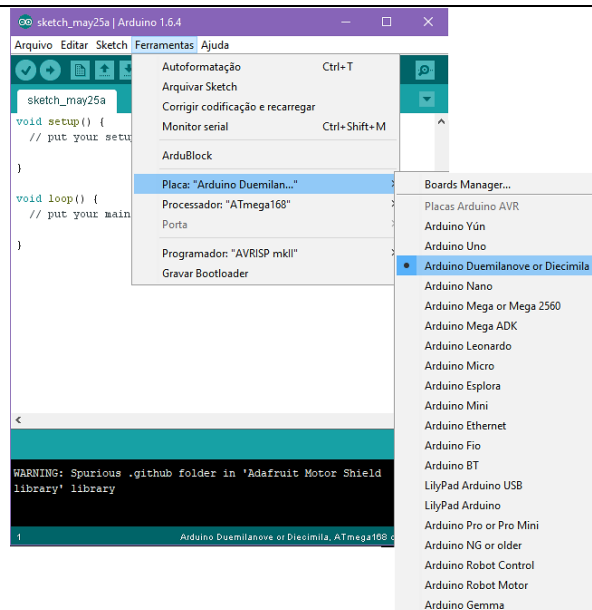
Fonte: Elaborado pelo autor.

Agora, vamos para as atividades. Nesse momento, você e sua equipe vão começar a parte prática, colocar a mão na massa. É preciso ter ciência de que essas atividades terão um nível de dificuldade crescente, por isso é importante compreender os passos anteriores de forma consistente para ir avançando. Iniciaremos com atividades de programação simples para que vocês possam ir conhecendo o ambiente de programação, assim como os materiais presentes nos kits. Vamos começar?

Ligando a placa ao computador e acessando o ArduBlock

Primeiro, vamos ligar à placa ao computador. Primeiramente, conecte o AttoBox ao computador através do cabo USB. Na área de trabalho do computador, clique no ícone do Arduino (símbolo de infinito). Depois, clique em **Ferramentas >> Porta**. Selecione a porta COM que estiver aparecendo.

Verifique na aba Ferramentas se a Placa está selecionada em **Arduino Duemilanove**. O processador deve estar em **ATmega168**. Ajustados esses itens, clique em **Ferramentas >> ArduBlock** e podemos iniciar as atividades.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Atividades da 1ª fase:

Ligando um led (A.1.1)

Primeiramente, pegue o led que irá usar (exceto o RGB) e plugue ele em uma das portas digitais. Pode ser, por exemplo, a porta D1. Dentro do ArduBlock, clique na aba **CONTROLE**, depois clique em **SEMPRE** e carregue esse bloco até a área de trabalho do programa.

Retorne a aba lateral e clique agora em **PINOS**. Clique no bloco **SETA PINO DIGITAL** e o leve até a área de trabalho do programa, encaixando-o no bloco anterior. Deixe em **HIGH** mesmo.

Pronto. Agora caso queira salvar seu programa clique em **SALVAR** e dê o nome do seu agrado. Depois pode enviar à placa clicando em **ENVIAR PARA o ARDUÍNO**. Seu led deverá acender. A programação ficará igual à figura que segue.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Led pisca-pisca (A.2.1)

Na programação anterior, você usou a variável **HIGH** para indicar que seu led deveria permanecer aceso. Caso quisesse ele apagado, usaria **LOW**. Então, como seu led poderia ficar piscando? Discuta com seus colegas e tente elaborar uma programação para isso.

Semáforo (A.3.1)

Desafio: Utilizando-se das ideias empregadas na tarefa anterior, tentem construir um semáforo funcional, respeitando a ordem em que as cores devem ser acionadas.

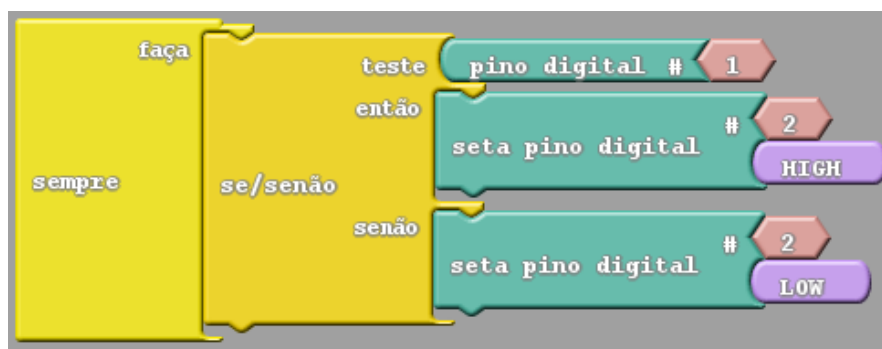
Acender seu led com um botão (A.4.1)

O próximo passo é fazer seu led ligar através do acionamento via botão. Para isso, plugue o sensor *touch* em uma das portas digitais, por exemplo, D1, e seu led na porta D2.

