

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**LUIZ ANTONIO DE QUADROS DWORAKOWSKI**

**CONSTRUÇÃO E INTERPRETAÇÃO DE GRÁFICOS DA CINEMÁTICA: UMA  
PROPOSTA PARA O ENSINO MÉDIO POLITÉCNICO**

**Bagé  
2015**

**LUIZ ANTONIO DE QUADROS DWORAKOWSKI**

**CONSTRUÇÃO E INTERPRETAÇÃO DE GRÁFICOS DA CINEMÁTICA: UMA  
PROPOSTA PARA O ENSINO MÉDIO POLITÉCNICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ensino de Ciências da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre Profissional em Ensino de Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Fernando Teixeira Dorneles

Coorientadora: Profa. Dra. Ângela Maria Hartmann.

**Bagé  
2015**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos  
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do  
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

D989c Dworakowski, Luiz Antonio de Quadros  
CONSTRUÇÃO E INTERPRETAÇÃO DE GRÁFICOS DA CINEMÁTICA: UMA  
PROPOSTA PARA O ENSINO MÉDIO POLITÉCNICO / Luiz Antonio de  
Quadros Dworakowski.

114 p.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Pampa,  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 2015.

"Orientação: Pedro Fernando Teixeira Dorneles".

1. Ensino Médio Politécnico. 2. Gráficos em Cinemática. 3.  
Ensino de Física. I. Título.

**LUIZ ANTONIO DE QUADROS DWORAKOWSKI**

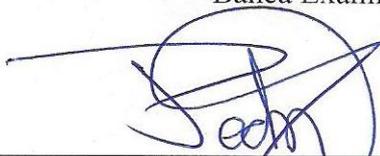
**CONSTRUÇÃO E INTERPRETAÇÃO DE GRÁFICOS DA CINEMÁTICA: UMA  
PROPOSTA PARA O ENSINO MÉDIO POLITÉCNICO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre Profissional em Ensino de Ciências.

Área de concentração: Ensino de Ciências

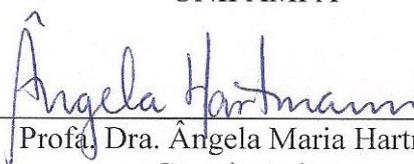
Dissertação defendida e aprovada em: 12 de janeiro de 2015.

Banca Examinadora:



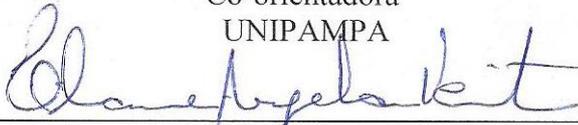
---

Prof. Dr. Pedro Fernando Teixeira Dorneles  
Orientador  
UNIPAMPA



---

Prof. Dra. Ângela Maria Hartmann  
Co-orientadora  
UNIPAMPA



---

Prof. Dra. Eliane Angela Veit  
UFRGS



---

Prof. Dra. Márcia Maria Lucchese  
UNIPAMPA

## AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho somente foi possível devido ao apoio e a ajuda de uma lista muito grande de pessoas e instituições. Assim, agradeço a todos que de uma forma ou de outra estiveram ao meu lado nesta caminhada, de forma especial agradeço:

À minha família, especialmente minha esposa, por ter mantido um apoio irrestrito durante todo o período de realização do curso;

Aos professores Pedro Fernando Teixeira Dorneles e Ângela Maria Hartmann, orientadores desta dissertação, pela paciência, dedicação e apoio tendo ajudado de forma decisiva na escolha do tema e na execução do trabalho;

Ao conjunto de professores do mestrado profissional em Ensino de Ciências pelo empenho e dedicação demonstrados nas diversas atividades;

Ao prof. Edson M. Kakuno, pelo apoio na construção dos carrinhos automatizados, sempre contribuindo com inúmeras sugestões pertinentes;

Aos colegas do Programa de Pós Graduação, a quem tive o privilégio de conhecer, travar discussões e reflexões, que muito contribuíram para meu trabalho e pelo companheirismo e amizade;

À direção, alunos, professores e funcionários da Escola Estadual Jerônimo Mércio da Silveira, pela colaboração, gentileza e consideração que tiveram durante todo trabalho realizado na escola;

Aos bolsistas de Iniciação à Docência do subprojeto Física (PIBID/2011), que atuaram como monitores na aplicação da proposta didática e foram decisivos para o bom andamento dos trabalhos;

A todos os amigos que compartilharam deste período de muito trabalho, de poucas folgas em fins-de-semana, mas que sempre me ajudaram e apoiaram.

## RESUMO

A ideia do presente trabalho ocorreu a partir de estudos da literatura da área de Educação em Ciências sobre as dificuldades enfrentadas pelos estudantes da Educação Básica na construção e interpretação de gráficos e da experiência profissional do autor, professor de Física da Educação Básica. O projeto foi desenvolvido na Escola Estadual de Ensino Médio Jerônimo Mércio da Silveira, em Candiota-RS, com o objetivo de superar dificuldades de aprendizagem dos estudantes e promover melhores condições para o uso de gráficos em outras áreas do conhecimento. A proposta foi vinculada às aulas de Seminário Integrado, componente introduzido no currículo a partir da reestruturação do Ensino Médio, pela Secretaria Estadual de Educação do Rio Grande do Sul (SEDUC-RS), na modalidade de Ensino Médio Politécnico em 2011. Nesse sentido, entende-se que o trabalho com gráficos possui grande potencial integrador, pois é comum encontrar diversos tipos de dados e informações do cotidiano representado na forma de gráficos, atinentes a diversas áreas de conhecimento como Economia, Biologia, Sociologia entre outras. Além disso, é conhecida a importância que o domínio de conceitos básicos de Matemática, entre eles a construção e interpretação de gráficos, tem para o bom entendimento dos conteúdos de Física. O trabalho em questão foi desenvolvido à luz das orientações curriculares descritas em documentos oficiais de ensino e alicerçado em teorias contemporâneas sobre aprendizagem e desenvolvimento baseadas no construtivismo e interacionismo. Em especial as que enfatizam as ideias defendidas por David Ausubel e Lev Vigotski. Foram privilegiadas situações de ensino-aprendizagem fundamentadas nos conceitos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa proposta por Ausubel, e de zona de desenvolvimento proximal, por Vigotski. A produção técnica foi elaborada na forma de uma Unidade Didática composta de dois módulos e desenvolvida em duas turmas de 1º ano do Ensino Médio do turno da manhã. O primeiro módulo enfatizou o estudo do plano cartesiano, conhecimento necessário para o entendimento e o estudo de gráficos da Cinemática. No segundo módulo, aborda-se a construção e interpretação de gráficos em Cinemática, com ênfase no uso de tecnologias como recurso didático. Foi realizado também o acompanhamento dos trabalhos dos seminários integrados verificando-se o potencial de emprego de gráficos para expressar dados de diferentes áreas de conhecimento do currículo do Ensino Médio, analisando a articulação interdisciplinar ocorrida através do emprego de gráficos. Os resultados evidenciam que as atividades propostas na Unidade Didática constituem uma possibilidade eficaz para introdução ao estudo de gráficos, principalmente da Cinemática, pois durante sua realização os alunos desenvolveram habilidades para local pontos no plano cartesiano, fizeram a aplicação do conhecimento abstrato em uma situação concreta (reificação de conceitos), coletaram corretamente dados de tempo e deslocamento, alocando em tabelas e construíram gráficos do movimento a partir dos dados tabelados. Além disso, os alunos demonstraram capacidade para interpretar e analisar dados de tempo, deslocamento e velocidade constantes em gráficos do movimento uniforme e reproduzir esse movimento através de um carrinho automatizado e de um sensor de movimento. No entanto, ao analisar os trabalhos apresentados nos seminários constatou-se que o uso de gráficos foi adotado apenas por um grupo de alunos de um total de dez grupos. Aponta-se como perspectiva futura um novo estudo reaplicando o primeiro módulo e adaptando o segundo módulo em outras áreas da Física e em outros componentes curriculares no contexto das aulas de Seminário Integrado do Ensino Médio Politécnico.

Palavras-chave: Ensino Médio Politécnico; Gráficos em Cinemática; Ensino de Física.

## ABSTRACT

The idea of the current research occurred from studies of Literature in the Science Education field regarding the difficulties faced by Basic Education students in drawing and interpreting graphs and also from the professional experience of the author, a Physics teacher of Basic Education. The project was conducted at *Escola Estadual de Ensino Médio Jerônimo Mércio da Silveira*, in Candiota-RS. Aiming to overcome students' learning difficulties and to provide better conditions in the use of graphs in different areas of knowledge, this proposal was connected to Integrated Seminar classes, a component introduced into the curriculum in the Polytechnic High School modality since the reformation of High School by the State Department of Education of Rio Grande do Sul (*Secretaria Estadual de Educação do Rio Grande do Sul - SEDUC-RS*) in 2011. Therefore, it is understood that there is a great potential of integration when working with graphs as it is common to find various types of data and everyday life information presented in this form, related to many areas of knowledge such as Economics, Biology, Sociology, and others. Furthermore, it is known the importance that the domain of basic mathematics concepts - including the construction and interpretation of graphs- has for a good understanding of Physics contents. The work in question was developed according to curricular orientation described in official education documents and grounded on contemporary learning and development theories based on constructivism and interactionism. In particular the theories which emphasize the ideas defended by David Ausubel and Lev Vigotski. Priority was given to teaching-learning situations based on the concepts of progressive differentiation and integrative reconciliation proposed by Ausubel, and of zone of proximal development, by Vigotski. The technical production was created as a Didactic Unit consisting of two modules and applied in two classes of the first year of High School from the morning shift. The first module emphasized the study of the Cartesian plan, necessary knowledge for understanding and studying graphs. In the second module, it was approached the construction and the interpretation of graphs in Kinematics, emphasizing the use of technologies as didactic resource. The work done in the integrated seminars has also been monitored by verifying the potential in the employment of graphs to express data from different areas of knowledge of the High School curriculum, and analyzing the interdisciplinary articulation occurred through the use of graphs. The results demonstrated that the activities proposed in the Didactic Unit consist in an effective possibility for the introduction to graphs study, of Kinematics mainly, as after its realization the students developed abilities to locate points in the Cartesian Plan, applied the abstract knowledge in a concrete situation (rectification of concepts), collected time and motion data correctly, located them in tables, and constructed graphs of this motion by using the tabulated data. In addition, the students demonstrated capacity to interpret and analyze constant time, motion and velocity data in graphs of the uniform motion and reproduce this motion by using an automated car and a motion sensor. Nevertheless, by analyzing the work presented in the Seminars we concluded that the use of graphs was adopted by only one of the ten groups. We indicate as future perspective a new study, reapplying the first module and adapting the second to different areas in the Physics field and also in different curricular components in the context of Integrated Seminar classes of the Polytechnic High School.

Keywords: Polytechnic High School, Kinematics Graphs, Physics Education

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Uma representação esquemática do modelo ausbeliano de diferenciação conceitual progressiva.....	18
Figura 2 – Carrinho automatizado com a plataforma Arduino.....	24
Figura 3 – Gráfico da posição vs. tempo construído pelos alunos.....	25
Figura 4 – Fachada principal da escola Jerônimo Mércio da Silveira em Candiota-RS.....	27
Figura 5 – Esquema do desenvolvimento da Unidade Didática.....	29
Figura 6 – Construção dos carrinhos automatizados utilizados nas aulas.....	30
Figura 7 – Participação na oficina de montagem dos carrinhos automatizados.....	31
Figura 8- Realização do jogo batalha naval - turma 100 e turma 101.....	38
Figura 9 – Recorte do desafio trabalhado na atividade 1.....	39
Figura 10 – Recorte do guia contendo os rebocadores.....	41
Figura 11 – Reticulado com Embarcações do guia.....	41
Figura 12- Recorte do mapa da região Sudoeste do RS.....	43
Figura 13- Respostas adequadas dos alunos referente ao trabalho com o mapa.....	44
Figura 14 – Exemplos de cálculo da distância e locação de coordenadas em figuras feitas pelos estudantes.....	45
Figura 15 – Locação de coordenadas no plano e cálculo de distâncias usando triângulos apresentado por um grupo de alunos.....	46
Figura 16 – Alunos utilizando cordas e fazendo a medição das distâncias no plano cartesiano do pátio.....	47
Figura 17 – Estratégia de ataque elaborada por um grupo e figura usada para o cálculo das distâncias.....	47
Figura 18 – Opções de gráficos para resposta do movimento do carrinho.....	48
Figura 19 – Itinerário percorrido pelo carrinho e tabela de tempos coletados por alunos.....	50
Figura 20 – Justificativa do grupo E da turma 100 sobre a interpretação dos gráficos.....	50
Figura 21 – Gráficos da posição vs. tempo de velocidades diferentes dos carrinhos.....	51
Figura 22 – Exemplos de gráficos distribuídos aos grupos para análise e reprodução com o carrinho.....	53
Figura 23 – Grupo F da turma 101 explicando o movimento.....	54
Figura 24 – Gráfico da posição vs. tempo recebido e gráfico da velocidade vs. tempo construído pelo grupo D da turma 100.....	55
Figura 25 – Gráfico da velocidade vs. tempo recebido e gráfico da posição vs. tempo construído pelo grupo B da turma 101.....	55
Fig. 26 – Recorte da montagem do circuito e grupo A da T. 101 na atividade.....	57
Figura 27 – Gráfico analisado e o gráfico produzido através da plataforma Arduino e o sensor de movimento pelo grupo C da turma 100.....	57
Figura 28 – Gráfico analisado e o gráfico produzido através da plataforma Arduino e o sensor de movimento pelo grupo A da turma 101.....	58

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Objetivos do teste tug-k.....	23
Quadro 2 – Recursos utilizados e objetivos do primeiro módulo didático.....	32
Quadro 3 – Recursos utilizados e objetivos do segundo módulo didático.....	33
Quadro 4 – Evolução no desempenho das turmas entre o pré e o pós-teste.....	36
Quadro 5 – Distribuição geral das respostas dos alunos apresentadas nos guias selecionados para análise.....	52

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>1 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>15</b>
1.1 A TEORIA DE DAVID AUSUBEL .....	15
1.1.1 Aprendizagem Significativa.....	15
1.1.2 Condições para a ocorrência da aprendizagem significativa .....	16
1.1.3 Diferenciação progressiva e reconciliação integrativa .....	17
1.1.4 Hierarquias conceituais .....	17
1.2 A TEORIA DE LEV VIGOTSKI .....	19
1.2.1 Zona de Desenvolvimento Proximal e Interação Social .....	19
<b>2 ESTUDOS RELACIONADOS</b> .....	<b>22</b>
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	<b>26</b>
3.1 OBJETIVOS .....	26
3.1.1 Objetivo Geral .....	26
3.1.2 Objetivos específicos .....	26
3.2 LOCAL DE APLICAÇÃO E PÚBLICO ALVO.....	27
3.3 USO DE TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO: MOTIVAÇÃO E INCENTIVO PARA ALUNOS E PROFESSORES.....	30
3.4 DESENVOLVIMENTO DOS MÓDULOS DIDÁTICOS: PROPOSTA E OBJETIVOS	31
3.5 METODOLOGIA DIDÁTICA E INSTRUMENTOS DE MEDIDA DA PROPOSTA...	34
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>35</b>
4.1 ANÁLISE QUANTITATIVA .....	35
4.2 REFLEXÃO SOBRE AS ATIVIDADES REALIZADAS.....	36
4.2.1 Atividade 1 (aulas 1 e 2): Aplicação do pré-teste e jogo batalha naval .....	37
4.2.2 Atividade 1 (aulas 3 e 4): Retomada do jogo e realização de um desafio .....	38
4.2.3 Atividade 2 (aulas 5 e 6 ): Consolidando o plano cartesiano.....	42
4.2.4 Atividade 2 - complementar (aulas 7, 8 e 9): Consolidando o plano cartesiano.....	45
4.2.5 Atividade 3 (aulas 10 e 11): Utilizando o carrinho automatizado.....	48

<b>4.2.6 Atividade 3 (aulas 12 e 13): Utilizando o carrinho automatizado.....</b>	<b>49</b>
<b>4.2.7 Atividade 3 (aulas 14 e 15): Consolidando os conceitos de deslocamento e velocidade através dos gráficos.....</b>	<b>52</b>
<b>4.2.8 Atividade 3 (aula 16): Realização do pós-teste .....</b>	<b>54</b>
<b>4.2.9 Atividade 3 (aulas 17 e 18): Consolidando os conceitos de deslocamento e velocidade através dos gráficos.....</b>	<b>54</b>
<b>4.2.10 Atividade 3 (aulas 19 e 20): Interpretando e construindo gráficos da Cinemática através da plataforma Arduino.....</b>	<b>56</b>
<b>4.3 USO DE GRÁFICOS NOS SEMINÁRIOS INTEGRADOS.....</b>	<b>58</b>
<b>4.4 OPINIÃO DOS BOLSISTAS/MONITORES SOBRE AS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS.....</b>	<b>60</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>62</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>66</b>
<b>APÊNDICE A - Teste sobre gráficos.....</b>	<b>68</b>
<b>APÊNDICE B - Termo de autorização.....</b>	<b>73</b>
<b>APÊNDICE C - Atividade 1.1 - Aplicação do jogo Batalha Naval.....</b>	<b>74</b>
<b>APÊNDICE D - Atividade 1.2 - Locação de pontos na Batalha Naval.....</b>	<b>76</b>
<b>APÊNDICE E - Atividade 1.3 - Desafio sobre plano Cartesiano.....</b>	<b>77</b>
<b>APÊNDICE F - Atividade 1.4 - Atividade complementar - plano Cartesiano.....</b>	<b>80</b>
<b>APÊNDICE G - Atividade 2.1 - Utilização do carrinho automatizado - Ativ. nº1.....</b>	<b>83</b>
<b>APÊNDICE H - Atividade 2.2 - Utilização do carrinho automatizado - Ativ. nº2.....</b>	<b>88</b>
<b>APÊNDICE I - Atividade 2.3 - Utilização do carrinho automatizado - Ativ. nº3.....</b>	<b>92</b>
<b>APÊNDICE J - Atividade 2.4 - Utilização do sensor sonar com a plataforma Arduino..</b>	<b>95</b>
<b>APÊNDICE K - Construção e programação da atividade com o sensor sonar.....</b>	<b>98</b>
<b>ANEXO A - DESCRIÇÃO DO CARRINHO AUTOMATIZADO.....</b>	<b>102</b>

## INTRODUÇÃO

A ideia do presente trabalho sobre as dificuldades enfrentadas por estudantes da Educação Básica na construção e interpretação de gráficos ocorreu a partir de estudos da literatura da área de Educação em Ciências e da experiência profissional do autor, professor de Física da Educação Básica. O projeto foi desenvolvido na Escola Estadual de Ensino Médio Jerônimo Mércio da Silveira, em Candiota, RS, em 2013, com o objetivo de superar dificuldades de aprendizagem dos estudantes e promover melhores condições para o uso de gráficos em outras áreas do conhecimento. A proposta foi vinculada às aulas de Seminário Integrado, componente introduzido no currículo em 2011, a partir da reestruturação do Ensino Médio, pela Secretaria Estadual de Educação do Rio Grande do Sul (SEDUC-RS), na modalidade de Ensino Médio Politécnico.

Entende-se que o trabalho com gráficos possui grande potencial integrador, pois é comum encontrar, no cotidiano, diversos tipos de dados e informações representados na forma de gráficos, atinentes a diversas áreas de conhecimento como Economia, Biologia, Sociologia entre outras. Além disso, é conhecida a importância que o domínio de conceitos básicos de Matemática, entre eles a construção e interpretação de gráficos, tem para o bom entendimento dos conteúdos de Física.

O trabalho em questão foi desenvolvido à luz das orientações descritas em documentos oficiais de ensino e alicerçado em teorias contemporâneas sobre aprendizagem e desenvolvimento baseadas no construtivismo e interacionismo. O capítulo um descreve, em especial, as ideias defendidas por David Ausubel e Lev Vigotski, em suas teorias sobre aprendizagem e desenvolvimento cognitivo.