Acessando a aba lateral, clique em **CONTROLE**. Selecione o bloco **SEMPRE** e carregue até a área de trabalho do ArduBlock. Vá novamente à aba lateral, clique em **CONTROLE** e selecione **SE/SENÃO**, encaixando-o ao bloco **SEMPRE**.

Vá à aba lateral e clique em **PINO**. Selecione **PINO DIGITAL** e encaixe na parte superior do bloco **SE/SENÃO**. Digite 1. Na sequência, clique em **PINO** e escolha **SETA PINO DIGITAL**. Carregue o bloco e encaixe logo abaixo, dentro do bloco **SE/SENÃO**. Deixe os valores 2 e **HIGH**.

Coloque outro bloco **SETA PINO DIGITAL** e encaixe abaixo, dentro do **SE/SENÃO**. Nesse, deixe os valores 2 e **LOW**. Sua estrutura deve ficar igual à figura que segue.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Pronto. Agora caso queira salvar seu programa clique em salvar e dê o nome do seu agrado. Depois pode enviar à placa clicando em **ENVIAR PARA o ARDUÍNO**. Seu led deverá ligar toda vez que o sensor *touch* for pressionado.

Experimente substituir esse sensor pelo magnético e refaça o teste.

Obs.:

PINO – porta configurada como entrada de informação; SETA PINO – porta configurada como saída de informação.

Acionando um led RGB (A.5.1)

Desafio: Utilizando-se das ideias empregadas nas tarefas anteriores, tentem acionar as diferentes cores de um led RGB, usando para isso diferentes sensores.

Controlando o brilho de um led (A.6.1)

Clique na aba lateral e clique em **CONTROLE**. Selecione o bloco **SEMPRE** e carregue para a área de trabalho. Vá novamente à aba lateral, clique em **PINO**, selecione **SETA PINO ANALÓGICO** e encaixe no bloco **SEMPRE**. Plugue seu led na porta digital 3 (que funciona como uma saída analógica) e coloque esse valor de saída.

Em seguida, retire o valor **HIGH**. Plugue o potenciômetro na porta analógica 1. Clique em **MATEMÁTICA** e selecione o bloco **MAPEIE**. Encaixe esse bloco no local onde estava o valor **HIGH**. Clique em **PINO**, selecione **PINO ANALÓGICO** e coloque no espaço escrito “valor”. Por fim, deixe como pino de entrada o valor 1, pois foi onde você conectou o potenciômetro. O resto não precisa ser alterado.

Sua programação deve ficar igual à figura que segue.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Obs.: Por que os valores 0 a 1023 e 0 a 255?

O microcontrolador da placa Arduino trabalha internamente com dados digitais, contudo pode receber sinais analógicos, porém esses são “traduzidos” para sinais digitais. Esse processo é feito por um conversor Analógico Digital (A/D), que quantifica o valor analógico recebido de acordo com a quantidade de bits da resolução do conversor, através da seguinte equação³⁴:

$$\text{Resolução} = V_{\text{REF}}/2^n$$

Acima, V_{REF} diz respeito à tensão de referência do conversor, em geral, 5V. E n é o número de bits do conversor que, no caso da Arduino, é 10 bits. Assim, temos uma resolução de:

$$\begin{aligned} \text{Resolução} &= 5V/2^{10} \\ \text{Resolução} &= 5V/1024 \approx 5\text{mV} \end{aligned}$$

Isso significa que o conversor A/D traduz valores de 0 a 5V vindos do sensor para valores de 0 a 1023 (que correspondem a 1024 “pedacinhos” dessa resolução). Entretanto, a saída de informações têm resolução de 8 bits ($2^8 = 256$). Então, mediante programação, os valores 0 a 1023 são “mapeados” para valores que vão de 0 a 255.

Caso queiram se aprofundar no assunto, podem pesquisar sobre modulação PWM.

Programando um sensor de distância infravermelho (A.7.1)

Clique em **CONTROLE** e selecione o bloco **SEMPRE**. Na aba lateral clique em **VARIÁVEIS**, escolha o bloco **SET INTEGER VARIABLE**. Esse bloco indica que os dados de entrada são variáveis do tipo inteiro. No local onde está escrito “**integer variable name**”, coloque o nome da variável, nesse caso usaremos o nome **distância**. Retire o bloco com o valor “0” e substitua pelo bloco **MAPEIE**, o qual pode ser encontrado na aba **MATEMÁTICA**.

Dentro do bloco **MAPEIE**, coloque um bloco **PINO ANALÓGICO** e indique nesse lugar a porta onde você conectou o sensor de distância. No nosso caso, foi em A1. Em seguida, substitua os valores 0 e 1023, por 600 e 150 (que são valores obtidos para esse tipo de sensor, que correspondem as distâncias de 0 e 30cm, respectivamente). Na sequência, substitua os

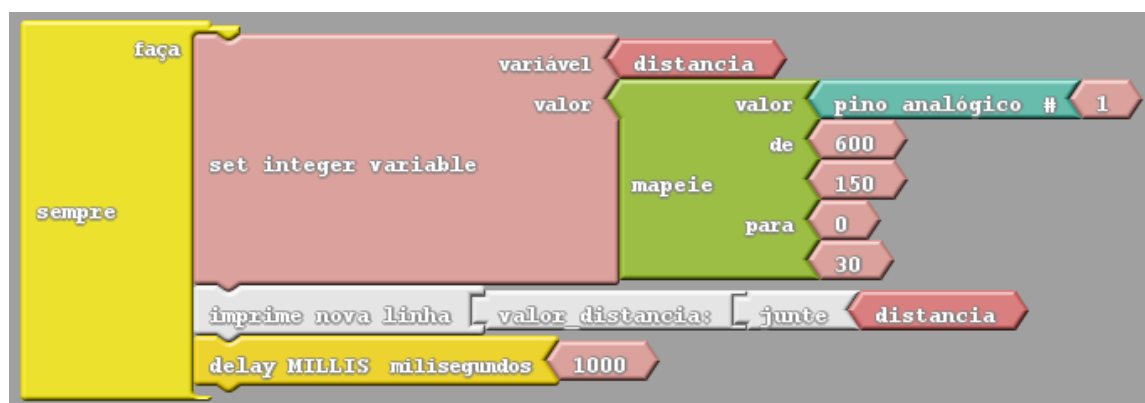
³⁴ Informações obtidas através dos sites EMBARCADOS (<https://www.embarcados.com.br/arduino-entradas-analogicas/>) e ARDUINO (<https://www.arduino.cc/reference/pt/language/functions/analog-io/analogread/>).

valores 0 e 255 por 0 e 30.

Agora, falta apenas mandarmos esses dados obtidos pelo sensor para a tela do computador. Para isso, clique em **COMUNICAÇÃO**, selecione os blocos **IMPRIME NOVA LINHA** e **JUNTE**. Ligue-os em sequência. Onde está escrito “messege”, você pode colocar “**valor_distancia:**”. Essa será a mensagem que aparecerá antes da leitura dos dados enviados pelo sensor. Agora, clique em **VARIÁVEIS**, selecione o bloco **INTEGER VARIABLE NAME**, e coloque o nome distância também.

Finalmente, na aba lateral selecione **CONTROLE**, clique em **DELAY MILLIS** e coloque o tempo de **1000**. Esse bloco indicará de quanto em quanto tempo os dados aparecerão na tela do computador a cada quantidade de milissegundos.

Sua programação deve ficar igual à figura que segue.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para acompanhar os valores lidos pelo sensor, clique na “lupa” que aparece no canto superior direito do IDE, o qual abrirá o Monitor Serial.

Acionando um motor (A.8.1)

Nessa atividade vocês vão aprender a programar um motor DC. À disposição de seu grupo, encontra-se a placa AttoBox e um motor.

Primeiramente, plugue o motor DC à placa. Para isso, escolha uma das portas digitais duplas. Pode ser que o motor comece a girar, executando a última programação que lhe foi inserida. Vamos inserir uma nova.

Clique na aba lateral em **CONTROLE** e selecione o bloco **SEMPRE**. Na sequência, vá para a aba lateral novamente e clique em **ADAFRUIT MOTORSHIELD**. Selecione o bloco **MOTOR DC PARA FRENTE**.

Leve esse bloco até a área de trabalho e encaixe no bloco **SEMPRE**. Na opção canal, selecione entre os canais **1 a 4** e veja qual desses acionará um dos motores. Por fim, deixe a velocidade em **255** (máxima velocidade a ser desenvolvida pelo motor).

A estrutura poderá ser igual a essa, por exemplo:



Fonte: Elaborado pelo autor.

Podem salvar seu programa com o nome que desejarem e enviem à placa.

Obs.: Caso o canal 1 não funcione, substitua por outros valores, no intervalo de 1 a 4. Teste outras velocidades. Tente acionar dois motores simultaneamente.

Atividades da 2ª fase:

Velocidade máxima (A.1.2)

Nessa atividade vocês devem programar seu protótipo veicular para desenvolver duas velocidades diferentes, ambas durante 4 segundos. No primeiro momento, programem uma velocidade intermediária (algo entre 0 e 255) e no segundo, a velocidade total que os motores conseguem desenvolver. Tomem os dados necessários para construir um gráfico de posição por tempo ($s \times t$) para cada situação. Representem os dois movimentos num mesmo gráfico, indicando qual é qual.