A produção educacional resultante deste trabalho, detalhada no capítulo três, foi desenvolvida em duas turmas de primeiro ano do Ensino Médio do turno da manhã da escola escolhida. Trata-se de uma Unidade Didática vinculada à proposta da Secretaria de Educação do Estado do Rio Grande do Sul (SEDUC-RS) de implantar a modalidade de Ensino Médio Politécnico. Essa modalidade de ensino prevê o aprofundamento da articulação entre as áreas do conhecimento com os eixos cultura, ciência, tecnologia e trabalho, de forma que a construção do conhecimento promova a inserção social cidadã (RIO GRANDE DO SUL, 2011).

O Ensino Médio Politécnico tem o trabalho como princípio educativo, entendendo que o trabalho e a vida social são regidos pela dinamicidade e instabilidade promovidas pela produção em ciência e tecnologia. Nesse contexto, a capacidade intelectual, o raciocínio

lógico formal, o domínio das formas de comunicação, a flexibilidade para mudar e a capacidade para aprender permanentemente são características cada vez mais exigidas pelo mundo do trabalho contemporâneo. Assim, constitui uma das funções da escola ensinar a compreender e a transformar a realidade a partir da teoria e de procedimentos científicos, tornando necessário oferecer um ensino que atenda tanto às necessidades de uma vida social repleta de novas tecnologias, como um mundo do trabalho cada vez mais intelectualizado (RIO GRANDE DO SUL, 2011).

De acordo com orientações da SEDUC-RS, no Ensino Médio Politécnico devem ser enfatizados o mundo do trabalho e as relações sociais, promovendo uma formação (científico-tecnológica e sócio histórica) baseada na compreensão e transformação da realidade. Quanto à organização curricular, a formação politécnica supõe contemplar:

- Novas formas de seleção e organização dos conteúdos a partir da prática social;
- O diálogo entre as áreas de conhecimento;
- A primazia da qualidade da relação do conhecimento pelo protagonismo do aluno sobre a quantidade de conteúdos apropriados de forma mecânica;
- A primazia do significado social do conhecimento sobre os critérios formais inerentes à lógica disciplinar. (RIO GRANDE DO SUL, 2011, p.14).

Sobre a concepção de currículo, a Resolução CNE/CEB nº2/2012, que define as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio dispõe em seu art. 6º,

O currículo é conceituado como a proposta de ação educativa constituída pela seleção de conhecimentos construídos pela sociedade, expressando-se por práticas escolares que se desdobram em torno de conhecimentos relevantes e pertinentes, permeadas pelas relações sociais, articulando vivências e saberes dos estudantes e contribuindo para o desenvolvimento de suas identidades e condições cognitivas e sócio afetivas (BRASIL, 2012, p. 2).

Tais diretrizes enfatizam um tratamento metodológico que evidencie a contextualização e a interdisciplinaridade, ou outras formas de interação e articulação entre diferentes campos de saber específicos.

Neste sentido, este trabalho apresenta uma Unidade Didática desenvolvida em aulas de Seminário Integrado, espaço criado no Ensino Politécnico para a comunicação, socialização, planejamento e avaliação de vivências e práticas do curso, além de promover a integração entre componentes de uma mesma área e entre diferentes áreas do conhecimento.

Percebemos em nossa prática em sala de aula, como professores de Física, uma grande necessidade de superação de dificuldade na elaboração e interpretação de gráficos por grande parte dos alunos do ensino médio e das séries finais do ensino fundamental. Também identificamos, em 2012, o uso inadequado de gráficos na quase totalidade dos trabalhos desenvolvidos pelos alunos em Seminário Integrado dessa escola. Assim, o **primeiro módulo didático** da Unidade Didática foi destinado ao estudo do plano cartesiano, conhecimento

necessário para o entendimento de gráficos da Cinemática. No trabalho de Roque e Pereira (2012), descrito no capítulo dois desta dissertação, encontramos um exemplo de atividade voltada para o entendimento do plano cartesiano, partindo de situações vivenciais dos alunos. Nosso objetivo, nesse primeiro módulo, foi abordar o estudo do plano cartesiano a partir de situações lúdicas e de forte interação entre os alunos.

É conhecida a importância que o domínio de conceitos básicos de matemática, entre eles a interpretação e análise de gráficos, tem para o bom entendimento dos conteúdos de Física. A dificuldade em compreender a construção de gráficos faz com que os estudantes enfrentem obstáculos na aprendizagem de grande número de conceitos desse componente curricular. Com ênfase no ensino de Física, o **segundo módulo** da Unidade Didática é voltado para a construção e interpretação de gráficos em Cinemática. Araujo, Veit e Moreira, (2004) desenvolveram um trabalho de pesquisa envolvendo a interpretação de gráficos da Cinemática através da aplicação de atividades de modelagem computacional e comprovaram tais dificuldades. Trabalhos da literatura relacionados a essas dificuldades, bem como sugestões para superá-las são abordados no capítulo dois deste trabalho.

Consideramos ainda que o trabalho com gráficos reúne grande potencial integrador, pois é comum encontrarmos representações de diversos tipos de dados e informações do cotidiano na forma de gráficos, atinentes a diversas áreas de conhecimento como Economia, Biologia, Sociologia entre outras. Situações envolvendo clima, taxa de juros ou resultados esportivos, além de grande parte do que aparece na mídia ou em publicações, são expressas em forma de gráficos, possibilitando a análise de dados numéricos (FAINGUELERNT e GOTTLIEB, 2012). Concluindo a Unidade Didática, realizamos o acompanhamento da aplicação e o uso de gráficos em diferentes áreas de conhecimento do currículo, durante a realização de pesquisas e apresentação nos seminários previstos no decorrer do ano letivo.

Destacamos que, para a aplicação da unidade didática, contamos com o apoio de três bolsistas do subprojeto Física do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID). Os bolsistas atuaram como monitores, principalmente nos momentos de realização de atividades em pequenos grupos, além de colaborarem na construção dos carrinhos automatizados com a plataforma Arduíno, utilizados no módulo dois.

## 1 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo apresentaremos o referencial teórico na qual se baseou a produção educacional resultante deste trabalho de mestrado. Foram utilizadas as teorias de David Ausubel sobre aprendizagem significativa e a teoria histórico-cultural de Lev Vigotski.

### 1.1 A TEORIA DE DAVID AUSUBEL

Ao interagir com o meio, o sujeito armazena em seu intelecto algum tipo de informação ou registro a respeito da experiência vivida. Ao se deparar com um novo conhecimento ou novas informações ele poderá, ou não, fazer ligação do novo (conhecimento) com algo que já existe em sua estrutura cognitiva. Esta concepção de como o sujeito aprende foi estudada pelo professor da Universidade de Columbia, David Ausubel. Médico-psiquiatra de formação, Ausubel dedicou sua carreira acadêmica à psicologia educacional, focando seu trabalho na aprendizagem cognitiva, propondo uma explicação teórica ao processo de aprendizagem. Para ele, a aprendizagem pressupõe a organização de conceitos na estrutura cognitiva do aluno (MOREIRA, 2011).

Ausubel é um representante do cognitivismo, posição filosófica que se ocupa dos processos mentais relacionados à forma como o indivíduo conhece e como ele constrói sua estrutura cognitiva. As teorias construtivistas consideram o aluno agente da construção de sua própria estrutura cognitiva e não meros receptores de conhecimento (MOREIRA, 2011). Segundo a teoria de Ausubel, ao apresentar um novo conhecimento, deve-se partir daquilo que o aluno já sabe sobre o assunto em questão.

#### 1.1.1 Aprendizagem Significativa

A teoria de Ausubel está centrada no conceito de aprendizagem significativa, ou seja, a aprendizagem de um novo conceito ocorre quando a nova informação ancora-se em conceitos ou proposições relevantes preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz, os quais Ausubel denominou de *subsunçores*. Quando uma nova informação interage com um conceito preexistente na estrutura cognitiva do aluno ocorre um crescimento e a modificação do conceito subsunçor, tornando-o mais elaborado e inclusivo, com capacidade de servir de base para novas informações, mais abrangentes e correlatas. Na ausência de conceitos relevantes na estrutura cognitiva, relacionados ao novo conhecimento, ocorre o que Ausubel chamou de “aprendizagem mecânica” (ou automática), sendo que o conhecimento assim adquirido fica arbitrariamente distribuído na estrutura cognitiva, sem ligar-se a conceitos subsunçores

específicos. No entanto, a aprendizagem mecânica pode ser necessária quando um indivíduo está aprendendo algo totalmente novo para ele, para o qual não existe ligação relevante em sua estrutura cognitiva. Nesse caso, ocorre uma aprendizagem mecânica até que existam subsunçores capazes de ancorar novas informações. Ainda relacionado ao desenvolvimento de conceitos subsunçores, Ausubel, (apud Moreira, 2011 p.163), “recomenda o uso de *organizadores prévios* que sirvam de âncora para a nova aprendizagem”. Organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do material a ser aprendido e servem para fazer a ligação entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber.

### **1.1.2 Condições para a ocorrência da Aprendizagem Significativa**

A aprendizagem significativa ocorre quando uma ideia expressa simbolicamente pode ser relacionada de maneira não arbitrária e não literal a algum aspecto relevante da estrutura cognitiva do aprendiz, ou seja, aquilo que ele já sabe (um subsunçor). Nesse sentido, a aprendizagem significativa pressupõe que:

- a) O material a ser aprendido seja potencialmente significativo para o aprendiz, ou seja, relacionável a sua estrutura de conhecimento de forma não arbitrária e não literal (substantiva);
- b) O aprendiz manifeste uma disposição em relacionar o novo material de maneira substantiva e não arbitrária a sua estrutura cognitiva (MOREIRA E MASINI, 2006 p. 23).

Considerando essas duas condições, podemos inferir que a primeira está relacionada a pelo menos dois fatores: as características do material a ser aprendido e os aspectos relacionados à estrutura cognitiva do aprendiz. Quanto ao material a ser aprendido, este deve ser “significativo” ao ponto de poder ser relacionado de forma substantiva e não arbitrária a ideias relevantes situadas no domínio do conhecimento do indivíduo que aprende. Em se tratando da estrutura cognitiva do aprendiz, devem estar disponíveis nela conceitos subsunçores suficientemente relacionáveis ao novo material a ser aprendido.

A segunda condição nos leva ao entendimento de que a maneira como o aprendiz se pré-dispõe a entender o novo material é fundamental para que ocorra a aprendizagem significativa. Caso a intenção do aprendiz seja apenas memorizar arbitrariamente e literalmente o material a ser aprendido, tanto o processo de aprendizagem como seu produto serão mecânicos e sem significado. Da mesma forma, caso o material não seja potencialmente significativo, não importa quão predisposto esteja o indivíduo em aprender, pois tanto o processo como o produto não serão significativos.

### 1.1.3 Diferenciação progressiva e reconciliação integrativa

Segundo Moreira (2011), Ausubel se preocupou também com a forma de programar os conteúdos e apresentá-los aos estudantes para facilitar a aprendizagem significativa. Na concepção ausubeliana a assimilação de conceitos é favorecida quando os componentes mais gerais e inclusivos de um conceito são apresentados em primeiro lugar, devendo ser progressivamente diferenciados em seus detalhes e especificidades. Assim, Ausubel introduziu o princípio da *diferenciação progressiva*. De acordo com esse princípio, deve-se programar o conteúdo de uma disciplina de forma a apresentar no início aquelas ideias mais gerais e mais inclusivas, as quais serão progressivamente diferenciadas, em termos de detalhes e especificidades. Para propor esse princípio, Ausubel considerou duas hipóteses:

- a) É mais fácil para o ser humano captar aspectos diferenciados de um todo mais inclusivo previamente aprendido, do que chegar ao todo a partir de suas partes diferenciadas;
- b) A organização do conteúdo de certa disciplina, na mente de um indivíduo, é uma estrutura hierárquica na qual as ideias mais inclusivas estão no topo da estrutura e, progressivamente, incorporam proposições, conceitos e fatos menos inclusivos e mais diferenciados (MOREIRA e MASINI, 2006, p. 30).

Outro aspecto a considerar na programação dos conteúdos é o princípio da *reconciliação integrativa*, segundo o qual as relações entre proposições e conceitos devem ser exploradas com ênfase, observando diferenças e similaridades importantes e reconciliando inconsistências reais ou aparentes (MOREIRA e MASINI, 2006).

### 1.1.4 Hierarquias conceituais

Ausubel defende que cada disciplina possui uma estrutura articulada e hierarquicamente estruturada de conceitos, que constituem seu sistema de informações. Cabe ao professor identificar esses conceitos estruturais, os quais, quando ensinados, farão parte de um sistema de informações no intelecto dos alunos, que poderão usar para resolver problemas atinentes àquela disciplina.

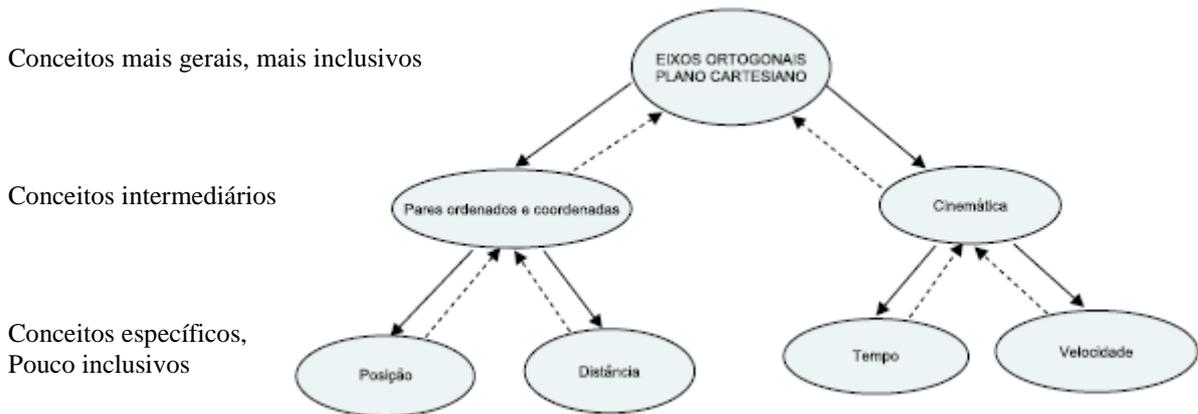
Segundo Ausubel, o desenvolvimento de conceitos é favorecido quando os elementos mais gerais e inclusivos de um conceito são colocados em primeiro lugar, para serem, então, progressivamente diferenciados, em termos de detalhe e especificidade. No entanto, estabelecer esta organização estrutural e hierárquica de conceitos, definir quais são os conceitos mais gerais e inclusivos e quais são os conceitos subordinados de um corpo de conhecimento, não é tarefa fácil.

Nesse sentido, a reconciliação integrativa pode ser atingida de forma mais eficaz, organizando-se o ensino “descendo e subindo” nas estruturas conceituais hierárquicas

conforme a nova informação é apresentada. Assim, pode-se começar com os conceitos mais gerais, mas ao mesmo tempo fazer a ligação com os conceitos subordinados que estão a eles relacionados, voltando em seguida, por meio de exemplos, a novos significados para os conceitos de ordem mais alta hierarquicamente (MOREIRA e MASINI, 2006).

A figura 1 mostra um modelo de hierarquia conceitual e sugere as direções recomendadas para a diferenciação conceitual progressiva e para a reconciliação integrativa, utilizados no primeiro módulo didático desta dissertação. Uma vez identificados os conceitos superordenados e subordinados de uma disciplina ou corpo de conhecimento, eles podem ser dispostos hierarquicamente num diagrama bidimensional.

Figura 1 – Uma representação esquemática do modelo ausbeliano de diferenciação conceitual progressiva. As linhas contínuas sugerem a direção recomendada para a diferenciação progressiva de conceitos. As linhas tracejadas sugerem a reconciliação integrativa.



Fonte: Adaptado de Moreira e Masini (2006 p. 33).

Procuramos aplicar as ideias defendidas por David Ausubel durante o desenvolvimento da proposta didática, buscando criar condições favoráveis à Aprendizagem Significativa. Para tal, apresentamos inicialmente aos alunos um material potencialmente significativo, relacionável a sua estrutura cognitiva de forma substantiva e que pudesse despertar neles a disposição em aprender novos conceitos.

No transcorrer das aulas usamos o princípio da diferenciação progressiva de conceitos, apresentando inicialmente as ideias mais gerais e mais inclusivas dos conteúdos, para, em seguida, diferenciá-las progressivamente em detalhes e especificidades. No início das aulas, usamos o princípio da reconciliação integrativa, debatendo as principais ideias trabalhadas na aula anterior, buscando apontar similaridades e diferenças importantes. Procuramos, ainda, fazer a ligação dos conceitos mais gerais com os conceitos subordinados a eles, voltando em seguida, através de exemplos, com novos significados para os conceitos de ordem

hierarquicamente superior, conforme o modelo de hierarquia conceitual sugerido por Ausubel (MOREIRA e MASINI, 2006).

## 1.2 A TEORIA DE LEV VIGOTSKI

David Ausubel e Lev Vigotski defendem certo pensamento em comum (BECKER, 1993). O interacionismo (Vigotski) e o construtivismo (Ausubel) são concepções epistemológicas que colocam a ação do sujeito no cerne do processo de aprendizagem. Para Giusta (1985, *apud* Neves e Damiani (2006)), a prática pedagógica fundamentada na concepção interacionista de aprendizagem considera que todo conhecimento provém da prática social e a ela retorna, considerando o conhecimento como um empreendimento coletivo, o qual não pode ser produzido na solidão do sujeito.

Neves e Damiani (2006) indicam que Vigotski considera o meio social como determinante do desenvolvimento humano, concebendo o homem como um ser histórico e produto de um conjunto de relações sociais. Para Vigotski, a consciência é engendrada no social, a partir das relações que os homens estabelecem entre si, agindo principalmente pela mediação da linguagem, provocando transformações internas capazes de transformar o homem de ser biológico em ser sócio histórico. Na abordagem vigotskiana, o homem é visto como alguém que transforma e é transformado nas relações que acontecem em determinada cultura, através de uma relação dialética ocorrida desde o nascimento, entre a pessoa e o meio social e cultural em que se insere. Assim, o desenvolvimento humano é compreendido como produto de trocas recíprocas estabelecidas durante toda vida, entre indivíduo e meio, cada um deles influenciando sobre o outro.

### 1.2.1 Zona de Desenvolvimento Proximal e Interação Social

De acordo com a teoria histórico-cultural de Vigotski, o cérebro possui uma predeterminação genética básica sobre a qual se constroem as demais estruturas mentais. Para Vigotski *apud* Gaspar (2003), não é preciso esperar que determinadas estruturas mentais se formem para que a aprendizagem de um conceito seja possível. Pelo contrário, é o ensino desse conceito que desencadeia a formação das estruturas mentais necessárias à sua aprendizagem. Deve-se ter cuidado, no entanto, para não ultrapassar a capacidade cerebral do aluno quando se almeja criar novas estruturas mentais. Esse limite está situado numa zona cognitiva característica de cada pessoa que permite a aquisição de algo novo com a ajuda de um parceiro mais capaz, como é o caso do professor, e que foi denominada por Vigotski de *zona de desenvolvimento proximal*.

Mesmo que um novo conteúdo esteja dentro dos limites da zona de desenvolvimento proximal (ZPD) do indivíduo, a aprendizagem desse conteúdo não ocorre no momento em que ele é ensinado. É preciso tempo para que o cérebro construa as estruturas mentais capazes de processar o novo conceito. Para isso é preciso que os novos conceitos sejam apresentados, discutidos e trabalhados de forma reiterada e numa *interação social* em que o professor é o parceiro mais capaz.

Conforme Gaspar (2003), a interação social, no sentido vigotskiano do termo, não se dá por meio de qualquer discussão, qualquer conversa entre alunos no pátio da escola. Em primeiro lugar ela deve ser assimétrica, isto é, dela deve participar pelo menos um parceiro mais capaz, em relação ao conteúdo da interação, que possa orientá-la.