Questão: Caso não tivessem indicado qual dos movimentos possuía velocidade de maior módulo, como poderíamos saber tal informação analisando apenas as curvas representadas no gráfico?

Idas e voltas (A.2.2)

Nessa atividade, seu grupo deverá programar o protótipo veicular para executar os seguintes movimentos em sequência:

- a. Mova-se para frente com velocidade de sua escolha pelo tempo de 4 segundos.
- b. Pare durante 3 segundos.
- c. Mova-se para trás pelo tempo de 3 segundos com velocidade maior que a inserida no item “a”.
- d. Pare.

Após inserir a programação, coloque-o na pista para que realize os movimentos solicitados. Recolham as informações necessárias para construir um gráfico de posição por tempo ($s \times t$). Posteriormente, tomando-o por base esse gráfico, esboquem o gráfico de velocidade por tempo ($v \times t$).

Obs.: No gráfico ($s \times t$) descrevam que movimento o carrinho está executado em cada etapa (por exemplo: “Nesse trecho o carro se encontra parado”, ou “nesse trecho o carro realiza movimento progressivo”...).

Atividade da 3ª fase:**Com que velocidade eu vou? (A.1.3)**

Ao trafegar pelas ruas da cidade, vocês já devem ter notado a existência de inúmeros equipamentos fiscalizadores de velocidade. Alguns desses são móveis, outros fixos, alguns utilizam marcações no solo, outros apenas os sensores que estão no próprio aparelho. Isso pode indicar que há diferentes maneiras de se obter a velocidade de um veículo e, com isso, diferentes princípios físicos podem estar envolvidos.

Durante as últimas atividades vocês estiveram trabalhando com um protótipo veicular, programando diferentes velocidades. No entanto, devem ter percebido que a velocidade programada não corresponde àquela com que o carro realmente se move, ou seja, programar o motor para girar a 255, não significa que o “carrinho” está andando a 255 cm/s ou m/s. Então, como podemos obter a velocidade com a qual ele se move?

Queremos que o grupo discuta, planeje e teste diferentes maneiras de se obter a velocidade escalar média do protótipo com o qual estão trabalhando. Descrevam num relatório (a ser elaborado pelo grupo), de forma resumida os seguintes pontos:

- Quais foram as ideias discutidas?
- Quais dessas ideias foram testadas?
- Quais resultados obtiveram em cada caso? Foram semelhantes para uma mesma programação dos motores?
- Quais as principais dificuldades encontradas durante essa atividade?

APÊNDICE B – Roteiro para as entrevistas com os estudantes



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

Relativas à percepção do aluno sobre seu interesse.

- 1) Na sua opinião, as atividades envolvendo robótica foram interessantes? Poderia explicar o por quê?
 - a. Em quais momentos você se sentiu mais envolvido? (Na programação, discussão em grupo, análise dos dados em vídeo, construção dos gráficos...).
 - b. E quais momentos foram menos interessantes?
 - c. Em relação aos grupos de atividades, alguma lhe chamou mais a atenção? Por quê? (1º grupo: programação dos leds, sensores, dos motores; 2º grupo: programação do carrinho, construção e discussão gráfica; 3º grupo: elaboração de estratégias para a obtenção da velocidade escalar média).

Relativas à percepção do aluno sobre seu aprendizado.

- 2) Fale um pouco sobre a experiência de ter aulas de física usando a robótica.
 - a. Pra você, o uso da robótica facilitou o entendimento dos assuntos abordados? Por quê?
 - b. E para os seus colegas de grupo, acredita que contribuiu de alguma forma? Poderia nos explicar?

Relativas à necessidade de autonomia.

- 3) Durante as atividades o professor dava liberdade para vocês discutirem, apresentarem suas ideias, fazerem perguntas?
 - a. Como você se sentiu ao ter que justificar suas escolhas, apresentar argumentos, pensar em soluções para os problemas propostos?
 - b. Das escolhas que você e seu grupo puderam fazer, como: escolher os membros da equipe, elaborar estratégias e poder discutir com os colegas e professor, escolher e manipular materiais, qual você julga ser a mais importante?

Relativas à necessidade de competência.

- 4) Do seu ponto de vista, as atividades impuseram alguns desafios? Conseguiu superá-los? Poderia comentar?
 - a. Durante esses momentos, como foi a interação com o professor (*feedback*)?
 - b. E com os demais colegas, estar em grupo contribuiu para superar essas dificuldades?

Relativas à necessidade de pertencimento.

- 5) O que você pensa a respeito das atividades em grupo?
 - a. Como você se sente ao realizar tarefas de forma colaborativa com os demais colegas? Escolher os membros fez diferença?

Relativas à percepção do aluno sobre o tipo de motivação.

- 6) Durante as atividades envolvendo robótica, você procurou participar ativamente? O que te motivou a isso?

APÊNDICE C – Roteiro de observação

Roteiro de observação: Atividade __ (__ / __ / __)

Aluno (a):							
Tipo de indicador	Fonte	Item	Indicador (O que será observado)	Observação	Nunca	As vezes	Frequentemente
			O aluno:				
Condutas positivas	(a), (b)	(1)	1.1. Utilizou os materiais fornecidos (<i>notebook, tablet, kits</i> de robótica) de forma adequada em relação à atividade proposta.				
	(a), (b), (c)	(2)	1.2. Respeitou as opiniões, ideias ou sugestões dos colegas durante a atividade.				
Envolvimento na atividade	(a), (b)	(3)	3.1. Participou ativamente ou auxiliou na montagem.				
	(a), (b)		3.2. Participou ativamente ou auxiliou na programação.				
	(a), (b)		3.3. Participou ativamente ou auxiliou na filmagem.				
	(a), (b)		3.4. Participou ativamente ou auxiliou na construção dos gráficos.				
	(a), (b)		3.5. Apresentou entusiasmo durante a atividade.				
	(a), (b)	(4)	4.1. Estabeleceu conversas paralelas com demais colegas.				
	(a), (b)		4.2. Utilizou smartphones de forma inadequada.				
	(a), (b)		4.3. Ausentou-se durante longo tempo das atividades do grupo.				
	(a), (b)		4.4. Distraiu-se com outras coisas.				
(a), (b), (c)	(5)	5.1. Contribuiu com as discussões do grupo, mostrou-se participativo dando sugestões, ideias.					

Observações:

Quanto à fonte dos dados:

- (a) Observação *in loco*;
- (b) Videogravação;
- (c) Gravador de áudio.

Quanto aos itens:

- (1) Observação e adesão às regras e normas da classe;
- (2) Respeito às opiniões, sugestões e ideias dos colegas;
- (3) Envolvimento durante a atividade;
- (4) Esforço, persistência, concentração e atenção direcionadas à realização da atividade;
- (5) Contribuição para as discussões do grupo.

APÊNDICE D – Aplicação do roteiro de observação

Turma L

Data: 07/08/19

Grupo: Ana; Bruna; Carol.

Análise de: aluna Carol (E4)

Atividade: A2.2 (programar o carrinho para ir para frente, parar, ir para trás e parar; fazer os gráficos $s \times t$ e depois, com base nesse fazer o gráfico $v \times t$).

Sincronização: vídeo câmera 2 (10:05); áudio (0:01).

Descrição geral das ações

Os alunos chegam e se agrupam conforme as equipes da aula anterior. O professor vai à frente, retoma o que foi feito na última aula e explica a sequência da atividade. Os grupos agora devem utilizar o gráfico de posição por tempo elaborado, para construir um gráfico de velocidade por tempo. Como algumas equipes ainda não finalizaram o primeiro gráfico, o professor os deixa trabalharem por mais algum tempo. A aluna Ana pede para uma aluna de outro grupo mostrar o seu gráfico para compararem. O integrante de um terceiro grupo vem à bancada do trio e pede para olhar o gráfico também. As alunas Ana e Carol começam a analisar o gráfico de posição por tempo para construir o gráfico de velocidades. A aluna Bruna está mais afastada, próxima de outro grupo observando as explicações do professor. Depois de ouvir o professor, Bruna se aproxima das demais colegas que estão pensando em como transpor um gráfico para outro. A aluna Ana é quem faz o gráfico de velocidade por tempo. A aluna Carol mexe rapidamente no celular. As alunas chamam o professor, querem saber como se faz o gráfico de velocidades. O professor orienta falando que devem analisar o gráfico de posições e ver em que momentos há movimento progressivo, repouso ou movimento regressivo. Com base nisso, pede para analisarem os períodos em que a velocidade era positiva, negativa ou nula. As alunas ficam pensativas. O professor fala para que tentem fazer, pois no final da aula ambos os gráficos serão discutidos em detalhes. A aluna Bruna mexe no celular. As alunas Ana e Carol discutem sobre o gráfico. A aluna Ana diz que o gráfico de velocidades deve ser parecido com o de posições, faz com o lápis uma reta ascendente, depois um platô e novamente uma reta ascendente. Carol parece concordar. Ana começa a fazer o gráfico, Bruna vem ajudar. As alunas parecem um pouco desconfortáveis, pois não sabem se o que estão fazendo está correto. Param um pouco a atividade e começam a conversar assuntos paralelos por um breve momento. Retomam o trabalho e chamam o professor para olhar o gráfico que fizeram. O professor questiona se o gráfico de velocidades é mesmo semelhante ao gráfico de posições. Pede para as alunas refletirem a respeito do movimento que programaram e, se for necessário, pesquisar na internet qual é a “cara” de um gráfico de velocidade por tempo daquele movimento em particular. Ana fala ao professor que o movimento possui velocidades constantes. O professor diz que essa informação é importante para a resolução da atividade, fala para o grupo começar as discussões por aí. O professor sai para atender outras equipes e as alunas ficam conversando sobre essa questão.