Em segundo lugar, a questão que desencadeia a interação deve estar bem definida e ser conhecida por todos os participantes, assim como a abordagem que será adotada para resolvê-la. Permeando o processo, a linguagem utilizada na interação deve estar ao alcance de todos.

Uma interação social com esses requisitos tende a levar todos os participantes à mesma compreensão que o parceiro mais capaz tem do conteúdo. Em síntese, pode-se afirmar que toda aprendizagem, escolar ou não, origina-se de interações sociais com essas características.

Em se tratando de estratégia pedagógica, Vigotski considera que:

Respeitados os limites da zona de desenvolvimento imediato, a melhor estratégia pedagógica é persistir no processo de ensino do novo conceito, pois essa é a forma de construir a estrutura mental que possibilita sua aprendizagem. Portanto, não é o desenvolvimento cognitivo que viabiliza a aprendizagem, mas a aprendizagem que torna possível ou provoca o desenvolvimento cognitivo. As estruturas mentais para a aquisição de um novo conceito só começam a se formar na mente da pessoa quando esse conceito é ensinado (GASPAR, 2003, p.21).

Segundo Vigotski *apud* Gaspar (2003), a construção de uma nova estrutura mental se inicia quando é exigida e o ensino formal é uma dessas ocasiões, certamente a mais relevante em relação aos conceitos científicos. Quanto aos conhecimentos prévios dos alunos sobre determinado assunto, a formação de conceitos científicos sempre se beneficia da existência de concepções prévias, mesmo que inicialmente pareçam conflitantes. Ou seja, do ponto de vista vigotskiano a reformulação de uma concepção incorreta é mais fácil e viável do que a criação de uma estrutura mental inteiramente nova.

Com relação ao papel do professor,

[...] é aquele que, detendo mais experiência, funciona intervindo e mediando a relação do aluno com o conhecimento. Ele está sempre, em seu esforço pedagógico, procurando criar Zonas de Desenvolvimento Proximal (ZDP's), isto é, atuando como elemento de intervenção, de ajuda. Na ZDP, o professor atua de forma explícita, interferindo no desenvolvimento dos alunos, provocando avanços que não ocorreriam espontaneamente (FREITAS, 2000, *apud* NEVES e DAMIANI, 2006, p.9).

Nesse sentido, a aplicação da proposta aqui descrita, sob a ótica da teoria de Vigotski, foi evidenciada na dinâmica das aulas. A partir das situações interativas propostas nos módulos didáticos e observando a capacidade real e potencial demonstrada pelos estudantes, foi desenvolvida a intervenção, estabelecendo metas a serem alcançadas.

Considerando aquilo que os alunos não seriam capazes de aprender sozinhos, procuramos prover a intervenção adequada, não apenas do professor, mas incentivando a colaboração dos próprios colegas mais aptos, através de demonstrações, assistência, fornecimento de pistas ou instruções, procedimentos esses, julgados fundamentais na promoção do “bom ensino” (BRASIL, 2006, p. 88).

## 2 ESTUDOS RELACIONADOS

Um grande número de informações apresentadas através de representações, como gráficos, tabelas e diagramas, está cada vez mais presente na sociedade contemporânea. Nos dias atuais é difícil encontrar alguma área da ciência ou tecnologia em que a construção e o estudo de gráficos não seja necessária. Na educação escolar, o estudo da Física em particular tem o uso de gráficos como ferramenta básica para representar e relacionar grandezas em praticamente todos os assuntos tratados.

Aliada à importância do estudo dos gráficos, contrapõe-se a grande dificuldade apresentada pelos estudantes em geral quando necessitam construí-los ou interpretá-los. Nesse sentido, são vários os estudos e pesquisas para identificar problemas na aprendizagem de gráficos, buscando criar alternativas que conduzam a uma aprendizagem significativa deste conteúdo. Roque e Pereira (2012) desenvolveram uma atividade com uma turma de 8º ano do ensino fundamental partindo de situações vivenciais dos alunos, utilizando recursos como mapa do município, localização e orientação de quadras e ruas, para a criação de situações de ensino que levassem ao entendimento do conceito de plano cartesiano.

A ideia inicial da proposta foi trabalhar os conceitos de ponto de origem e deslocamento no plano, através de uma abordagem diferente, fugindo do ensino a partir da definição, do exemplo e do exercício. Na primeira atividade, os alunos deveriam encontrar uma forma de explicar a um turista como chegar a diferentes pontos da cidade onde moravam, partindo sempre do mesmo ponto, localizado na região central da cidade. A forma como seria dada a explicação era livre à imaginação e à criatividade dos alunos, podendo ser feita na forma de texto, de croqui, entre outras. Nessa atividade, os autores constataram uma grande dificuldade de percepção espacial nos alunos, “pois tinham conhecimento do ponto que deveriam chegar, mas acabavam se atrapalhando quando o assunto era o deslocamento” (ROQUE e PEREIRA, 2012, p.3).

Em uma segunda atividade, os autores exploraram o conceito de sistemas de coordenadas, usando para isso um mapa da cidade contendo um sistema de localização “alfanumérico” (letras dispostas verticalmente e números dispostos horizontalmente), identificando as ruas da cidade. Na tarefa, os alunos deveriam localizar alguns locais e perceber algumas regularidades que o mapa apresentava e o que isso facilitaria na busca dos pontos. As respostas aos questionamentos foram socializadas no grande grupo, chegando-se a conclusão que os alunos perceberam a importância de um sistema de coordenadas para localizar um ponto no plano.

Também sobre ensino do plano cartesiano, Prescott *et al.* (2005) apresentam uma proposta de trabalho que utiliza o jogo batalha naval para introduzir este conteúdo e levar os alunos à identificação de coordenadas de um plano cartesiano, de forma lúdica. Este trabalho foi proposto para o Programa de Reestruturação do Ensino Médio – PROMED, do estado do Rio de Janeiro e foi utilizado na formação continuada de docentes do ensino médio nas áreas das Ciências da Natureza e Matemática e suas Tecnologias. Resultados apontaram dificuldades dos alunos na transposição das embarcações no jogo batalha naval e na construção de figuras geométricas no plano. A localização do zero, compondo um par ordenado, também foi de difícil compreensão por parte dos alunos.

Com aplicação voltada para o ensino de Física, com ênfase no estudo da Cinemática, Araujo, Veit e Moreira (2004) utilizaram atividades de modelagem computacional com o objetivo de superar dificuldades dos estudantes na construção e interpretação destes gráficos. Os autores citam estudos bem sucedidos que descrevem ganhos significativos na interpretação de gráficos utilizando o computador para a aquisição de dados em tempo real (proposta MBL: “Microcomputer-Based Laboratory”). As atividades permitiam aos alunos observar o traçado em tempo real dos gráficos, registrando uma contínua e forte predisposição dos alunos em realizar as atividades no computador. Outro aspecto importante para a aprendizagem significativa é a motivação do aluno em aprender. Tanto na proposta MBL, como nas atividades de modelagem, foi constatada uma influência positiva na predisposição dos estudantes em aprender Física.

Beichner *apud* Araujo (2004) desenvolveu um teste (tug-k) para analisar a interpretação de gráficos de Cinemática por estudantes universitários e relacionou as principais dificuldades encontradas pelos alunos. São elas: a) visão de gráficos como uma fotografia do movimento; b) confusão entre altura e inclinação ou entre área/inclinação/altura; c) confusão entre variáveis cinemáticas; d) erros quanto à determinação de inclinação de linhas que não passam pela origem; e) desconhecimento do significado das áreas no gráfico abaixo das curvas cinemáticas. No Quadro 1 apresentamos os objetivos desse teste.

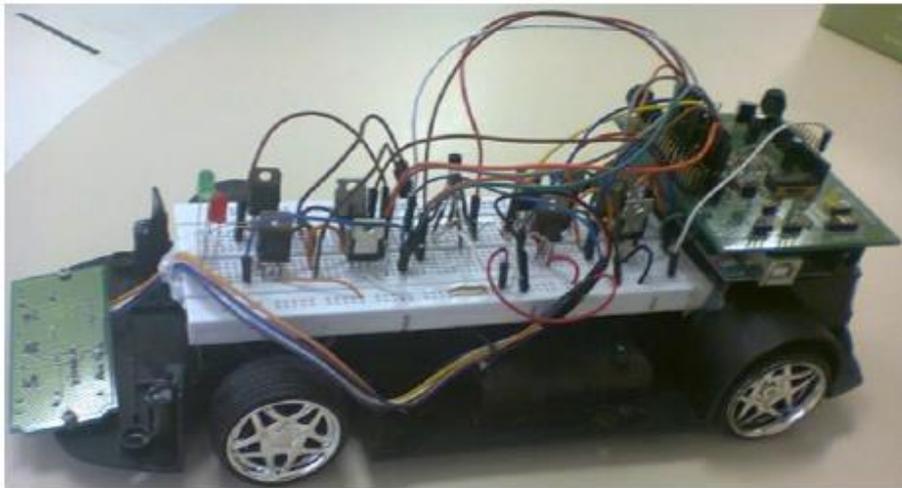
Quadro 1 - Objetivos do teste tug-k.

<b>Dado</b>	<b>O estudante deverá</b>
1) Gráfico de posição vs. Tempo	Determinar a velocidade
2) Gráfico da velocidade vs. tempo	Determinar a aceleração
3) Gráfico da velocidade vs. tempo	Determinar o deslocamento
4) Gráfico da aceleração vs. tempo	Determinar a variação na velocidade
5) Gráfico da Cinemática	Selecionar outro gráfico correspondente
6) Gráfico da Cinemática	Selecionar a descrição textual adequada
7) Descrição textual do movimento	Selecionar o gráfico correspondente

Fonte: (BEICHNER *apud* ARAÚJO, 2004).

Ainda direcionado ao estudo da Física, com aplicação na Cinemática, Wrasse et al. (2013) desenvolveram um trabalho utilizando tecnologias de informação e comunicação (TICs) como elemento facilitador para aprendizagem de gráficos da Cinemática. Os autores usaram *softwares e hardwares* flexíveis para construir um “carrinho automatizado”, o qual realiza movimentos com velocidades e sentidos pré-programados, sendo estes apropriados à interpretação e análise de gráficos. O carrinho construído para aplicação da proposta didática utilizava a plataforma microcontrolada Arduino, que permite a interação de objetos com o ambiente que os cerca através de sensores, podendo controlar luzes, motores e outros atuadores. A figura 2 mostra o carrinho automatizado utilizado na proposta didática.

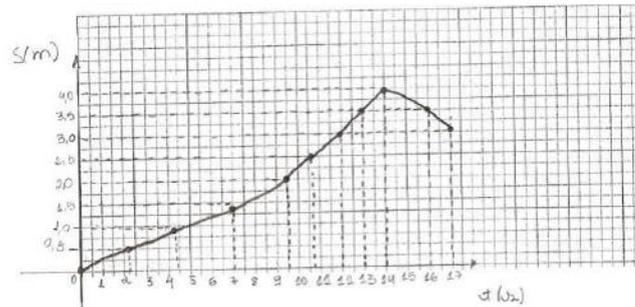
Figura 2 – Carrinho automatizado com a plataforma Arduino.



Fonte: (WRASSE *et al.* 2013)

O carrinho foi pré-programado através do Arduino para percorrer certas distâncias com velocidades constantes e distintas. Os alunos puderam cronometrar o tempo que os carrinhos demoravam para percorrer diferentes trechos do percurso. Dados os comprimentos desses trechos, ou seja, a distância percorrida e, de posse dos tempos cronometrados, eles calculavam a velocidade média. A partir dos dados, os alunos deveriam construir os gráficos da posição versus tempo e da velocidade versus tempo, interpretando em seguida, os respectivos gráficos construídos. A figura 3 apresenta um exemplo de gráfico da posição versus tempo construído pelos alunos no trabalho desenvolvido por Wrasse *et al.* (2013).

Figura 3 – Gráfico da posição vs. tempo construído pelos alunos.



Fonte: (WRASSE *et al.* 2013)

Os resultados da pesquisa demonstram o caráter motivador que a experiência proporcionou aos alunos ao desenvolverem as atividades. A interação ocorrida entre os colegas, por sua vez, propiciou condições favoráveis à aprendizagem significativa.

Os trabalhos de Roque e Pereira (2012) e de Prescott *et al.* (2005) nos inspiraram para a elaboração do primeiro módulo da produção educacional resultante deste trabalho de mestrado, com o diferencial de que os primeiros autores utilizaram situações vivenciais dos alunos para despertar seu interesse pelo assunto. O módulo inclui atividades lúdicas e interativas para concentrar a atenção dos estudantes em torno dos objetivos propostos, os quais estão relacionados ao trabalho do segundo grupo de autores citados. Na sequência, introduzimos o ensino de plano cartesiano envolvendo situações reais. O segundo módulo da proposta didática teve como base os trabalhos de Araujo, Veit e Moreira (2004) e de Wrasse *et al.* (2013).

O diferencial na utilização do carrinho automatizado, no presente trabalho, se encontra principalmente na programação da plataforma, na qual foi introduzido o controle à distância do carrinho (via controle remoto), permitindo um maior envolvimento dos estudantes com o experimento e a oportunidade de realizar desafios com maior grau de abstração.

### **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

A produção educacional resultante deste trabalho foi concretizada através de uma proposta de Unidade Didática para ser desenvolvida em aulas de seminário integrado do Ensino Médio Politécnico, instituído pela Secretaria de Educação do Estado do Rio Grande do Sul (SEDUC-RS), com o objetivo da superação de dificuldades de aprendizagem dos estudantes na interpretação e construção de gráficos.

Nesse sentido, apresentamos neste capítulo a metodologia que perpassou a elaboração e a aplicação da Unidade Didática, seus objetivos, local onde foi desenvolvida, materiais e recursos necessários para a aplicação dos módulos didáticos e os instrumentos de pesquisa utilizados.

#### **3.1 OBJETIVOS**

##### **3.1.1 Objetivo Geral**

Conceber, implantar e avaliar uma Unidade Didática sobre o ensino de gráficos da Cinemática, fazendo uso de recursos lúdicos e tecnologias computacionais, fundamentada nas teorias de Ausubel e Vigotski.

##### **3.1.2 Objetivos específicos**

1. Criar situações de ensino/aprendizagem que favoreçam a aprendizagem significativa, através de atividades que estimulem a predisposição do aluno em aprender;
2. Utilizar a plataforma microcontrolada Arduino, visando instigar o raciocínio lógico, ligados à Matemática e à Física, e o pensamento abstrato;
3. Identificar o conhecimento prévio do aluno sobre gráficos;
4. Desenvolver atividades que auxiliem a superação de dificuldades na construção e interpretação de gráficos;
5. Promover a construção, análise e interpretação de gráficos em outras áreas de conhecimento.

### 3.2 LOCAL DE APLICAÇÃO E PÚBLICO ALVO

A Unidade Didática proposta foi desenvolvida na Escola Estadual de Ensino Médio Jerônimo Mércio da Silveira, no município de Candiota, RS. A escola (Figura 4) oferece à comunidade todas as etapas da educação básica em ensino regular, com Ensino Médio nos turnos da manhã e noite e Ensino Fundamental à tarde. Dentro do programa de reestruturação do Ensino Médio, proposto pela SEDUC-RS (RIO GRANDE DO SUL, 2011), a escola desenvolve a modalidade de Ensino Médio Politécnico, que contempla um espaço para integração curricular chamado Seminário Integrado. O Seminário Integrado disponibiliza três horas/aula semanais no 1º ano do Ensino Médio, para o desenvolvimento de projetos que privilegiem a cooperação, a solidariedade e o protagonismo dos estudantes. Orienta-se que os projetos envolvam o coletivo dos professores na sua organização e elaboração de forma a permitir a integração e o diálogo entre as áreas de conhecimento durante sua execução.

Figura 4 – Fachada principal da escola Jerônimo Mércio da Silveira em Candiota-RS.



Fonte: Foto do autor

Por entendermos que a superação de dificuldades de aprendizagem dos alunos deva ser levada em conta pelos professores das diversas áreas de conhecimento, desenvolvemos uma proposta de Unidade Didática composta por diferentes estratégias de ensino voltadas à aprendizagem significativa de conhecimentos básicos de Matemática, fundamentais para o entendimento de conceitos de Física, fazendo a aplicação, num segundo momento, desses conhecimentos, na construção e interpretação de gráficos da Cinemática.

Pela experiência que tivemos no desenvolvimento do Seminário Integrado em 2012, percebemos a importância de destinar as aulas iniciais do curso para a socialização dos possíveis temas de pesquisa, sendo a decisão, uma escolha consensual entre a maioria dos alunos. Procedimentos metodológicos de pesquisa também são introduzidos para que os

estudantes saibam como conduzir e estruturar sua pesquisa para finalmente socializar o conhecimento produzido, quando da apresentação dos seminários.

Implantamos os dois módulos da Unidade Didática após as aulas introdutórias sobre os fundamentos do Ensino Politécnico e a importância do Seminário Integrado. O **Primeiro Módulo** abordou o estudo do plano cartesiano e foi desenvolvido ao longo de duas semanas, totalizando 09 horas/aula de trabalho. A aplicação do **Segundo Módulo** Didático, destinado à construção e interpretação de gráficos da Cinemática, foi aplicado nas três semanas seguintes, totalizando 11 horas/aula. Finalizando a Unidade Didática, procedeu-se o acompanhamento dos projetos desenvolvidos pelas diferentes áreas de conhecimento, examinando a forma de aplicação e o uso de gráficos em pesquisas realizadas pelos alunos.

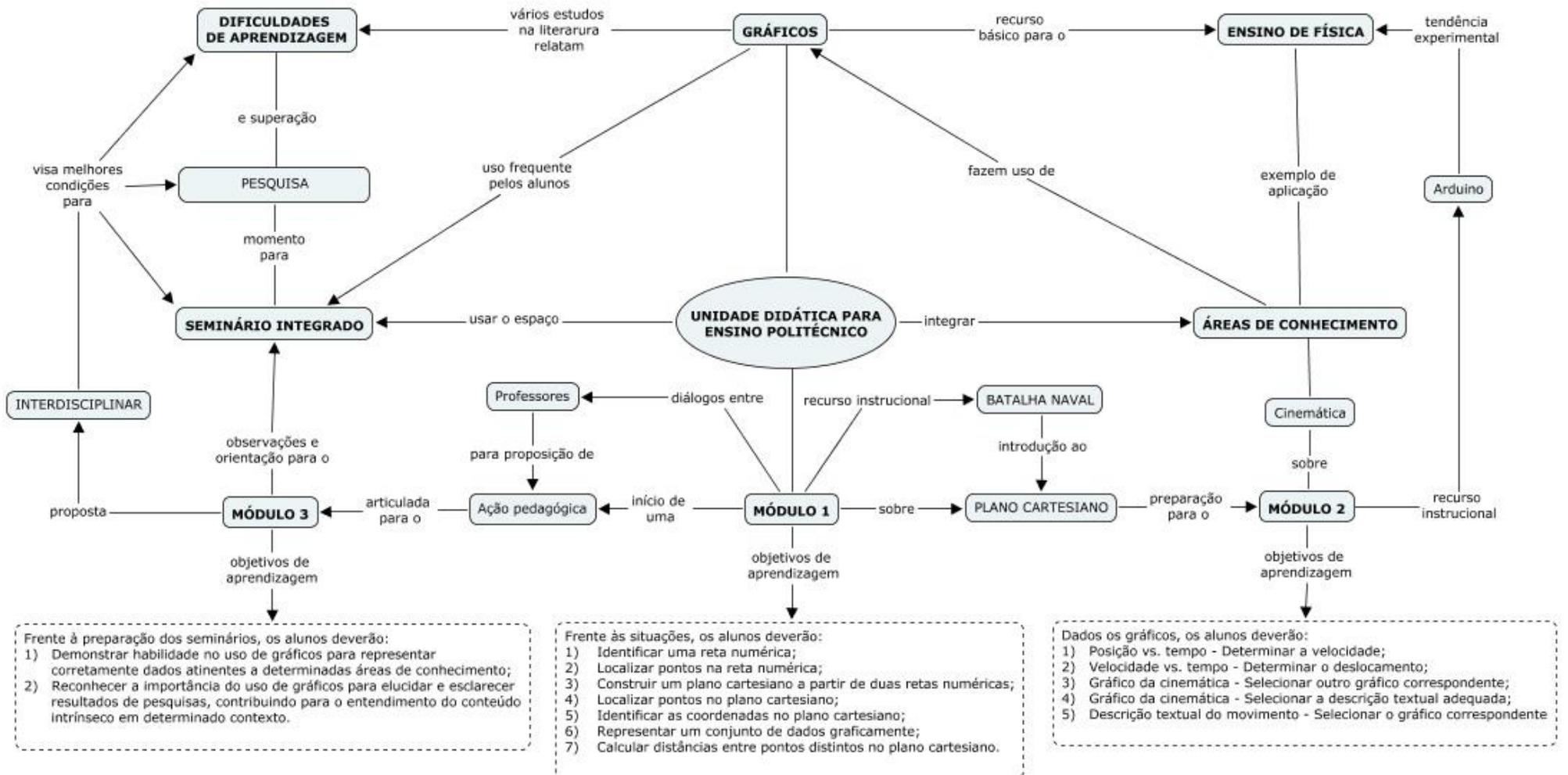
Participaram desse trabalho 39 estudantes de duas turmas de 1º ano do Ensino Médio do turno da manhã. Uma turma era composta por 22 estudantes (Turma 100) e a outra 17 (Turma 101). Em ambas as turmas a faixa etária dos estudantes era de 14 a 16 anos e todos tinham dedicação exclusiva aos estudos.