Ana: Quando o carrinho tá indo pra frente, a velocidade dele está estável [faz com a mão uma reta na horizontal]. Ele tá no cem [velocidade inserida na programação], depois parou. Ai fica assim por um tempo. Depois ele volta no cento e cinquenta [faz novamente gesto com a mão,

indicando uma reta horizontal, porém mais elevada que a primeira]. Não era assim que a gente estava fazendo antes.

Carol: Faz uma linha reta?

Ana: É, acho que é isso. São dois gráficos diferentes. [Anteriormente fizeram o gráfico de velocidades igual ao gráfico de posições].

Carol apaga o gráfico e começa a corrigir. Todas as alunas pegam o celular, parecem pesquisar a respeito do que acabaram de discutir. Ana mostra o celular para as colegas. Carol diz que então vai ser uma linha reta mesmo. Ana diz que sim, que o gráfico deve ser como elas tinham pensando (gesticula uma reta horizontal acima do eixo dos tempos, depois uma reta horizontal sobre o eixo dos tempos e, por último, uma reta horizontal acima do eixo dos tempos novamente). Carol faz menção com a cabeça de que não entendeu. Ana explica novamente.

Ana: Ele está estável no cem [gesticula, com a mão no ar, uma reta horizontal], daí ele vai parar uma hora, aí vai descer reto [abaixa a mão].

Carol continua sem entender essa representação. Para ela, entre essas duas retas deveria ter alguma coisa, o valor da velocidade não poderia mudar de forma descontínua. A aluna Carol questiona.

Carol: Mas vai ser uma linha só?

Ana pega o gráfico e mostra como vai ficar. Carol entende como vai ficar o traçado do gráfico, mas parece não aceitar. Coloca a mão na testa e olha para o gráfico. Ana reforça o que disse anteriormente.

Ana: Ele vai ficar quatro segundos no cem, depois vai cair bruscamente para o zero. Vai ficar três segundos assim. Depois vai subir pro cento e cinquenta, ficar mais três segundos e depois cair para o zero de novo. [Faz o diálogo gesticulado com a mão o traçado do gráfico].

As alunas Ana e Carol ficam durante alguns minutos discutindo essa representação, com Ana buscando explicar. A aluna Bruna sai da mesa. Carol parece não acreditar se é isso mesmo, mas não discorda totalmente da colega, pois também não sabe qual seria o correto. A aluna Ana diz: “Não faz sentido pra mim também”. De qualquer forma, a aluna Carol faz o gráfico conforme orientação da colega. A aluna Carol pergunta para a aluna Ana se realmente está certo. Ana diz que acha melhor perguntar ao professor. Porém, muda de ideia e vai perguntar a uma colega de outro grupo. Ela levanta e vai olhar o gráfico das outras colegas. Ana volta e diz que fizeram de forma bem semelhante. Resolvem chamar o professor.

Ana: Oh, ficou assim.

P: Ah, já tem outra cara. Ele (gráfico) está oitenta por cento certo. Tem um detalhe que vocês precisam analisar. Nos trechos ali [aponta para o gráfico de posição por tempo] onde tem velocidade diferente de zero. Ambas são positivas? Ambas são negativas? Ou são diferentes?

Ana: Tá. [Olha para a colega e sorri].

O professor sai. As alunas pensam e percebem que não entenderam o que o professor quis dizer. Ana pesquisa no celular novamente. Carol pega o gráfico de posições para analisar, coloca a mão na testa pensativa. A aluna Bruna retorna para a bancada depois de um tempo afastada do grupo. A aluna Ana encontra alguma coisa em sua pesquisa, chama a aluna Carol

para mostrar. A aluna Bruna fica olhando também. Carol olha e diz que a velocidade não pode ser negativa, a posição sim, mas a velocidade não. Ana diz que pode sim. Carol diz que não, pois não foi programada nenhuma velocidade negativa. Ana não sabe responder a essa pergunta. As alunas observam o professor explicar a mesma coisa para outro grupo, que também havia colocado apenas velocidades positivas no seu gráfico. A aluna Ana fala para pensarem mais um pouco no problema.

Ana: Vamos pensar mais um pouco aí, vamos pensar... Como que isso vai ser negativo gente?

Carol: Não é negativo! A gente não colocou negativo (na programação)!

Ana: Sim, mas antes a gente achou que estava certo e ele (professor) falou pra gente ver se era tudo positivo ou negativo mesmo. Também não entendi.

Carol: Não faz sentido ser negativo.

As alunas ficam discutindo por mais um tempo, parecem não entender porque a velocidade tinha que ser negativa no trecho de movimento regressivo. Ana vai pesquisar no celular novamente. A aluna Bruna fica alheia a discussão. Carol vai pesquisar também. Elas desistem e chamam o professor novamente.

Carol: Oh professor, não entendi o que está errado. Porque a velocidade não é negativa, se é isso que tu insinuou [fala sorrindo].

P: Tá, qual é a dúvida de vocês?

Carol: O que que está errado? [Mostra o gráfico de velocidades].

P: O que que tá errado?

Carol: É.

P: Eu não disse que está errado. Eu disse que está parcialmente correto.

Carol: Mas o que está parcialmente correto?

P: Vamos lá então. Se você tivesse que calcular a velocidade nos trechos dois e quatro, que velocidade seria?

Carol: Zero, está parado.

P: Muito bem. Informação perfeita. E no trecho um, o que ele tá fazendo?

Carol: Tá acelerando.

P: Tá acelerando?

Ana: Não, velocidade constante.

P: Tá, ele está se movimentando. (...) Nesse trecho aqui, o carrinho apresenta certa velocidade. Essa velocidade é constante? A gente pode considerar que sim, embora tenha pequenas flutuações no início e no final do movimento. Como a gente pegou um tempo um pouquinho maior, a gente pode considerar ela constante (nesse trecho). Como é que a gente calcularia essa velocidade? Vamos pensar... E como é que vocês calculariam essa velocidade [aponta para o trecho cujo movimento é regressivo]. O que esse movimento tem de diferente desse movimento aqui e que eu posso representar aqui [aponta para o gráfico de velocidade por tempo]?

Ana: Ele tá indo pra trás.

P: Vocês lembram lá na aula, como é que a gente identificava, num movimento em uma dimensão, se um móvel estava indo para um lado ou indo para outro, analisando apenas a velocidade? Como é que eu sei, apenas olhando pra velocidade se um movimento é progressivo ou regressivo?

As alunas dizem não recordar. O professor, então, fornece explicação. Fala sobre escolha de referenciais para analisar um movimento e o que o sinal negativo da velocidade representa dentro desse contexto. As alunas escutam e depois retomam a construção do gráfico. O

professor retorna alguns minutos depois para observar o que foi feito. As alunas haviam feito todas as correções necessárias. O trabalho fica pronto. O professor aguarda mais alguns minutos e vai a frente discutir com toda a turma os dois gráficos trabalhados. Apresenta um modelo referente ao primeiro gráfico, simulando alguns valores para lançar nos eixos, representando os movimentos que foram solicitados na atividade. Após primeiro gráfico pronto, questiona a turma sobre que tipo de movimento está sendo realizado em cada etapa, alguns alunos respondem. Na sequência toma um gráfico qualquer de posição por tempo e o transpõem para um gráfico de velocidade por tempo, esboçando as velocidades em cada intervalo. As alunas prestam atenção. No final da aula, entregam os gráficos ao professor.

Roteiro de observação: Atividade A2.2 (07/08/19)

Aluno (a):		Carol (E4)			Observação	Nunca	As vezes	Frequentemente
Tipo de indicador	Fonte	Item	Indicador (O que será observado)					
			O aluno:					
Condutas positivas	(a), (b)	(1)	1.3. Utilizou os materiais fornecidos (<i>notebook, tablet, kits</i> de robótica) de forma adequada em relação à atividade proposta.	NA				
	(a), (b), (c)	(2)	1.4. Respeitou as opiniões, ideias ou sugestões dos colegas durante a atividade.					X
Envolvimento na atividade	(a), (b)	(3)	3.1. Participou ativamente ou auxiliou na montagem.	NA				
	(a), (b)		3.2. Participou ativamente ou auxiliou na programação.	NA				
	(a), (b)		3.3. Participou ativamente ou auxiliou na filmagem.	NA				
	(a), (b)		3.4. Participou ativamente ou auxiliou na construção dos gráficos.					X
	(a), (b)		3.5. Apresentou entusiasmo durante a atividade.					X
	(a), (b)	(4)	4.1. Estabeleceu conversas paralelas com demais colegas.		X			
	(a), (b)		4.2. Utilizou smartphones de forma inadequada.		X			
	(a), (b)		4.3. Ausentou-se durante longo tempo das atividades do grupo.		X			
	(a), (b)		4.4. Distraiu-se com outras coisas.		X			
	(a), (b), (c)	(5)	5.2. Contribuiu com as discussões do grupo, mostrou-se participativo dando sugestões, ideias.					X

Observações: NA – não se aplica; NO – não observado. Itens (4) pontuação invertida.

Síntese: Durante a atividade, a estudante respeitou as opiniões, ideias ou sugestões dos colegas; participou ativamente da construção dos gráficos; em diversos momentos apresentou entusiasmo com a atividade; não estabeleceu conversas paralelas, não utilizou o celular de forma inadequada, nem se ausentou durante longo tempo das atividades do grupo. A estudante apresentou-se participativa, dialogando com o professor e com colegas acerca da atividade.