Um esquema do desenvolvimento da Unidade Didática é apresentado na Figura 5, a qual ilustra sua estruturação em módulos, com os respectivos objetivos de aprendizagem. Mostramos também a ideia de aplicação dos módulos didáticos e a articulação interdisciplinar sugerida na proposta.

No primeiro módulo usamos como recurso instrucional o jogo batalha naval, que serve como introdução ao estudo do plano cartesiano, o qual formará a base conceitual para o segundo módulo didático, relacionado ao estudo de gráficos em Cinemática. Este módulo utiliza a plataforma microcontrolada Arduino como recurso instrucional.

O esquema ressalta as possibilidades de uso da Unidade Didática para a superação de dificuldades de aprendizagem na interpretação e construção de gráficos da Cinemática e seu potencial de articulação com outras áreas do conhecimento.

Figura 5 – Esquema do desenvolvimento da Unidade Didática.



Fonte: Esquema desenvolvido pelo autor

### 3.3 USO DE TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO: MOTIVAÇÃO E INCENTIVO PARA ALUNOS E PROFESSORES

Tecnologias computacionais estão presentes em praticamente todos os setores da sociedade contemporânea, sendo o domínio de habilidades para lidar e tirar o melhor proveito desses recursos um fator de êxito no convívio social e profissional. Nesse contexto, o computador tornou-se uma importante ferramenta de uso cotidiano, estando cada vez mais presente em sala de aula como aliado no processo de ensino-aprendizagem dos mais variados conteúdos, em todos os níveis de ensino.

Por sua vez, a incorporação de plataformas reprogramáveis na montagem de experimentos é um recurso que desperta a curiosidade e o interesse dos estudantes em aprender os conceitos que se queira trabalhar (WRASSE *et al.*, 2013). Para aplicação da proposta didática foram construídos cinco carrinhos, com o auxílio dos bolsistas do subprojeto Física do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID), que também atuaram como monitores durante as aulas em que ela foi desenvolvida. Conforme descrito no capítulo 2 desta dissertação, os carrinhos utilizados neste trabalho foram adaptados a partir de projeto executado por Wrasse *et al.* (2013). A figura 6 mostra a construção dos carrinhos automatizados, por um bolsista do PIBID, no laboratório de Física da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), campus Bagé-RS.

Figura 6 – Construção dos carrinhos automatizados utilizados nas aulas.



Fonte: Foto do autor

No modelo utilizado por nós, a plataforma reprogramável Arduino foi associada a sensores infravermelhos, permitindo aos carrinhos percorrerem distâncias pré-determinadas em certos intervalos de tempo com velocidades variadas, que o próprio aluno poderia escolher através do controle remoto. Para desenvolvimento do *software* que permitiu a automação dos

carrinhos contamos com a colaboração de um aluno do curso de engenharia da computação da UNIPAMPA, campus Bagé-RS, o qual desenvolveu também, a adaptação de carrinhos encontrados no comércio local para uso com controle remoto. Os detalhes da construção e automação dos carrinhos utilizados nesta pesquisa são apresentados no Anexo 1 e foi objeto da realização de uma oficina oferecida aos alunos do PIBID que participaram da pesquisa e a professores interessados em trabalhar com a plataforma Arduino. A figura 7 registra momentos da participação de alunos e professores na oficina de montagem dos carrinhos.

Figura 7 – Participação na oficina de montagem dos carrinhos automatizados.



Fonte: Foto do autor

### 3.4 O DESENVOLVIMENTO DOS MÓDULOS DIDÁTICOS: PROPOSTA E OBJETIVOS

Para a consecução dos objetivos da Unidade Didática planejamos o desenvolvimento das aulas em um nível crescente de dificuldades, propiciando uma diferenciação progressiva seguida de uma reconciliação integradora, conforme aceção de aprendizagem de Ausubel (MOREIRA, 2011). Considerando este pressuposto, usamos no **Primeiro Módulo** um recurso didático adaptado da literatura, partindo de situações lúdicas com o objetivo de estimular a predisposição do aluno em aprender e de promover condições favoráveis à aprendizagem significativa.

Inicialmente, aplicamos um pré-teste à turma para obtermos dados sobre os conhecimentos prévios dos alunos referentes à análise e interpretação de gráficos. A partir desses dados, conduzimos nossa estratégia didática, conforme a ideia de aprendizagem significativa de Ausubel. Na sequência deste Primeiro Módulo, os alunos jogaram uma batalha naval (Apêndice C) para, a partir de uma competição entre duas equipes compostas por duplas, desenvolvessem um trabalho baseado na interação. A interação entre as duplas

tem por objetivo fazer com que o aluno mais qualificado possa auxiliar o colega que estiver entendendo menos, conforme aceção de aprendizagem de Vigotski. O objetivo dessa atividade foi trazer à tona os conhecimentos prévios dos estudantes relacionados ao sentido de orientação e representação de objetos em um plano. Ao serem trabalhados os conceitos de reta numérica, sistema de eixos cartesianos e localização de pontos no plano cartesiano, esperava-se que os alunos ancorassem os conhecimentos novos aos conhecimentos prévios (subsunçores).

Concluindo este Primeiro Módulo, realizamos uma aplicação prática no pátio da escola, com o objetivo de consolidar os conhecimentos adquiridos na atividade 1. Os objetivos de aprendizagem e as atividades desenvolvidas neste módulo estão descritas no quadro nº 2.

Quadro 2- Recursos utilizados e objetivos do primeiro módulo didático.

<b>Atividades e objetivos do primeiro módulo didático</b>		
<b>Descrição da Atividade</b>	<b>Objetivos de aprendizagem</b> Os alunos deverão:	<b>Aulas</b>
<b>Atividade 1 – Realização do pré-teste e jogo batalha naval</b>		
Apresentação da atividade à turma, aplicação do pré-teste e realização do jogo.	1.1 Demonstrar habilidade espacial na locação de objetos em um plano, bem como a capacidade de abstração, relacionando o jogo com o plano cartesiano.	1 e 2
Retomada do jogo e realização de um desafio.		3 e 4
<b>Atividade 2 – Consolidando o plano cartesiano</b>		
Discussão dos conteúdos formais do plano cartesiano, revisão conceitual e histórica; Apresentação de um desafio para resolução.	1.2 Identificar os conceitos de reta numérica, eixos ortogonais e plano cartesiano, além de reconhecer as coordenadas de pontos distintos no plano cartesiano; 1.3 Interpretar e demonstrar habilidade na locação de pontos no plano frente a um problema proposto.	5 e 6
Aplicação prática no pátio da escola: a partir de um plano cartesiano desenhado na quadra de esportes; Simulação de uma jogada de futebol, estratégia para cálculo de distâncias entre pontos no plano cartesiano.	Trabalhar colaborativamente, no intuito de: 1.4 Identificar pontos e reconhecer coordenadas no plano cartesiano; 1.5 Calcular distâncias entre pontos no plano cartesiano.	7, 8 e 9

Fonte: Desenvolvido pelo autor

A aplicação da Unidade Didática teve continuidade com o desenvolvimento do **segundo módulo**, que previu o uso de novas tecnologias como recurso facilitador ao ensino e aprendizagem de gráficos da Cinemática. Nesse segundo módulo foi utilizado o carrinho

automatizado, a partir da plataforma microcontrolada Arduíno. Os recursos utilizados neste módulo e os objetivos de aprendizagem são apresentados no quadro nº 3.

Quadro 3- Recursos utilizados e objetivos do segundo módulo didático.

<b>Atividades e objetivos do segundo módulo didático</b>		
<b>Descrição da Atividade</b>	<b>Objetivos de aprendizagem</b> Os estudantes deverão:	<b>Aulas</b>
<b>Atividade 3 – Utilizando o carrinho automatizado</b>		
Apresentação do carrinho, tecendo considerações sobre o Arduíno e novas tecnologias, abrindo espaço para discussão sobre a proposta de trabalho.	2.1 Expressar expectativas e sugestões para a realização das atividades; 2.2 Relacionar os diferentes movimentos realizados pelo carrinho com os respectivos gráficos da cinemática, identificando o gráfico que represente o movimento realizado;	10
Utilização do carrinho em diferentes velocidades, colocando o desafio da identificação dos movimentos através de gráficos.	2.3 Coletar corretamente dados de tempo e posição;	11
Através da observação do movimento do carrinho e da coleta de dados, promover a construção dos respectivos gráficos pelos grupos.	A partir dos dados coletados: 2.4 Construir e interpretar o gráfico da posição vs. tempo;	12
	2.5 Construir e interpretar o gráfico da velocidade vs. tempo;	13
Retomada da construção dos gráficos, procurando esclarecer dúvidas. Apresentação de gráficos de Cinemática relativos a diferentes movimentos.	A partir dos gráficos recebidos: 2.6 Reproduzir a velocidade com o carrinho; 2.7 Reconhecer e produzir a variação na velocidade;	14
		15
Realização do pós-teste	2.8 Demonstrar habilidade de análise e interpretação de gráficos, através da resolução dos problemas propostos.	16
Apresentação dos carrinhos pré-programados com diferentes velocidades e sentido de deslocamento.	2.9 Reconhecer os diferentes tipos de movimento, associando aos respectivos gráficos da posição vs. tempo; construir o gráfico da velocidade vs. tempo correspondente;	17
	2.10 Proceder à descrição verbal e/ou textual do movimento.	18
Utilização da plataforma Arduíno com sensor ultrassônico para construção de gráficos do movimento em tempo real	2.11 Interpretar e expressar dados constantes em gráficos do movimento uniforme; construir estes gráficos, a partir de determinado movimento.	19
		20

Fonte: Desenvolvido pelo autor

Concluindo a Unidade Didática, realizamos o acompanhamento dos projetos desenvolvidos pelos estudantes na execução dos Seminários Integradores, verificando o potencial de aplicação de gráficos. Para tal, buscou-se identificar o emprego de gráficos em

suas pesquisas, bem como sua abrangência interdisciplinar nas diferentes áreas de conhecimento.

### 3.5 METODOLOGIA DIDÁTICA E INSTRUMENTOS DE MEDIDA DA PROPOSTA

Ancorados nos fundamentos da teoria de Ausubel sobre aprendizagem significativa e de Vigotski, sobre a interação social, Dorneles (2010) e Araujo, Moreira e Veit (2002) citam o uso de um método, os quais denominam de *colaborativo presencial*, caracterizado pela participação ativa dos alunos nas atividades. O referido método adequa-se aos objetivos deste trabalho e foi usado durante o desenvolvimento da Unidade Didática.

Fizemos no início de cada aula uma pequena explanação sobre os conceitos físicos envolvidos nos assuntos em pauta, os quais foram “progressivamente diferenciados em termos de detalhes e especificidades durante o restante da aula, com a participação ativa dos alunos reunidos em pequenos grupos” (DORNELES, 2010, p.100). Este procedimento caracteriza a diferenciação progressiva, proposta por Ausubel. No início da aula seguinte é feita a reconciliação integrativa, quando os resultados obtidos na aula anterior são comentados pelo professor e discutidos no grande grupo.

Situações de interação social que conduzam à aprendizagem foram desenvolvidas ainda, através da dinâmica de participação das atividades em aula. Os alunos formaram pequenos grupos (três a cinco integrantes), recebendo guias e desafios para trocarem opiniões e conhecimentos. Durante essa dinâmica tiveram que proceder a uma negociação de significados, para entregar uma única solução (do grupo) das questões solicitadas.

A avaliação foi realizada ao longo das aulas, utilizando-se as respostas aos desafios propostos como instrumentos de análise, a observação do professor, bem como o cruzamento de dados registrados no início das atividades com aqueles obtidos ao final das mesmas.

Uma análise quantitativa do desempenho dos estudantes foi realizada através de pré e pós-testes, aplicados no início e ao final da proposta didática, cujos resultados estão disponibilizados no capítulo destinado à análise e discussão dos resultados da pesquisa. Além desses testes, foi realizada uma análise qualitativa do desempenho dos alunos usando outras fontes de dados, tais como: materiais produzidos pelos alunos em aula, notas de campo e entrevistas semiestruturadas.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente capítulo são apresentados os resultados da aplicação da unidade didática, contendo uma análise quantitativa relacionando os resultados do pré e pós-teste. A análise quantitativa será complementada com uma análise qualitativa sobre o desempenho dos estudantes em relação aos objetivos de aprendizagem apresentados nos quadros 2 e 3, a partir dos relatos das atividades desenvolvidas em cada aula.

### 4.1 ANÁLISE QUANTITATIVA

Conforme mencionamos no capítulo anterior, foi aplicado um pré-teste (Apêndice A) no início das atividades, com o objetivo de conhecer as concepções alternativas e mensurar o nível de conhecimentos dos alunos sobre interpretação e análise de dados expressos através de gráficos, além de levantar dificuldades apresentadas pelos estudantes. As informações obtidas com a realização do pré-teste foram utilizadas no planejamento das aulas durante a aplicação dos módulos.

O teste foi elaborado com questões que envolveram situações vivenciais dos alunos, reunindo dados expressos através de diferentes tipos de gráficos. Algumas questões das últimas edições do ENEM (2011 e 2012), englobando diferentes áreas de conhecimento e que exigiam a interpretação de gráficos, foram adaptadas e utilizadas nos testes. O teste serviu, também, como um instrumento de avaliação individual, constituindo um dos diversos instrumentos de avaliação da unidade didática. No primeiro encontro com a turma aplicamos o pré-teste e, no oitavo encontro, o pós-teste.

Com a aplicação dos testes buscou-se analisar a fidedignidade do instrumento no que se refere à estabilidade, à reprodutibilidade, à precisão das medidas com ele obtidas, isto é, ao grau de consistência dos valores medidos. Uma maneira de se estimar o coeficiente de fidedignidade é decompondo a variância do escore total em uma parcela atribuída ao que há de comum entre os escores parciais e outra parte ao erro da medida. A estimativa desta parcela fidedigna comum aos itens do teste pode ser quantificada pelo coeficiente alfa de Cronbach (CRONBACH, 1951, *apud*. MOREIRA e SILVEIRA, 1993). O valor mínimo aceitável para um coeficiente de fidedignidade dependerá da utilização que se fará com os escores gerados pelo instrumento. Quando se deseja utilizar esses escores para comparar grupos em médias, como no presente caso, pode-se tolerar coeficientes com valores iguais ou superiores à 0,7 (*op. cit.*, p.83). No Quadro 4 observa-se que o pós-teste alcançou um

coeficiente alfa de Cronbach satisfatório (0,72). O índice baixo no pré-teste (0,63) ocorreu devido aos escores baixos dos alunos, apresentando baixa variabilidade.

Em termos de médias, após a aplicação da proposta didática às turmas, tivemos a seguinte evolução no desempenho, mostrado no Quadro 4.

Quadro 4 - Evolução no desempenho das turmas entre o pré e o pós-teste.

Turma 100 (22 alunos)						Turma 101 (17 alunos)					
Pré-teste			Pós-teste			Pré-teste			Pós-teste		
Média	Desvio Padrão	Desvio Padrão da média	Média	Desvio Padrão	Desvio Padrão da média	Média	Desvio Padrão	Desvio Padrão da média	Média	Desvio Padrão	Desvio Padrão da média
5,00	2,18	0,47	6,27	1,96	0,42	4,71	2,20	0,53	5,24	1,92	0,47
Média geral do Pré-teste (Turma 100 + Turma 101)									<b>4,87</b>		
Desvio Padrão geral do Pré-teste									2,17		
Desvio Padrão geral do Pré-teste da média									0,35		
Média geral do Pós-teste (Turma 100 + Turma 101)									<b>5,87</b>		
Desvio Padrão geral do Pós-teste									2,17		
Desvio Padrão geral do Pós-teste da média									0,32		
Nível de significância estatística entre as médias dos pré e pós-testes considerando as duas turmas (39 alunos)									Menor que 0,01 (t = 2,98)		
Coeficiente de fidedignidade do pré-teste									0,63		
Coeficiente de fidedignidade do pós-teste									0,72		

Fonte: Desenvolvido pelo autor

Embora o nível de significância estatística seja inferior a 0,01 (probabilidade inferior a 1% de que a diferença entre as médias do pré e pós-teste tenha ocorrido por acaso) esperávamos uma média superior nos pós-teste, pois os alunos participavam ativamente das atividades e demonstravam entendimento dos processos de coletas de dados, construção e interpretação de gráficos, conforme os relatos que passamos a discutir.

## 4.2 REFLEXÃO SOBRE AS ATIVIDADES REALIZADAS

Esta seção é dedicada à descrição e à análise qualitativa dos resultados obtidos nas atividades desenvolvidas ao longo das aulas. Ao descrevermos o trabalho realizado em cada uma, fazemos uma análise reflexiva sobre o desempenho dos estudantes em relação aos objetivos de aprendizagem previstos em nossa proposta. Para cada atividade desenvolvida, os alunos receberam um guia de orientação, que norteava a dinâmica da execução das tarefas através de questões e desafios, de modo a permitir traçar o perfil do seu desempenho.

Como critério para análise das respostas dos estudantes às questões e desafios apresentados foi estabelecido um sistema que permitisse a avaliação da proposta a partir da interpretação das respostas dos grupos. Para aqueles guias em que as questões permitiam uma análise tanto quantitativa como qualitativa, as respostas dos grupos foram categorizadas em respostas esperadas (RE), respostas parciais (RP), respostas inadequadas (RI) e respostas em branco (RB). A avaliação qualitativa da participação e do envolvimento dos grupos na execução das tarefas é realizada a seguir, durante a apresentação dos resultados. No Quadro 5, ao final desse capítulo, fazemos uma síntese das distribuições de respostas por guia analisado.

Cabe salientar que cada encontro teve a duração de duas aulas de 50 minutos cada, com exceção do encontro 4, que foi realizado em três aulas de 50 minutos e o encontro 8, realizado em uma hora-aula. Segundo descrito no capítulo três desta dissertação, a Unidade Didática apresentada nesta pesquisa é composta por dois módulos didáticos. O primeiro módulo foi aplicado nos quatro primeiros encontros e o segundo nos cinco encontros subsequentes, sendo realizado no decorrer do ano letivo o acompanhamento dos seminários integrados, verificando-se o potencial para o uso de gráficos nas pesquisas desenvolvidas pelos estudantes. Segue então a discussão sobre esses encontros.

#### **4.2.1 Atividade 1 (aulas 1 e 2): Aplicação do pré-teste e jogo batalha naval**

No primeiro encontro foi apresentado aos alunos o projeto que seria desenvolvido, detalhando a dinâmica proposta para as aulas, seu objetivo geral e a importância da pesquisa na busca de alternativas didáticas que favoreçam a aprendizagem dos conteúdos de Física. Nessa oportunidade, foi distribuído um termo de consentimento para que pais ou responsáveis autorizassem a participação dos alunos na pesquisa sobre a aplicação da proposta desenvolvida entre os meses de junho a setembro de 2013 (Apêndice B).

Após a apresentação do projeto, foi aplicado o pré-teste (Apêndice A), com o objetivo de conhecer as concepções dos estudantes em relação à análise e interpretação de dados constantes em gráficos e considerar esses conhecimentos prévios durante a aplicação da proposta didática. Os resultados obtidos na aplicação do pré-teste foram apresentados no Quadro 4, da seção anterior a este capítulo.

Na sequência, foi apresentado aos estudantes o jogo batalha naval, para que em duplas, desenvolvessem uma competição entre equipes. A dinâmica da aula foi detalhada em um guia específico para esta atividade, distribuído aos alunos (Apêndice C).

O objetivo desta atividade lúdica foi promover condições favoráveis à aprendizagem significativa, instigando os estudantes a trabalharem com locação de objetos em um plano cartesiano, conforme objetivos de aprendizagem 1.1 do Quadro 2 da proposta didática “demonstrar habilidade espacial na locação de objetos em um plano, bem como a capacidade de abstração, relacionando o jogo com o plano cartesiano”. Nesse primeiro encontro os alunos se mostraram receptivos e entusiasmados em realizar a atividade.

A figura 8 mostra os alunos jogando batalha naval em sala de aula.

Figura 8- Realização do jogo batalha naval - turma 100 e turma 101



Fonte: Foto do autor

#### 4.2.2 Atividade 1 (aulas 3 e 4): Retomada do jogo e realização de um desafio

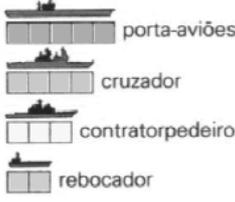
Aproveitando a motivação demonstrada pelos alunos no encontro anterior, continuamos a realização do jogo batalha naval introduzindo a seguir um desafio (Apêndice D), com o objetivo de trazer à tona os conhecimentos prévios dos alunos relacionados ao sentido de orientação e representação de objetos em um plano. Neste desafio, os alunos foram instigados a abstraírem a locação de objetos em um plano cartesiano e argumentar sobre a importância de um sistema de coordenadas.

A atividade 1 esteve relacionada ao objetivo de aprendizagem 1.1 do Quadro 2. Além de possuir caráter motivacional, essa atividade visou fazer com que os estudantes incorporassem conhecimentos prévios ou *subsunçores* para a realização das próximas. A atividade foi concluída com a realização de um desafio (Apêndice D), cujas respostas examinamos a seguir a partir dos objetivos propostos.

As tarefas solicitadas estavam relacionadas com a dinâmica e o raciocínio estimulado durante o jogo batalha naval, os quais deveriam aos poucos ser transpostos para o entendimento dos conceitos de coordenadas no plano cartesiano. A Figura 9 mostra um recorte do desafio trabalhado nesta atividade.

Figura 9 – Recorte do desafio trabalhado na atividade 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A										
B										
C										
D										
E										
F										
G										
H										
I										
J										



porta-aviões  
cruzador  
contratorpedeiro  
rebocador

Fig. 1 – cartela para realização do desafio 01.

Para estabelecer as coordenadas dos pontos solicitados considere que o número deve ser o primeiro elemento do par. A letra, será o segundo elemento do par ordenado. Como por exemplo: (1,A). Sendo assim, responda:

1) Quais as posições ocupadas pelo seu porta-aviões?

Fonte: Adaptado de Prescott *et al.* (2005)

O desafio levou os alunos a pensar sobre sistemas de coordenadas e locação de pontos em um plano cartesiano. Nas orientações, não se mencionava ainda os termos “abscissa” e “ordenada”, mas dizia-se que para locação dos pontos o primeiro elemento do par ordenado deveria ser o número e o segundo, a letra. Algumas questões envolviam a locação correta de pontos de determinadas coordenadas e outras, o estabelecimento das coordenadas de pontos situados no plano. No final os alunos deveriam escrever sobre a importância de um sistema padrão de referência e quantas referências necessitavam para locar um ponto no plano.

Analisando as respostas dos grupos, constatou-se que a maior parte dos alunos soube usar um sistema de coordenadas para identificar a posição de um ponto no plano. Esta tarefa foi realizada logo após o desenvolvimento do jogo batalha naval em que a turma estava dividida em dois grupos e os alunos reunidos em duplas, permanecendo assim distribuídos para a realização da tarefa. Considerando as duas turmas, 41 alunos formaram 20 duplas, sendo que um aluno preferiu resolver o desafio individualmente. Nesse guia cada dupla respondeu 6 questões, obtendo-se um total de 126 respostas.

As questões envolviam o posicionamento das embarcações, conforme dispostas na Figura 9. Na primeira questão, os estudantes deveriam estabelecer corretamente as coordenadas de um conjunto de cinco pontos no plano, os quais identificavam uma determinada embarcação constante no guia. Neste item tivemos 14 respostas julgadas como esperadas (RE – resposta esperada) e sete duplas responderam com algum tipo de inconsistência (RP – resposta parcial), inadequação (RI – resposta inadequada), ou não responderam (RB – resposta em branco), entre os quais destacamos:

- 01 dupla não respondeu a questão (RB);
- 01 dupla respondeu de forma inadequada à questão, citando coordenada que não se encontrava no plano (RI);
- 04 duplas não usaram a convenção estipulada para representar os pontos “(número, letra)”, mesmo locando corretamente os pontos (RP). Nesta questão, as respostas corretas eram as seguintes: (4,C); (5,C); (6,C); (7,C); (8,C). Exemplos de respostas com inconsistências apresentadas pelos alunos: *i*) “do C4 até o C8”; *ii*) “4C, 5C, 6C, 7C, 8C”; *iii*) “(C4), (C5), (C6), (C7), (C8)”; *iv*) “C-4, C-5, C-6, C-7, C-8”.
- 01 dupla locou corretamente quatro pontos, não citando as coordenadas do quinto ponto (RP).

Cada uma das duas questões seguintes (dois e três) estipulava um ponto a ser localizado no desenho. As duplas não tiveram dificuldade em localizar os pontos usando as coordenadas. Todos os grupos locaram o ponto corretamente, apresentando a resposta esperada (RE).

Três questões do desafio (quatro, cinco e seis) envolviam situações em que a partir de determinadas coordenadas, os estudantes deveriam identificar os pontos correspondentes. Nos 21 desafios respondidos, foram analisadas 63 questões, obtendo-se um total de 48 respostas adequadas e 15 respostas contendo algum tipo de inconsistência em relação ao que se propunha. Entre as dificuldades observadas nas respostas, destacam-se:

- Uma dessas questões (questão quatro) pedia que o mesmo procedimento fosse repetido com outro conjunto de coordenadas, sendo que seis duplas realizaram corretamente, mas apenas uma vez o procedimento (RP). A questão solicitava o seguinte: “Qual o número mínimo de “tiros” que seu adversário deve dar para afundar todos os seus rebocadores”?

Na Figura 10 temos em destaque, os dois “rebocadores” que deveriam ser identificados. As seis duplas citadas, identificaram adequadamente apenas um deles.

Figura 10 – Recorte do guia contendo os rebocadores (Apêndice D).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A										
B										
C										
D										

Fonte: Adaptado de Prescott *et al.* (2005)

- Nessa mesma questão, quatro duplas confundiram as coordenadas e não encontraram os pontos (RI);

Uma questão perguntava se 25 “tiros” ou “coordenadas” eram suficientes para localizar todos os pontos existentes no plano apresentado e cinco duplas não conseguiram responder corretamente. Nessa questão, entre as respostas corretas, uma dupla detalhou quantas coordenadas seriam suficientes para localizar o número exato de pontos. A Figura 11 mostra o reticulado contendo o total de embarcações que deveriam ser localizadas. Uma dupla especificou: “Ele pode até errar 4 tiros, pois com 21, ele afundará todos” (dupla B).

Figura 11 – Reticulado com embarcações do guia.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A										
B										
C										
D										
E										
F										
G										
H										
I										
J										

Fonte: Adaptado de Prescott *et al.* (2005)

Na última questão os alunos eram indagados sobre quantas referências foram utilizadas para indicar cada tiro e qual a importância de se utilizar referências padrão. Algumas respostas dos grupos sugerem o entendimento por parte dos estudantes.

- 2 referências, pois se fosse apenas 1 letra ou 1 número não se saberia a posição certa; (dupla D).
- 2 pontos de referência, pois se fosse uma letra ou só um número não saberia sua localização; (dupla G).
- Para facilitar a indicação de cada ponto; (dupla J).
- Para facilitar a localização dos pontos; (dupla C).
- Para chegar ao ponto correto; (dupla K).

Nesta questão, cinco duplas confundiram o número de referências necessárias para indicar cada ponto e responderam “21 coordenadas”, que era o número de referências necessárias para identificar todos os pontos.

Nesta primeira atividade do primeiro módulo didático, desenvolvida nas quatro primeiras aulas, foram realizadas tarefas que tiveram o objetivo de criar condições para a aprendizagem significativa sobre plano cartesiano, seja pela pré-disposição do aluno em aprender ou pela ativação de conhecimentos prévios (subsunçores) em que os estudantes pudessem ancorar novos conhecimentos. Essas atividades propiciaram condições à aprendizagem significativa sobre gráficos de Cinemática, objeto de estudo que viria a seguir. Analisando o desempenho dos estudantes na realização dos desafios e o envolvimento dos mesmos na realização das tarefas, podemos inferir que os objetivos previstos para a primeira atividade deste módulo didático foram plenamente atingidos.

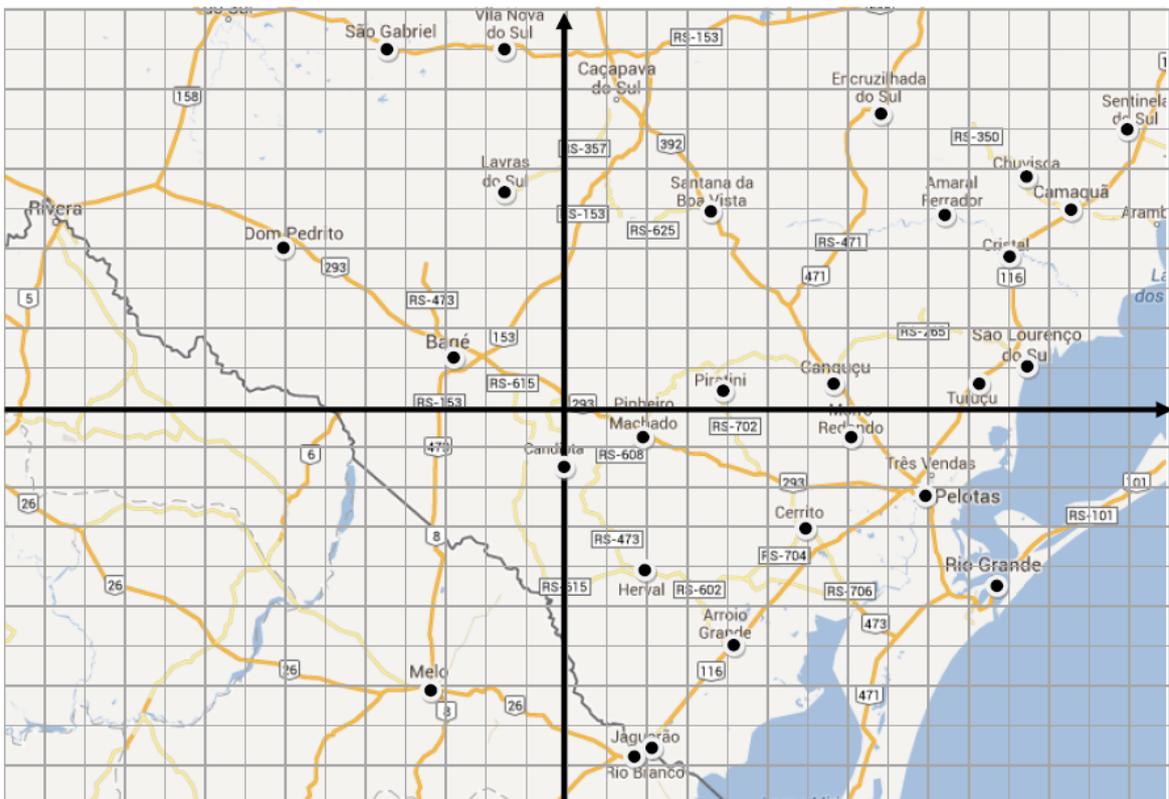
#### **4.2.3 Atividade 2 (aulas 5 e 6): Consolidando o Plano Cartesiano**

O terceiro encontro teve início com uma revisão conceitual, fazendo-se também uma abordagem histórica sobre René Descartes (FERREIRA *et al.* 2012) e a construção de um plano cartesiano. Esta revisão visou preparar os estudantes para a atividade 2, que teve por objetivo conduzir os alunos ao entendimento do plano cartesiano, partindo das retas que formam os eixos, a identificação do sistema de coordenadas cartesianas e o cálculo de distâncias entre pontos em um plano bidimensional (Ver objetivos de aprendizagem 1.2, 1.3, 1.4 e 1.5, do quadro 2).

Nesta abordagem conceitual, procuramos observar os princípios da *Diferenciação Progressiva e a Reconciliação Integrativa*, propostos por Ausubel (MOREIRA, 2011). Nesse sentido, apresentamos no início da atividade os conceitos mais gerais e inclusivos, os quais aos poucos foram sendo diferenciados em seus pormenores e especificidades. Já a reconciliação integrativa foi explorada na medida em que inicialmente se debateu as principais ideias trabalhadas na atividade anterior, buscando apontar similaridades e diferenças importantes. Na primeira parte da atividade 2 foram trabalhados os conceitos de reta numérica e locação de pontos no plano cartesiano. As tarefas foram especificadas em um guia (Apêndice E), o qual continha um sistema de eixos cartesianos inserido em um recorte do mapa da região sudoeste do RS (Figura 12). Nesse mapa, os alunos deveriam local e/ou identificar as cidades ou pontos sugeridos, os quais foram explorados em nove questões. Na sequência, o guia continha três questões em que utilizamos figuras inseridas no plano cartesiano com o objetivo de serem calculadas distâncias entre pontos distintos.

Nesta atividade, 38 alunos formaram 13 grupos de trabalho, sendo 12 trios e uma dupla. Na primeira parte do guia constavam nove questões. Em cinco delas, solicitava-se que os alunos estabelecessem as coordenadas de determinados pontos designados no mapa da região e nas outras quatro questões, que identificassem no mapa os pontos correspondentes às coordenadas citadas.

Figura 12- Recorte do mapa da região Sudoeste do RS, utilizado para locação de pontos e coordenadas



Fonte: Adaptado pelo autor a partir de: <https://www.google.com.br/maps>.

Nas primeiras cinco questões, os 13 grupos de alunos responderam um total de 65 perguntas, obtendo 36 respostas adequadas (RE) e 29 respostas com algum tipo de inconsistência (RP) ou (RI). Os principais erros ou inconsistências apresentados pelos alunos foram:

- A inversão dos elementos na representação das coordenadas “(y, x)” ocorreu em onze (11) respostas;
- Em nove (9) respostas houve erro no sinal (-, +) da coordenada;
- Em quatro (4) respostas houve a identificação de apenas uma das coordenadas (x, --), ou (--, y);

- O uso de nomenclatura não convencional para designar as coordenadas aconteceu em quatro (4) questões; ex.  $(3x, 1y)$ ,  $(x-7,4y)$ ;
- Em uma ocorrência a resposta apresentada estava totalmente inadequada.

Na sequência da atividade, quatro questões apresentavam coordenadas para que os estudantes localizassem os pontos “cidades” no recorte do mapa. Em um total de 52 cidades ou pontos para serem localizados, somente quatro (4) pontos não foram localizados corretamente.

A figura 13 apresenta a parte 1 deste guia de atividades, com exemplos de respostas corretas de um grupo de alunos:

Figura 13- Respostas adequadas dos alunos referente ao trabalho com o mapa.

**Parte 1:**  
 Você está recebendo um recorte do mapa da região sudoeste do RS, onde ocorre divisa com o Uruguai, no qual encontra-se um sistema de eixos cartesianos para que sejam identificadas coordenadas referentes à localização das cidades ou locais sugeridos, de acordo com as perguntas abaixo. A unidade de medida das coordenadas deverá ser centímetro.

1. Identifique as coordenadas da cidade de Dom Pedrito.  $(-4,4)$  ✓
2. Estabeleça as coordenadas da cidade de Bagé.  $(-2,8; 1,2)$  ✓
3. Identifique as coordenadas da cidade de Santana da Boa Vista  $(3,7; 4,9)$  ✓
4. Quais são as coordenadas da cidade de Candiota?  $(0,-1,5)$  ✓
5. Quais são as coordenadas da cidade de Cerrito?  $(6,-3)$  ✓
6. Identifique qual cidade localiza-se nas coordenadas  $(6,0; -3,0)$ . Cerrito ✓
7. Verifique que cidade encontra-se nas coordenadas  $(-7,0; 4,0)$ . Dom Pedrito ✓
8. Identifique qual cidade localiza-se nas coordenadas  $(2,0; -4,0)$ . Hexval ✓
9. Qual cidade localiza-se nas coordenadas  $(-3,2; -7,1)$ ? Melo ✓

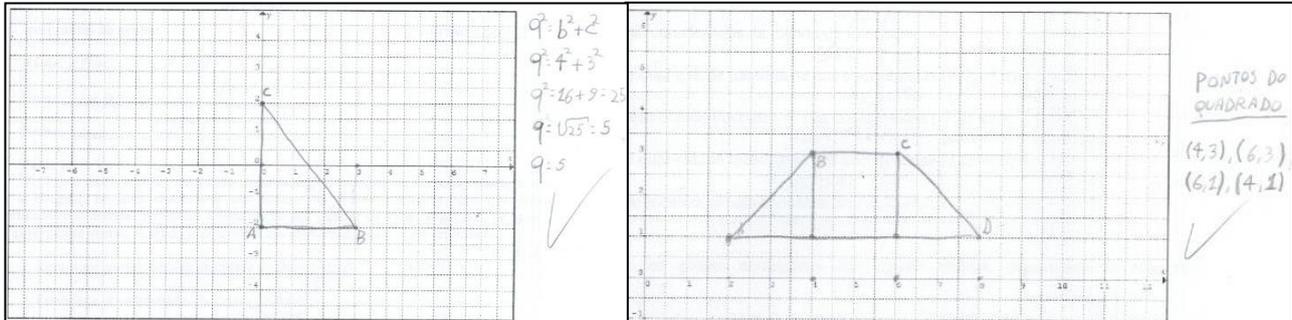
Fonte: Guias respondidos pelos alunos durante a atividade

Concluindo o guia, três questões continham planos cartesianos, nos quais eram solicitadas a identificação de pontos, o reconhecimento de coordenadas e o cálculo de distâncias. Estas questões também solicitavam quatro respostas de cada grupo, totalizando 52. Destas, 34 respostas foram adequadas e 18 possuíam alguma forma de inconsistência ou inadequação. Entre as principais inconsistências encontradas, destacamos:

- Dois grupos não calcularam corretamente a distância entre pontos na figura;
- Em duas respostas as coordenadas dos pontos foram citadas de forma invertida “ $(y, x)$ ”;
- Quatro grupos erraram a designação das coordenadas dos pontos solicitados;
- Três grupos não responderam às questões referente às figuras.

Na figura 14 apresentamos exemplos do cálculo da distância e locação de coordenadas feitas pelos alunos neste guia de atividades.