ANEXO A – Escala de Motivação: Atividades Didáticas de Física – EMADF



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

Nome: _____; Idade: _____

Série: _____; Sexo: () Masculino () Feminino;

A seguir apresentamos um questionamento para você e lhe ofereceremos uma série de razões que dizem respeito a fazer ou não fazer as atividades na disciplina de Física. Diferentes pessoas têm diferentes razões para participar ativamente e fazer as atividades em uma disciplina, e nós queremos saber *quanto verdadeira* cada uma das razões é para você.

Por favor, para cada uma das razões apresentadas, assinale a opção que melhor traduz o quanto verdadeira cada uma delas é para você, em uma escala de 1 à 5, em que 1 representa “Nada Verdadeiro” e 5 representa “Totalmente Verdadeiro”.

POR QUE EU FAÇO AS ATIVIDADES NAS AULAS DE FÍSICA?

1. Procuo fazer as atividades porque elas me ajudam a detectar e superar minhas dúvidas.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

2. Acabo fazendo as atividades para não reprovar.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

3. Eu me divirto fazendo as atividades.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

4. Não gosto das atividades de Física, por isso não as faço.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

5. Faço as atividades porque sinto que é uma boa maneira de melhorar minha compreensão dos assuntos abordados nesta disciplina.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

6. Só faço as atividades porque meus colegas fazem.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

7. Acho as atividades interessantes, por isso as faço.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

8. Não tenho interesse por Física, o que me leva a não fazer quase nada nas aulas.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

9. Faço as atividades porque eu quero entender o assunto.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

10. Faço as atividades porque me sinto angustiado se eu não fizer.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

11. Faço as atividades para receber os elogios do professor.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

12. Faço as atividades porque é prazeroso aprender com elas.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

13. Não sei, acho que não tem nada para fazer nas aulas de Física.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

14. Faço as atividades para constatar se estou certo ou errado.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

15. Se não fosse regra, eu não faria as atividades.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

16. Eu me envolvo nas atividades, por isso sempre procuro fazê-las.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

17. As atividades de Física não são importantes para mim, por isso não as faço.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

18. Para o meu futuro será fundamental que eu faça as atividades.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

19. Eu me envergonharei de mim mesmo se eu não fizer as atividades.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

20. Quero que o professor pense que eu sou um bom estudante, por isso faço as atividades.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

21. Faço as atividades, pois o esforço exigido me gera satisfação.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

22. Sinceramente, não tenho nenhuma vontade de fazer as atividades de Física.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

23. Faço as atividades porque eu quero aprender coisas novas.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

24. Faço porque quero que meus colegas pensem que sou inteligente.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

25. Faço as atividades porque acho legal aprender com elas.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

26. Não faço as atividades de Física porque não vejo utilidade neste conhecimento.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

27. Faço as atividades porque assim aprendo cada vez mais.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

28. Faço porque eu vou me sentir mal comigo mesmo se eu não fizer.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

29. Sou recompensado por meus pais, por isso faço as atividades.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

30. Faço as atividades porque assim tenho a oportunidade de satisfazer a minha própria curiosidade.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

31. Vou nas aulas de Física para responder a chamada, mas não faço nada.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

32. As atividades me ajudarão a trilhar o caminho para ser alguém na vida, por isso as faço.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

33. Para impressionar meus colegas eu acabo fazendo as atividades.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

34. Faço porque eu aprecio as atividades de Física.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

35. Acho uma perda de tempo fazer as atividades nas aulas de Física.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

36. Faço as atividades porque elas me darão uma boa compreensão da Física.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

37. Faço porque assim evito problemas ou punições na escola.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

38. Por ser agradável parar para pensar ao fazer as atividades é que as faço.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

39. Meus pais sempre dizem para eu fazer as atividades e aí acabo fazendo.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

40. De verdade, não vejo se fará diferença para mim se eu fizer ou não as atividades.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

41. Faço as atividades porque isso me deixa feliz.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

42. Para não ficar com uma nota baixa, acabo fazendo as atividades.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

43. As atividades me ajudam a compreender coisas que são importantes para mim, por isso procuro fazê-las.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

44. Tenho preguiça de fazer as atividades de Física, por isso não as faço.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

45. Faço as atividades para meus colegas não me chamarem de burro.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

46. Faço porque eu gosto de fazer bem as atividades.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

47. Faço as atividades para não ser mandado para a direção ou orientação pedagógica.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

48. Acredito que somente fazendo as atividades é que se aprende, por isso sempre as faço.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

49. Não sei por que vou nas aulas de Física, eu acho tudo muito chato.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*

50. Porque me sinto bem fazendo as atividades é que as faço.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) *Totalmente Verdadeiro*