Figura 14 – Exemplos de cálculo da distância e locação de coordenadas em figuras feitas pelos estudantes



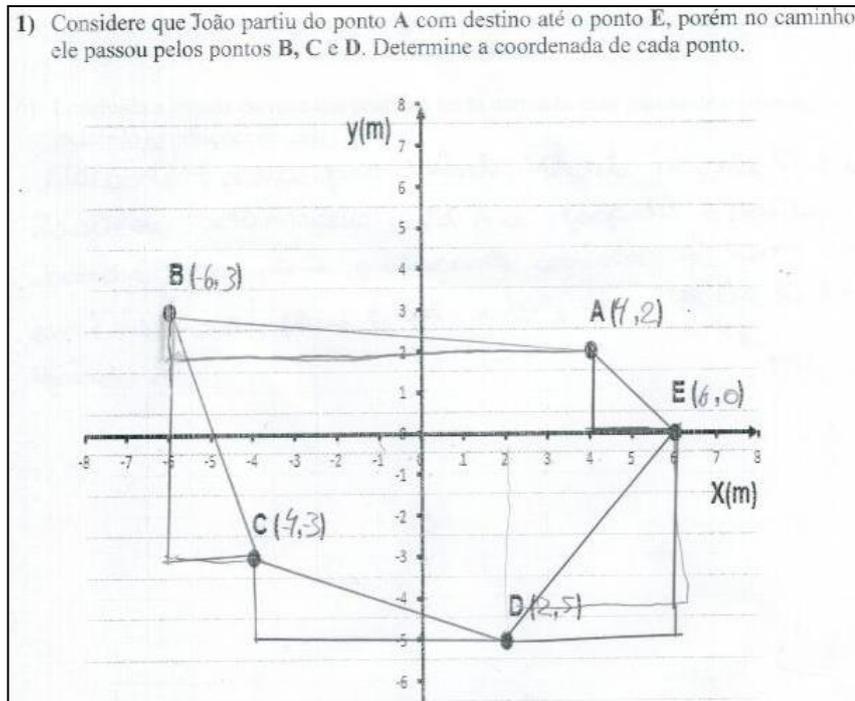
Fonte: Guias respondidos pelos alunos durante a atividade

#### 4.2.4 Atividade 2 - complementar - (aulas 7, 8 e 9): Consolidando o Plano Cartesiano

O quarto encontro foi desenvolvido em três horas/aula de 50 minutos cada e marcou o encerramento do primeiro módulo didático. Dando sequência à atividade 2, foi realizado no início da aula um debate sobre o que havia sido trabalhado na aula anterior, verificando o entendimento dos estudantes sobre o conteúdo estudado, relacionando ideias e corrigindo as discrepâncias encontradas (reconciliação integrativa). Nesta atividade complementar, os alunos receberam um guia (Apêndice F) contendo um plano cartesiano com quatro pontos delimitados e uma situação problema. O objetivo dessa atividade foi analisar o entendimento dos estudantes em relação aos conteúdos propostos nos objetivos de aprendizagem 1.3, 1.4 e 1.5 do quadro 2.

Para desenvolvimento do guia, os 39 alunos formaram sete grupos de cinco integrantes e um grupo com quatro. Na primeira parte do guia, os alunos deveriam estabelecer corretamente as coordenadas dos pontos no plano e discutir a melhor forma de calcular as distâncias entre os pontos. A figura 15 mostra o plano cartesiano apresentado aos alunos com os pontos demarcados e um exemplo das respostas apresentadas por um grupo, que realizou a atividade conforme o esperado.

Figura 15 – Locação de coordenadas no plano e cálculo de distâncias usando triângulos apresentado por um grupo de alunos



Fonte: Guias respondidos pelos alunos durante a atividade

Considerando a locação dos pontos, os oito grupos teriam 40 conjuntos de coordenadas para designar e houve apenas quatro coordenadas indicadas de forma inadequada, ocorrendo em todas elas inversão dos eixos no momento de designar a coordenada. Em relação ao cálculo das distâncias entre os pontos, todos os grupos conseguiram realizar a tarefa conforme o esperado.

Após determinar as coordenadas e calcular as distâncias, esta atividade previa a comprovação das medidas através da construção de um plano cartesiano desenhado na quadra de esportes da escola. Para desenhar esse plano, os grupos usaram cordas e trenas para locarem os pontos, fazerem a medição das distâncias e comparar os resultados obtidos em sala de aula. Os valores medidos na prática foram bem próximos daqueles calculados em sala. Somente um dos grupos não transcreveu no guia um dos valores medidos na atividade prática a fim de fazer a comparação com o valor calculado em sala de aula.

A figura 16 mostra um grupo de alunos utilizando as cordas e realizando as medições no plano cartesiano desenhado na quadra de esportes da escola.

Figura 16 – Alunos utilizando cordas e fazendo a medição das distâncias no plano cartesiano do pátio

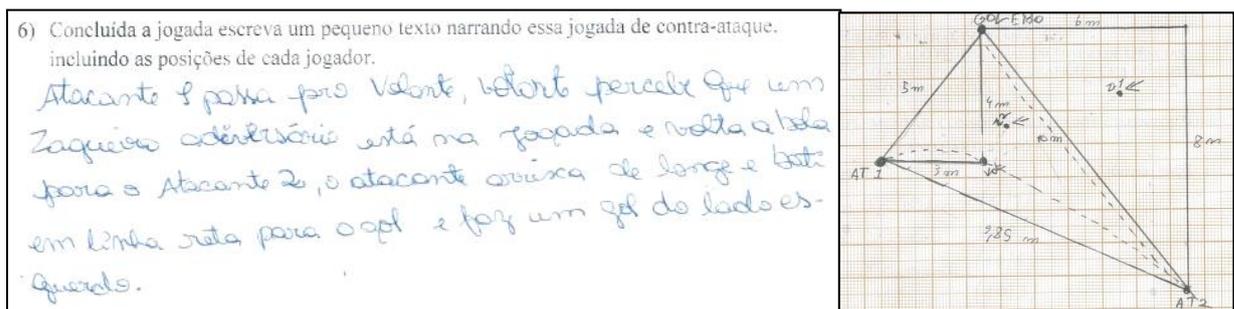


Fonte: Foto do autor

Concluindo as atividades deste primeiro módulo didático, foi estabelecida uma última tarefa com o objetivo de estimular a criatividade dos alunos em calcular distâncias entre pontos no plano cartesiano. Os grupos deveriam propor uma estratégia para uma jogada de ataque em uma partida de futebol em que eles poderiam concluir com o gol, ou com a defesa adversária impedindo o gol, calculando as distâncias entre os atacantes e/ou defensores e narrando o movimento destes atletas.

Através das diversas respostas elaboradas pelos grupos, pode-se concluir que os alunos se empenharam na busca de soluções para o problema proposto. Eles usaram combinações de figuras planas inseridas no plano cartesiano com o intuito de calcular as distâncias entre os jogadores. A maior parte dos grupos realizou essa atividade com êxito. Analisando as estratégias de ataques e/ou defesas criadas, observou-se o envolvimento das duas turmas em desenvolver as atividades com criatividade e espírito de grupo. Na figura 17 apresentamos exemplo da estratégia de ataque elaborada de forma criativa por um grupo de alunos e o desenho utilizado para calcular as distâncias.

Figura 17 – Estratégia de ataque elaborada por um grupo e figura usada para o cálculo das distâncias.



Fonte: Guias respondidos pelos estudantes durante as atividades

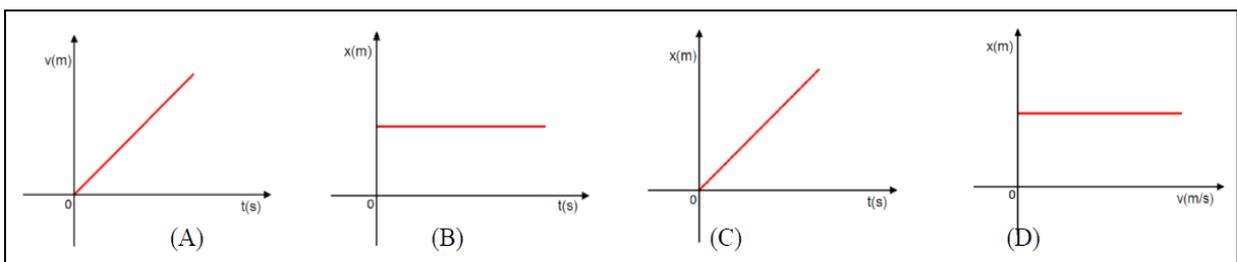
Ao encerrar este primeiro módulo didático, podemos inferir que os objetivos de aprendizagem previstos foram atingidos, propiciando condições para um melhor entendimento do estudo de gráficos da Cinemática, objeto de estudo do próximo módulo didático. A utilização do jogo batalha naval e a introdução dos conceitos relativos ao Plano Cartesiano, trabalhados neste primeiro módulo, foram importantes para a identificação de determinadas dificuldades de aprendizagem dos alunos, tais como: o uso de nomenclaturas pré-determinadas, inversão dos eixos ao estabelecer as coordenadas, não observância do sinal (+,-) dos pares ordenados e dificuldade de localizar o zero, quando ele faz parte da coordenada.

#### 4.2.5 Atividade 3 - (aulas 10 e 11): Utilizando o carrinho automatizado

O quinto encontro marcou o início do 2º módulo didático da unidade didática, caracterizada pela utilização de carrinhos automatizados (Anexo A) como recurso facilitador ao ensino-aprendizagem de gráficos da Cinemática. Inicialmente, foram apresentados os carrinhos aos alunos, tecendo consideração sobre a plataforma microcontrolada Arduino e a crescente utilização do computador como ferramenta de uso cotidiano e, como aliado no ensino-aprendizagem dos mais variados conteúdos em sala de aula, em todos os níveis de ensino.

Os objetivos de aprendizagem previstos para esse encontro constam nos itens 2.1 e 2.2 do quadro 3. Os objetivos consistem em incentivar os alunos a participarem das atividades propostas, estimulando a predisposição em aprender a identificar gráficos de movimento dos carrinhos e a coleta de dados de tempo e posição para posterior cálculo da velocidade. Para realização da atividade, os alunos receberam um guia (Apêndice G) que orientou o desenvolvimento das tarefas. Como primeiro desafio, os estudantes deveriam utilizar o carrinho automatizado na velocidade 1 (a mais lenta), observando o movimento desenvolvido e relacionar, a partir de um conjunto de gráficos recebidos (figura 18), aquele que melhor representasse o movimento realizado, justificando a opção escolhida.

Figura 18 – Opções de gráficos para resposta do movimento do carrinho



Fonte: Desenvolvido pelo autor

No desenvolvimento deste guia, as duas turmas somaram 33 estudantes, divididos em cinco grupos de 5 alunos e dois grupos de 4 alunos. No primeiro desafio, a velocidade do carrinho era praticamente constante. Do conjunto de gráficos apresentados para escolha do movimento, a resposta que melhor se adequava ao movimento é a do gráfico “C”.

Dos sete grupos que responderam ao desafio, quatro escolheram a opção correta, sendo que dois destes justificaram “porque a velocidade é constante” e outros dois mencionaram que houve mudança de tempo e também de posição, mas não fizeram referência à velocidade. Dos três grupos que não escolheram a alternativa mais adequada, dois escolheram a letra “D” e associaram a reta do gráfico com a velocidade constante do carrinho, porém faltou atenção quanto à identificação dos eixos constantes no gráfico. Um dos grupos escolheu a letra “A”, fazendo referência à trajetória do carrinho e sua velocidade, não demonstrando coerência com o movimento realizado.

Ainda nesse encontro foi feita a primeira coleta de dados dos tempos relativa ao movimento na velocidade 1 do carrinho, aproveitando a oportunidade para inserir o conceito de Movimento Uniforme (conceito mais inclusivo), já que na sequência seriam feitas tomadas de tempo e posição para calcular as velocidades correspondentes (conceitos menos inclusivos e correlatos), segundo a ideia da *diferenciação progressiva* de conceitos.

Os carrinhos automatizados foram programados através da plataforma reprogramável Arduino para desenvolver três velocidades distintas no sentido da frente do carrinho e uma velocidade no sentido da marcha ré. As velocidades mudavam de forma crescente ao acionar, respectivamente, os botões 1, 2 e 3 do controle remoto, sendo que o botão um ligava o carrinho na velocidade menor, o dois na velocidade intermediária e o três na velocidade maior. O botão quatro desligava o carrinho e o número cinco acionava a marcha ré.

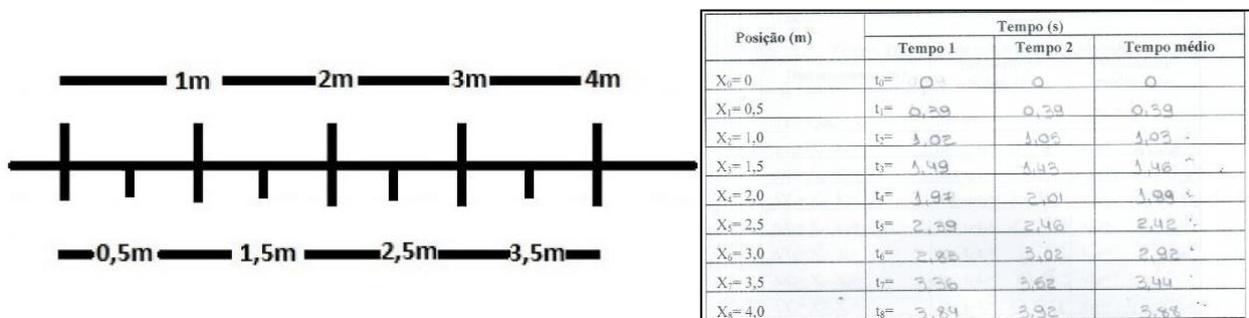
#### **4.2.6 Atividade 3 - (aulas 12 e 13): Utilizando o carrinho automatizado**

No início deste encontro foi feita uma discussão coletiva em relação às respostas dos grupos ao desafio da aula anterior no intuito de esclarecer dúvidas e revisar os conceitos de posição, deslocamento, velocidade média e movimento uniforme (reconciliação integrativa). As tarefas programadas deram continuidade ao guia da aula anterior e os objetivos de aprendizagem previstos para as aulas 12 e 13 contemplam os itens 2.3 e 2.4 do quadro 3, que são:

- construir e interpretar gráficos de posição vs. tempo;
- construir e interpretar gráficos de velocidade vs. tempo.

A atividade previa a coleta de dados (tempos e deslocamentos) dos carrinhos em duas velocidades, os quais deveriam ser registrados em uma tabela para posteriormente serem calculadas as velocidades médias. Na sequência, os grupos deveriam representar, em uma folha de papel milimetrado, os gráficos da posição vs. tempo e da velocidade vs. tempo relativos aos dados obtidos, adotando uma escala adequada. A figura 19 mostra a representação do itinerário percorrido pelo carrinho e exemplo de uma tabela dos tempos coletados por um grupo de alunos. Concluindo a atividade os grupos deveriam interpretar e discutir esses gráficos, estabelecendo relação entre a inclinação da reta dos gráficos com a velocidade do carrinho.

Figura 19 – Itinerário percorrido pelo carrinho e tabela de tempos coletados por alunos



Fonte: Guias respondidos pelos estudantes durante as atividades

Os sete grupos fizeram a coleta de dados, calcularam as velocidades e elaboraram os gráficos conforme solicitado. A partir dos gráficos e das justificativas apresentadas, procurou-se inferir conclusões sobre o entendimento das turmas com relação à construção e interpretação de gráficos do movimento uniforme.

A análise mostra que os grupos associaram a inclinação da reta no gráfico *posição vs. tempo* à velocidade do carrinho e a reta paralela ao eixo do tempo no gráfico *velocidade vs. tempo*, à velocidade constante desenvolvida pelo mesmo. A figura 20 mostra a justificativa dada pelo grupo E da turma 100 sobre a interpretação que fizeram dos gráficos e na sequência citamos algumas respostas de outros grupos.

Figura 20 – Justificativa do grupo E da turma 100 sobre a interpretação dos gráficos

10) Interpretar e discutir os gráficos dos itens anteriores. Qual a relação existente entre a inclinação da reta dos gráficos com a velocidade do carrinho? Justifique.

Ns gráficos posição x tempo mostra a ideia de velocidade quanto maior a inclinação da reta, mais próximo da ordenada, e quanto menor a inclinação da reta, mais próximo do eixo do tempo. Ns gráficos da velocidade x tempo mostra que os pontos ficaram próximos porque a velocidade do carrinho foi constante.

Fonte: Guias respondidos pelos estudantes durante as atividades

Além do exemplo mostrado na figura anterior, apresentamos outras justificativas dos grupos. Em relação aos gráficos *posição vs. tempo*, foi justificado:

Percebe-se que o carro com velocidade maior possui o seu gráfico com a reta mais elevada e quando ele não possui tanta velocidade a sua reta é mais baixa (Grupo A).

Sobre os gráficos *velocidade vs. tempo*, foi citado:

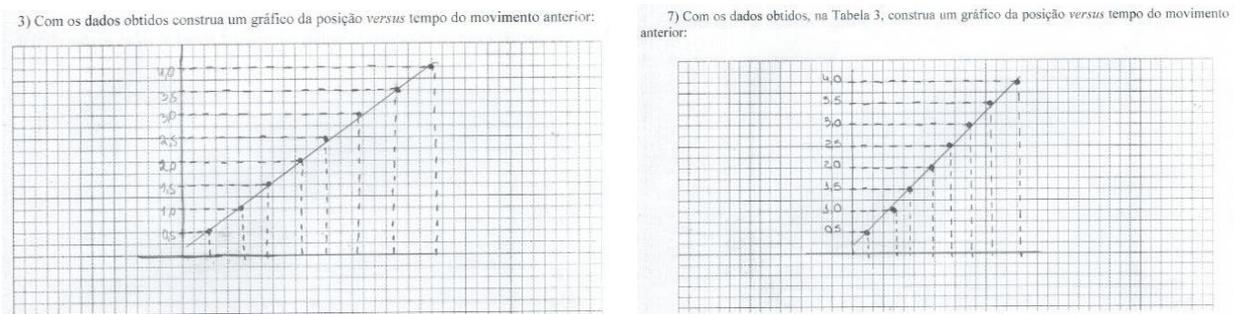
Observando os gráficos concluímos que a velocidade foi (quase) constante (Grupo C).

Em alguns carrinhos as diferenças de velocidades eram pequenas e essa semelhança foi constatada nos gráficos, sendo identificado por um grupo de alunos que justificou:

Como as velocidades dos carrinhos foram quase as mesmas, os gráficos ficaram muito parecidos (Grupo F).

A figura 21 mostra um conjunto de gráficos da *posição vs. tempo* construído por um grupo da turma 101 em que as velocidades foram parecidas, porém o grupo identificou a diferença.

Figura21 – Gráficos da posição vs. tempo de velocidades diferentes dos carrinhos



Fonte: Guias respondidos pelos estudantes durante as atividades

O grupo que construiu estes gráficos justificou a inclinação das retas:

Deu para perceber que no gráfico do carrinho com velocidade menor a reta era mais deitada e o gráfico com velocidade maior, era mais inclinada (Grupo B).

Destacamos que os gráficos foram construídos com a mesma escala, o que possibilita a comparação entre as inclinações das retas.

A seguir, apresentamos no Quadro 5, uma síntese das distribuições de respostas dos alunos de acordo com a análise de guias de atividade selecionados. Percebe-se que nas atividades relacionadas ao jogo batalha naval e plano cartesiano (Apêndices D, E e F), o número de respostas esperadas constitui a grande maioria das respostas analisadas, mostrando indícios do entendimento dos alunos relativos aos objetivos de aprendizagem propostos.

Quadro 5– Distribuição geral das respostas dos alunos apresentadas nos guias selecionados para análise.

Guia trabalhado		Apêndice D		Apêndice E		Apêndice F		Apêndice G	
Atividade (aulas)		Atividade 1 (3 e 4)		Atividade 2 (5 e 6)		Atividade 2 (compl.), (7,8 e 9)		Atividade 3 (10, 11, 12 e 13)	
Objetivos de aprendizagem		1.1		1.2, 1.3, 1.4 e 1.5		1.3, 1.4 e 1.5		2.1 e 2.2	
Nº de questões ou itens analisados		06		13		10		02	
Nº de grupos formados		21		13		08		07	
Nº de respostas avaliadas		126		169		80		14	
Respostas e percentual		Ocor.	%	Ocor.	%	Ocor.	%	Ocor.	%
Categorias / Respostas	Respostas Esperadas	104	82,5	118	69,8	75	93,8	06	42,8
	Respostas Parciais	11	8,7	32	18,9	01	1,2	04	28,6
	Respostas Inadequadas	10	8,0	07	4,2	04	5,0	04	28,6
	Respostas em Branco	01	0,8	12	7,1	00	0,0	00	0,0

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

A análise do Apêndice G, que apresenta a análise e interpretação de gráficos do movimento feita pelos alunos, aponta um declínio de respostas esperadas, chegando a um índice inferior a 50%. Tal resultado obtido na atividade introdutória ao trabalho com gráficos do movimento vem reforçar possíveis concepções não adequadas sobre a representação de movimentos em gráficos, que os alunos têm ao chegar ao Ensino Médio, tais como: i) Inobservância da identificação das grandezas que constituem os eixos cartesianos; ii) Confusão sobre a grandeza Cinemática representada pela posição da reta no gráfico; iii) Ligação da figura do gráfico com a trajetória do movimento realizado. As dificuldades identificadas corroboram o trabalho de Araujo, Veit e Moreira, (2004).

Assim, constatamos a necessidade de intensificar e diversificar as alternativas didáticas para trabalhar com gráficos, buscando um melhor entendimento e aproveitamento dos estudantes.

#### 4.2.7 Atividade 3 - (aulas 14 e 15): Consolidando os conceitos de deslocamento e velocidade através dos gráficos

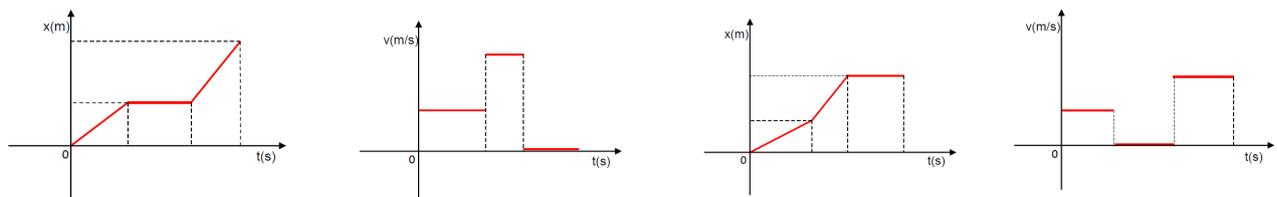
Ainda utilizando os carrinhos automatizados, os objetivos destas aulas foram de complementar o entendimento dos alunos sobre a interpretação e análise de gráficos do movimento, conforme objetivos de aprendizagem 2.6 e 2.7, previstos no Quadro 3,

identificando e esclarecendo possíveis dúvidas dos estudantes sobre o que foi trabalhado nos encontros anteriores.

Na primeira parte da aula 14 foram apresentados às turmas os resultados obtidos no trabalho com os carrinhos e a construção dos gráficos realizados na aula anterior, sendo aberta discussão no grande grupo para reflexão e análise. Em seguida, foi explicada a nova atividade, constante em um guia (Apêndice H).

Para o desenvolvimento das três tarefas da nova atividade, as duas turmas somaram 32 alunos, divididos em quatro grupos de 5 integrantes e dois grupos de 6 alunos. Inicialmente cada grupo recebeu, de forma aleatória, dois gráficos, um relacionando a posição *versus* tempo e outro a velocidade *versus* tempo. Os grupos tiveram alguns minutos para discutir e interpretar os gráficos (figura 22).

Figura 22 – Exemplos de gráficos distribuídos aos grupos para análise e reprodução com o carrinho



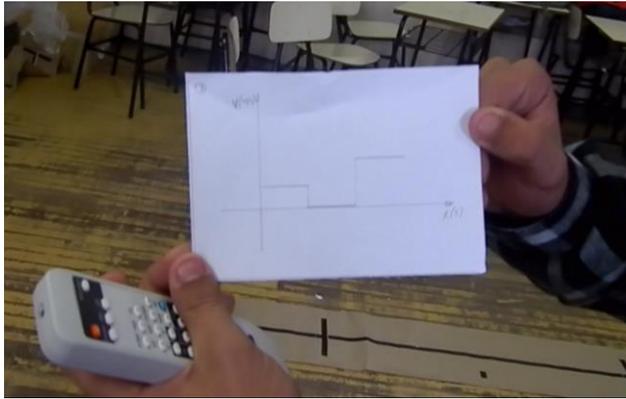
Fonte: Desenvolvido pelo autor

Após discutir e interpretar os gráficos, cada grupo fez uso dos carrinhos automatizados para reproduzir os movimentos constantes nos gráficos. Concluindo a atividade, cada grupo apresentou seus gráficos ao grande grupo, explicando adequadamente o tipo de movimento neles representados e demonstraram em seguida, estes movimentos, utilizando o carrinho automatizado.

De acordo com a apresentação dos grupos relativos ao tipo de movimento constante nos gráficos que receberam, avaliamos como satisfatório o aproveitamento das turmas em relação aos objetivos de aprendizagem propostos. Como exemplo das respostas dos grupos aos questionamentos do guia, podemos citar a explicação dada pelo grupo F da turma 101 relativo ao gráfico *velocidade vs. tempo* recebido, ilustrado em seguida pela Figura 23.

O carrinho parte na velocidade 1 por alguns instantes, depois para por um período e segue na velocidade 2 por mais um tempo.

Figura 23 – Grupo F da turma 101 explicando o movimento.



Fonte: Foto do autor

#### 4.2.8 Atividade 3 - (aula 16): Realização do pós-teste

Após o desenvolvimento das atividades planejadas para a consecução dos objetivos de aprendizagem previstos para este segundo módulo didático, foi aplicado o pós-teste (Apêndice A), conforme objetivo de aprendizagem 2.8 do Quadro 2. Os resultados do pós-teste foram apresentados e discutidos na primeira seção deste capítulo.

#### 4.2.9 Atividade 3 – (aulas 17 e 18): Consolidando os conceitos de deslocamento e velocidade através dos gráficos

Embora os resultados obtidos no pós-teste terem apresentado diferenças estatisticamente significativas em relação ao pré-teste, foram percebidas algumas lacunas e determinadas dificuldades na interpretação de gráficos do movimento por parte dos alunos, conforme já se havia detectado a partir da análise do quadro 4 desta seção. Tais resultados nos levaram a realização desta atividade, contemplando os objetivos de aprendizagem 2.9 e 2.10 do Quadro 3 e que serviu para reforçar e consolidar os conceitos trabalhados neste módulo.

O guia para esta atividade (Apêndice I) conduziu os trabalhos em três momentos. Inicialmente os grupos observaram os carrinhos automatizados em duas situações, realizando movimentos distintos.

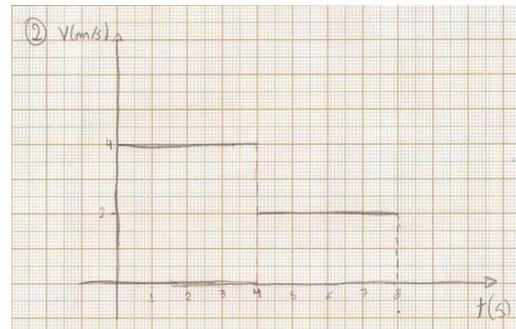
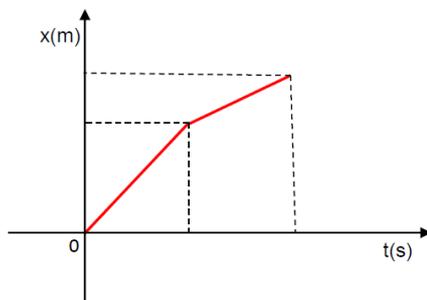
- Situação 1: O carrinho automatizado realiza movimentos variados, como por exemplo: - parte em velocidade lenta por alguns instantes, aumenta a velocidade em seguida, parando o movimento logo depois; - o carrinho inicia o movimento em certa velocidade, para por um período e retorna em marcha ré logo em seguida. Ao observarem os movimentos dos carrinhos, os grupos deveriam escolher, a partir de um conjunto de gráficos recebidos, o gráfico da posição *vs.* tempo que melhor representasse os movimentos observados.

- Situação 2: Neste caso os estudantes observaram também os movimentos dos carrinhos conforme descrito na situação 1, mas tiveram que escolher o gráfico da velocidade *vs.* tempo que melhor representasse os movimentos observados.

Após escolherem os tipos de gráficos referentes às duas situações, os grupos tiveram que justificar no grande grupo, o porquê da escolha daqueles gráficos. Após interpretar e expressar o tipo de movimento nos diferentes intervalos de tempo, os grupos deveriam construir, para o gráfico da *velocidade vs. tempo*, o gráfico da *posição vs. tempo* correspondente, e vice-versa.

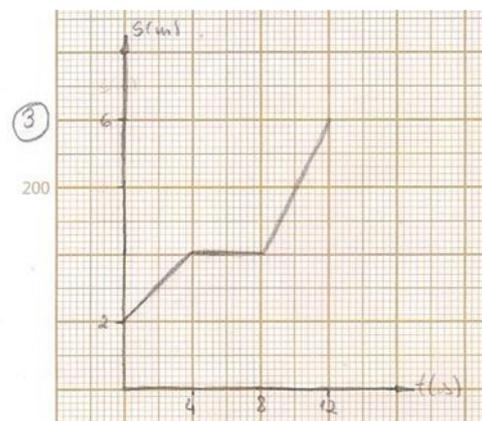
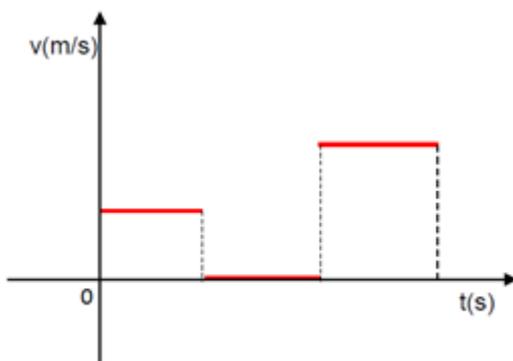
A partir das respostas apresentadas pelos grupos ao analisarem os movimentos dos carrinhos, bem como os gráficos construídos, pode-se inferir que os estudantes foram capazes de reconhecer os diferentes tipos de movimento, associando aos respectivos gráficos da *posição vs. tempo* e *velocidade vs. tempo*, bem como construir outros gráficos correspondentes. Como exemplo das respostas dos grupos aos questionamentos deste guia, as figuras 24 e 25 ilustram os gráficos do movimento dos carrinhos e os respectivos gráficos construídos pelos alunos.

Figura 24 – Gráfico da *posição vs. tempo* recebido e gráfico da *velocidade vs. tempo* construído pelo grupo D da turma 100.



Fonte: Guias respondidos pelos estudantes nas atividades

Figura 25 – Gráfico da *velocidade vs. tempo* recebido e gráfico da *posição vs. tempo* construído pelo grupo B da turma 101.



Fonte: Guias de atividades respondidas pelos estudantes

#### **4.2.10 Atividade 3 – (aulas 19 e 20): Interpretando e construindo gráficos da Cinemática através da plataforma Arduino**

Como forma de encerramento das atividades desenvolvidas neste módulo didático e sondagem das habilidades adquiridas pelos alunos em interpretar e construir gráficos do movimento uniforme, conforme objetivo de aprendizagem 2.11 do quadro 3, desenvolvemos esta atividade em que utilizamos a plataforma microcontrolada Arduino com um sensor de movimento para a construção de gráficos de movimento em tempo real. Tal atividade fez parte dos instrumentos avaliativos da unidade didática no sentido de buscar indícios da ocorrência da aprendizagem significativa. Conforme sugere Moreira (2011), uma maneira de se buscar evidências da aprendizagem é formular questões e problemas de maneira nova e não familiar, exigindo do aluno algum tipo de transformação do conhecimento adquirido. Assim, esta atividade avaliativa apresenta uma situação para análise do movimento pelos estudantes, em um contexto diferente daquele na qual foi utilizado o material instrucional.

A atividade foi desenvolvida na forma de uma entrevista avaliativa (Apêndice J) em que os alunos puderam se posicionar, demonstrando seu entendimento sobre análise de movimentos, interpretação e construção de gráficos, utilizando a ferramenta disponibilizada através da plataforma Arduino.

A partir da utilização da plataforma microcontrolada Arduino, com a qual promovemos a aplicação dos recursos didáticos utilizados no segundo módulo didático desta proposta, desenvolvemos um aparato experimental, contendo um sensor sonar capaz de captar a posição de um determinado objeto (Apêndice K). Através do *software* PLX-DAQ<sup>1</sup>, os alunos puderam construir gráficos da posição *vs.* tempo correspondente a esse movimento em tempo real. Para realização da atividade foi disponibilizado um guia no qual foram citados inicialmente, aspectos importantes dos trabalhos desenvolvidos no decorrer da unidade didática, bem como seus objetivos, apresentando em seguida a atividade que seria desenvolvida, com orientações para a realização das tarefas.

Inicialmente os alunos assistiram uma demonstração sobre o funcionamento do instrumento que utilizariam para construir os gráficos e tiveram dois minutos para testá-lo. Em seguida os grupos receberam um conjunto de quatro gráficos da posição *vs.* tempo, representando movimentos de um móvel em trajetória retilínea com módulos de velocidade e de sentidos que poderiam variar de acordo com o gráfico. A figura 26 mostra o grupo A da

---

<sup>1</sup> Este *software* foi desenvolvido pela empresa Parallax Inc com o propósito de possibilitar a análise em tempo real de dados experimentais a partir de uma planilha eletrônica. Mais informações em: <http://www.parallax.com/downloads/plx-daq>. Acesso em 05 de dezembro de 2014.

turma 101 utilizando a ferramenta computacional disponibilizada durante a realização da tarefa. Cada grupo teve 10 minutos para reproduzir o movimento representado nos gráficos, utilizando o instrumento detalhado no Apêndice K desta dissertação, preparado através da plataforma Arduino. Esse instrumento registrou a forma com que o grupo interpretou e reproduziu o movimento constante nos gráficos que receberam para análise, sendo representados na tela do computador e que puderam ser salvos quando concluída a tarefa.

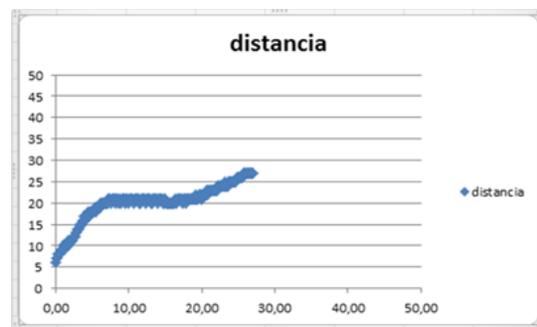
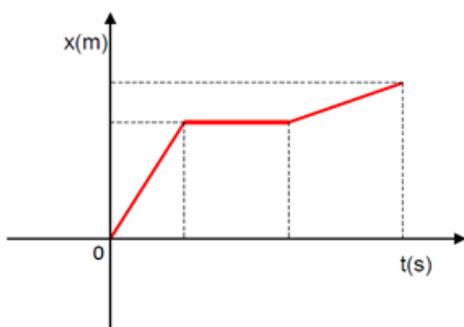
Figura 26 – Recorte da montagem do circuito e grupo A da T. 101 na atividade.



Fonte: Fotos do autor

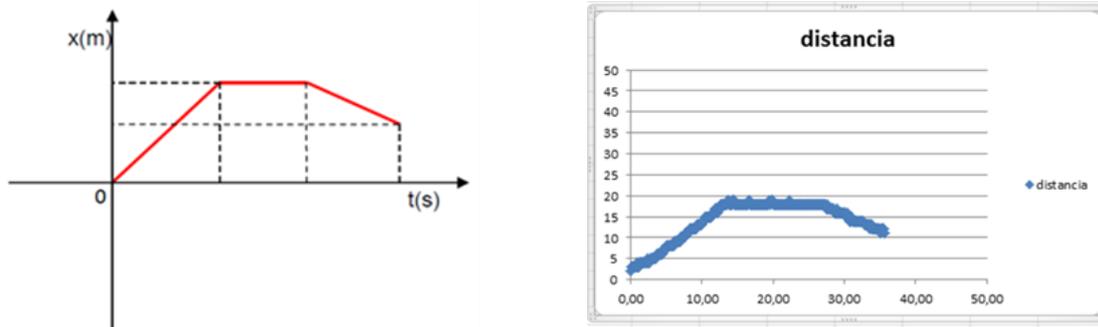
Ao analisarmos o desenvolvimento da atividade pelos estudantes, bem como os gráficos produzidos a partir da interpretação dos gráficos recebidos, pudemos avaliar como plenamente satisfatório o aproveitamento das turmas em relação aos objetivos de aprendizagem previstos. Nas figuras 27 e 28 mostramos os gráficos recebidos para interpretação e análise, com a respectiva imagem salva na planilha eletrônica, em que foi registrado o gráfico construído por dois grupos participantes do projeto.

Figura 27 – Gráfico analisado e o gráfico produzido através da plataforma Arduino e o sensor de movimento pelo grupo C da turma 100.



Fonte: Guias de atividades respondidas pelos estudantes

Figura 28 – Gráfico analisado e o gráfico produzido através da plataforma Arduino e o sensor de movimento pelo grupo A da turma 101.



Fonte: Guias de atividades respondidas pelos estudantes

Através da atividade com o sensor de posição ultrassônico, na qual os alunos puderam gerar gráficos em tempo real, finalizamos a implementação da unidade didática. Ao longo do trabalho pudemos identificar uma evolução no desempenho dos alunos, os quais demonstraram certa inconsistência e dificuldades na análise e interpretação de gráficos do movimento na primeira atividade aplicada no segundo módulo didático. Os alunos, no entanto, foram desenvolvendo habilidades no decorrer das tarefas, conseguindo resultados estatisticamente significativos em relação à aprendizagem no pós-teste e foram capazes de interpretar e reproduzir gráficos de movimento, em tempo real, a partir da plataforma Arduino e o *software* Parallax Inc.

Durante a aplicação da proposta didática procuramos usar várias estratégias didáticas integradas, de acordo com uma linha de ideias defendidas por Veit e Araújo (2006). Esses autores sugerem a integração entre várias estratégias, a fim de que se possa atender às diversas necessidades específicas relacionadas ao processo de ensino-aprendizagem (*diversidade metodológica*). Nesse sentido, fizemos uso de aulas expositivas, recursos lúdicos e uso de tecnologias aplicadas à educação, tendo em vista a possibilidade de esses recursos facilitarem a aprendizagem significativa dos conteúdos estudados. Percebemos que os alunos se sentiram motivados a participar das atividades propostas, o que pode ter contribuído para a aprendizagem dos conteúdos.

#### 4.3 O USO DE GRÁFICOS NOS SEMINÁRIOS INTEGRADOS

Conforme já mencionado, dedicamos um módulo inicial para o ensino introdutório de gráficos com o objetivo de propiciar melhores condições para uma aprendizagem significativa do estudo de gráficos, pois mesmo estando no Ensino Médio os estudantes apresentam conhecimento insuficiente para construir e interpretar gráficos em geral. Nesse sentido, foi

dado ênfase ao potencial interdisciplinar do projeto, pois na tentativa de explicar, representar, demonstrar ou resolver certos problemas envolvendo os temas de pesquisa do Seminário Integrado, os estudantes poderiam fazer uso do recurso da representação de dados através de gráficos. No entanto, observamos que apenas um grupo de dez fez uso de gráficos nos seus trabalhos de seminário integrado, que em 2013 tiveram como tema de investigação *o uso de mídias e tecnologias na escola*.

Ao analisar os trabalhos percebemos que a totalidade dos estudantes não usou e nem analisou dados quantitativos. Uma hipótese que levantamos é que os estudantes estavam desenvolvendo os seminários integrados pela primeira vez e, conseqüentemente, ainda não tinham se apropriado da metodologia de projetos investigativos. Outra hipótese é sobre o tema, pois para dissertar a respeito de *mídias e tecnologias na escola* os estudantes fizeram uso predominante de levantamento de dados bibliográficos, não sendo necessária a análise de dados quantitativos. Percebemos que os estudantes se preocuparam em pesquisar a utilização de determinadas mídias de forma isolada, o que inviabilizou o levantamento de indícios da ocorrência de diálogos entre os componentes curriculares das diversas áreas de conhecimento.

A turma 101 escolheu o software *Scratch* para demonstrar exemplo de aplicação de *softwares educativos* na escola e cinco grupos foram formados. Cada grupo desenvolveu um jogo de perguntas e respostas em dois componentes curriculares, mas as perguntas foram específicas dos componentes escolhidos, não havendo a integração entre as áreas de conhecimento, nem o uso de dados expressos através de gráficos. A turma 101 escolheu outras mídias e tecnologias utilizadas na escola e foram formados também cinco grupos. As mídias escolhidas por cada grupo foram fotografia, vídeos, jogos pedagógicos, “internetês” e o uso do software *geogebra* para o estudo de gráficos em Física e Matemática.

A pouca utilização de dados quantitativos não propiciou a integração do conhecimento esperado pela utilização de gráficos nas pesquisas do componente curricular Seminário Integrado. Contudo, destacamos que não estamos afirmando que as pesquisas não foram significativas para os estudantes, mas que o uso de gráficos não foi algo que predominou nas apresentações. Para uma próxima edição procuraremos readaptar o segundo módulo para outras áreas da Física, possivelmente na termodinâmica ou em circuitos elétricos e fortaleceremos o diálogo com professores de outras áreas do conhecimento.

#### 4.4 OPINIÕES DOS BOLSISTAS/MONITORES SOBRE AS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Em nossa pesquisa, optamos por não transcrever opiniões dos estudantes sobre sua participação ou percepção das aulas, devido às características das atividades, as quais poderiam levar os estudantes a confundir o prazer ou o entusiasmo de trabalhar de forma lúdica e com tecnologias até então não experimentadas por eles, com o quanto essas atividades realmente contribuíram para a compreensão dos conteúdos propostos. No entanto, conforme mencionado na introdução do presente trabalho, a aplicação das atividades contou com o apoio/monitoria de três bolsistas do subprojeto Física do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID). Os bolsistas observaram ativamente a participação dos alunos nas tarefas e apresentaram, ao final das atividades, suas percepções sobre o envolvimento e desempenho dos alunos em geral. A seguir são transcritos alguns trechos dos seus relatos.

Quando comecei a trabalhar com o prof. Luiz na escola Jerônimo Mércio da Silveira, notava-se claramente que os discentes não estavam familiarizados com a proposta para a atividade em sala de aula, que escapasse da tradicional aula expositiva. No decorrer das atividades, aos poucos, foi sendo inserida nas implantações das atividades uma nova maneira de estudar a construção e interpretação de gráficos da Cinemática.

Na primeira intervenção que participei, os alunos estavam muito resistentes à realização da atividade, onde não conseguiam interpretar o fenômeno físico que viam para então coletar dados e construir gráficos. Porém, nas aulas seguintes pude observar que já não se mostravam resistentes à atividade e, gradativamente conseguiram entender o que realmente significava os dados que coletavam.

Já no final das atividades, os discentes se mostravam muito mais motivados e interessados, conseguindo rapidamente identificar o tipo de gráfico (posição e/ou velocidade em função do tempo) e, além disso, interpretar corretamente os gráficos e reproduzi-los com o movimento do carrinho automatizado (BOLSISTA ID 01).

Quando iniciamos o trabalho na escola Jerônimo, notava-se que os alunos apresentavam grandes dificuldades em construir e interpretar gráficos e de certa forma, alguns mostravam certa resistência em realizar as atividades que estávamos propondo. Porém com a nova proposta de trabalho, com o passar do tempo, observamos que os alunos passaram a ter mais entusiasmo ao realizar as atividades, principalmente quando começamos a estudar movimento com o auxílio do carrinho automatizado. Alguns alunos até relataram que da maneira que estávamos trabalhando, as aulas de Física se tornavam mais divertidas e mais fáceis de compreender os conceitos físicos envolvidos.

Ao final das atividades pudemos observar um grande crescimento por parte dos alunos, pois os mesmos estavam conseguindo interpretar corretamente os diferentes movimentos dos carrinhos e a partir disto, conseguiam construir tabelas e gráficos da Cinemática, sendo eles de posição e velocidade em função do tempo. E, da mesma maneira, quando dávamos um determinado gráfico, pedindo para os alunos o interpretem e reproduzissem o movimento correspondente ao gráfico, os alunos o realizavam com perfeição (BOLSISTA ID 02).

Desde nossas primeiras visitas às turmas que iríamos aplicar a atividade do carrinho automatizado, podemos perceber claramente que os alunos estavam habituados ao ensino tradicional, então alguns alunos demonstravam certa resistência com um método de ensino que eles consideravam novo.

Essa barreira, no decorrer das atividades, foi sendo “quebrada” e, conseqüentemente, a aprendizagem em relação a gráficos do movimento foi se tornando cada vez mais facilitada para o aluno, tornando-o capaz de compreender conceitos de deslocamento e de velocidade ao analisar o movimento do carrinho automatizado.

Nas primeiras atividades, podemos identificar que os alunos tinham um conhecimento muito deficitário com relação à construção de gráficos, onde os mesmos não conseguiam fazer certo gráfico de um movimento do carrinho automatizado sem a ajuda dos bolsistas e/ou do professor.

Ao término da atividade podemos avaliar que os alunos possuíam uma nova visão sobre movimentos e construção de gráficos, onde os mesmos já conseguiam fazer um gráfico corretamente a partir dos dados de tempo e deslocamento coletados e também conseguiam reproduzir o movimento de certo gráfico apresentado a eles, utilizando o carrinho automatizado (BOLSISTA ID 03).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização deste trabalho foi idealizada a partir de dados da literatura da área da Educação em Ciências relativas às dificuldades enfrentadas pelos alunos na construção e interpretação de gráficos (ARAUJO, VEIT e MOREIRA, 2004; COSTA, 2010) e da experiência profissional do autor, professor de Física da Educação Básica desde o ano de 2000. Além desses dados, é conhecida a importância que o domínio de conceitos básicos de Matemática tem para o bom entendimento dos conteúdos de Física. Nesse sentido, desenvolvemos uma unidade didática com o objetivo de superar dificuldades de aprendizagem dos alunos em relação à construção e interpretação de gráficos. Esta proposta foi vinculada às aulas de Seminário Integrado, componente introduzido no currículo escolar, em 2011, a partir da reestruturação do Ensino Médio, pela Secretaria Estadual de Educação do Rio Grande do Sul (SEDUC-RS), na modalidade de Ensino Médio Politécnico.

O trabalho em questão foi desenvolvido com base nas teorias de David Ausubel e Lev Vigotski sobre aprendizagem e desenvolvimento cognitivo. Assim, foram utilizadas aulas expositivas para introduzir os conteúdos a serem estudados e também durante os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, conforme aceção de Ausubel (MOREIRA, 2011). Em nossa proposta procuramos integrar esse tipo de método com outras estratégias (atividades em pequenos grupos, coleta e análise de dados experimentais, etc.), com o objetivo de atender a necessidades específicas relacionadas ao processo de ensino-aprendizagem de Matemática e Física.

Durante a aplicação, valorizamos as interações sociais entre alunos e entre alunos e professor, como viabilizadoras do desenvolvimento cognitivo dos alunos, conforme aceção de Vigotski (MOREIRA e OSTERMANN, 1999). Nesse sentido, destinamos uma parte de cada aula para que os alunos pudessem interagir entre si para a realização das tarefas, as quais foram realizadas em pequenos grupos, de dois a cinco integrantes, em que puderam interagir e ter posicionamento crítico sobre as atividades realizadas e não apenas terem habilidade de manusear o recurso tecnológico disponibilizado nas atividades, aspecto também destacado por (VEIT e ARAUJO, 2006).

A produção educacional deste trabalho foi aplicada em duas turmas de primeiro ano do Ensino Médio do turno da manhã da Escola Estadual de Ensino Médio Jerônimo Mércio da Silveira, em Candiota-RS. Trata-se de uma Unidade Didática composta de dois módulos desenvolvidos em aulas de Seminário Integrado, mas que podem ser também empregados em aulas de Física ou Matemática. O material instrucional resultante desse trabalho de mestrado

profissional é composto por uma apresentação introdutória para professores, guias para alunos desenvolverem as atividades em aula, guias para montagem e preparação dos experimentos e instrumentos de avaliação.

Além das dificuldades relatadas na revisão da literatura (cap. 2), percebemos em nossa prática em sala de aula, como professores de Física, uma grande necessidade de superação de dificuldade na aprendizagem que antecedem o processo de interpretação de gráficos, sendo identificadas dificuldades relacionadas aos procedimentos de coleta e tabulação de dados. Assim, no primeiro módulo didático abordamos o estudo do plano cartesiano, conhecimento necessário para o estudo de gráficos da Cinemática.

No módulo um da unidade didática usamos recursos lúdicos, introduzindo os conceitos de plano cartesiano através do jogo batalha naval, com o objetivo de despertar conhecimentos prévios dos alunos e estimular a predisposição em aprender, a partir de um material potencialmente significativo. Do jogo batalha naval partimos para a localização de pontos e coordenadas em um mapa da região e, em seguida, a locação de pontos e medição de distâncias em um plano bidimensional em sala de aula, sendo oferecida a oportunidade de comprovar essas distâncias em um plano cartesiano desenhado no pátio da escola. Observando o desempenho dos alunos nas atividades e fazendo uma análise dos resultados da aplicação dos guias, apresentados no quadro 4, consideramos que os objetivos de aprendizagem previstos para esse módulo foram atingidos. A análise mostrou uma evolução no índice de respostas esperadas à medida que se avançava na aplicação das atividades. Os alunos concluíram o módulo com capacidade para locar pontos no plano cartesiano além de aplicar a teoria ensinada em sala de aula em uma situação prática, fazendo a transposição do abstrato para o concreto (reificação de conceitos).

Com ênfase no ensino de Física, o segundo módulo da Unidade Didática esteve voltado para a construção e interpretação de gráficos em Cinemática. Aqui lançamos mão de tecnologias aplicadas à educação, utilizando o carrinho automatizado através de uma plataforma microcontrolada Arduino, com o objetivo dos alunos se engajarem de forma ativa em seu aprendizado. Nesse sentido, os alunos tiveram autonomia para variar a velocidade do carrinho via controle remoto, fizeram coleta de dados, transpondo-os para uma tabela, construíram e interpretaram gráficos da posição *vs.* tempo e velocidade *vs.* tempo correspondentes. Além disso, os estudantes interpretaram gráficos de livros textos e reproduziram os movimentos descritos nos exercícios utilizando os carrinhos automatizados.

Utilizando recursos tecnológicos aplicáveis ao ensino de Física, fizemos uso da plataforma Arduino com um sensor ultrassônico, com o qual os alunos puderam interpretar o

movimento representado em um gráfico, reproduzir esse movimento através de um objeto e reconstruir o gráfico em tempo real na tela de um computador. Ao concluir esse módulo didático, consideramos como plenamente atingidos os objetivos de aprendizagem propostos nos quadros 2 e 3 desta dissertação, atribuindo grande parte dos resultados alcançados à diversidade metodológica utilizada, a qual propiciou uma interatividade entre os estudantes e um engajamento ativo na realização das tarefas, o que contribuiu para o aprendizado do conteúdo proposto nesta unidade didática.

Assim, após analisarmos a aplicação do primeiro e segundo módulos da unidade de didática, podemos afirmar que a atividade com o **jogo batalha naval** foi fundamental para ativar conhecimentos prévios dos alunos e para eles perceberem o significado de um plano cartesiano, propiciando a locação correta de pontos coordenados. A atividade com o **plano cartesiano** no pátio da escola conduziu a uma reificação dos conceitos de reta numérica, eixos cartesianos, locação de pontos no plano e medição de distâncias entre os pontos, proporcionando a transposição do abstrato para o concreto, através da aplicação do conteúdo estudado em sala de aula em uma situação prática.

A utilização do carrinho automatizado com **velocidades pré-programadas** (movimentos pré-programados, sem a possibilidade de alteração por parte dos alunos) mostrou-se significativa para o entendimento do processo de coleta de dados, alocação em tabelas e construção de gráficos, mas não supriu nossas expectativas em relação à interpretação de gráficos. Pudemos perceber que no início da atividade os alunos não tinham a mínima ideia do processo de construção de gráficos da Cinemática a partir de uma situação real, mas após a realização das primeiras atividades utilizando o carrinho, essa dificuldade foi sendo superada.

Para potencializar o processo de interpretação de gráficos, apostamos em uma nova dinâmica. Criamos a possibilidade de uso dos carrinhos com seleção de velocidade **via controle remoto**, permitindo aos alunos gerarem as características dos movimentos a serem trabalhados. Essa maior interação entre carrinho e alunos propiciou melhores condições para a interpretação dos gráficos construídos pelos alunos, pois ao realizarem as interpretações eles podiam lembrar como tinham interagido para o carrinho realizar o percurso. O processo de interpretação de gráficos foi reforçado ainda com o uso do **sensor de posição**, no qual os gráficos de posição *versus* tempo foram traçados em tempo real, à medida que a posição de um objeto era alterada pelos alunos.

Ressaltamos, no entanto, que apesar das últimas atividades mostrarem indícios de serem mais adequadas para a interpretação de gráficos, não significa que devam ser usadas

exclusivamente, pois o jogo batalha naval, a construção de um plano cartesiano no pátio da escola e a coleta de dados utilizando um carrinho com programação pré-definida (sem a possibilidade de alteração pelo estudante) foram fundamentais para os alunos adquirirem subsunçores prévios, importantes para o processo de construção de gráficos.

Assim, após analisar os resultados aqui expostos, constatamos que a diversidade metodológica utilizada, assim como a aplicação das ideias de Ausubel e Vigotski como referencial teórico, foi fundamental para a superação de dificuldades de aprendizagem dos alunos no estudo de gráficos da Cinemática. Ficou claro, no entanto, a complementaridade das atividades empregadas, não sendo indicada a aplicação dos módulos isoladamente como recurso suficiente para a consecução dos objetivos de aprendizagem propostos.

O uso de aulas expositivas permitiu a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa em momentos propícios das aulas. Os recursos lúdicos utilizados propiciaram a busca de conhecimentos prévios nos alunos e a reificação de conceitos, já o emprego de tecnologias como recurso didático favoreceram a consolidação dos conhecimentos adquiridos. A valorização das interações sociais entre os alunos e entre alunos e o professor foram decisivos para aguçar a capacidade de análise e interpretação de problemas em Cinemática.

Ficamos convencidos, assim, que o conjunto de atividades desenvolvidas foi potencialmente significativo para os alunos, sendo capaz de despertar-lhes o interesse em aprender e propiciar condições favoráveis à aprendizagem significativa. No entanto, não observamos o uso de gráficos em outras áreas, nos trabalhos do Seminário Integrado. Deste modo, apontamos como perspectiva futura um novo estudo reaplicando o primeiro módulo e adaptando o segundo módulo em outras áreas da Física e em outros componentes curriculares no contexto das aulas de Seminário Integrado do Ensino Médio Politécnico.

## REFERÊNCIAS

ANDERY, Maria A.; MICHELETTO, Nilza; SÉRIO, Tereza M. P.; RUBANO, Denize R.; MOROZ, Melania; PEREIRA, Maria E.; GIOIA, Sílvia C.; GIANFALDONI, Mônica; SAVIOLI, Márcia R.; ZANOTTO, Maria L. **Para compreender a Ciência: uma perspectiva histórica**. Rio de Janeiro: Garamond, 2007.

ARAUJO, Ives. S. **Um Estudo sobre o Desempenho de Alunos de Física Usuários da Ferramenta Computacional Modellus na Interpretação de Gráficos em Cinemática**. Porto Alegre: Dissertação de Mestrado, UFRGS, 2002.

ARAUJO, Ives S., MAZUR, Eric. INSTRUÇÃO PELOS COLEGAS E ENSINO SOB MEDIDA: Uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, ago. 2012.

ARAUJO, Ives S., VEIT, Eliane A., MOREIRA, Marco A. 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.

BECKER, Fernando. Modelos pedagógicos e modelos epistemológicos. **Educação e Realidade**, Porto Alegre, v.19, n.1, p. 89-96, jan./jun. 1994.

BRASIL. Lei nº 9.394 de 20/12/96, estabelece as diretrizes e bases da educação nacional (LDB). In: **Diário Oficial da União**, Brasília. 1996.

BRASIL, MEC – Secretaria de Educação Especial. **Saberes e Práticas da Inclusão: Recomendações para a construção de escolas inclusivas**. Brasília, 2006.

BRASIL, MEC, Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais, 5ª a 8ª séries do Ensino Fundamental, Ciências Naturais**. Brasília, 1998.

BRASIL, MEC, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília, 2000.

BRASIL. Resolução CNE/CEB nº 2, de 30 de Janeiro de 2012. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. In: **Diário Oficial da União**, Brasília. 2012.

COSTA, Antônio M. V. **A interpretação de gráficos de movimento**. Belo Horizonte: Dissertação de mestrado, UFMG, 2010.

DORNELES, Pedro F. T. **Integração entre atividades computacionais e experimentais como recurso instrucional no ensino de eletromagnetismo em física geral**. Porto Alegre: Tese de doutorado, UFRGS, 2010.

FAINGUELERNT, Estela K.; GOTTLIEB, Franca C. **Guias de Estudo de Matemática – Gráficos – A matemática dos gráficos**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda., 2012.

FERREIRA, Juliana M. H.; MARTINS, André F. P.; PEDUZZI, Luiz O. Q. **Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino**. Natal: EDUFRN, 2012.

GASPAR, Alberto. **Experiências de Ciências para o Ensino Fundamental**. São Paulo: Ática, 2003.

MOREIRA, Marco A. **Teorias de aprendizagem**. 2. ed. São Paulo: EPU, 2011.

MOREIRA, Marco A.; MASINI, Elcie F. S. **Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Centauro, 2001.

MOREIRA, Marco A.; OSTERMANN, Fernanda. Sobre o Ensino do Método Científico. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 10, n. 2, p. 108-117, ago. 1993.

\_\_\_\_\_. **Teorias construtivistas**. Porto Alegre, IF-UFRGS, textos de apoio ao professor de Física, n.10, 1999.

NEVES, Rita A.; DAMIANI, Magda F. Vygotsky e as teorias de aprendizagem. **UNirevista**, v. 1, n 2, abr. 2006.

PINO, Patrícia V.; OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, M. A. **Concepções epistemológicas veiculadas pelos PCNs na área de Ciências Naturais de 5ª a 8ª série do ensino fundamental**. In: IX Encontro de Pesquisa em ensino de Física, Jaboticabatubas, 2004.

PRESCOTT, Sérgio P. P, ALVES, Jacel C. F., SILVA, Maria S. R., ROCHA, Maria N. R. **PROGRAMA DE MELHORIA E EXPANSÃO DO ENSINO MÉDIO – PROMED**. Rio de Janeiro, UFRJ, 2005. Disponível em: <[http://www.ccmn.ufrj.br/curso/trabalhos/pdf/matematicatrabalhos/conceitos\\_tecnologias\\_algebra/c-t-numeros](http://www.ccmn.ufrj.br/curso/trabalhos/pdf/matematicatrabalhos/conceitos_tecnologias_algebra/c-t-numeros)>. Acesso em: 24 abr. 2013.

RIO GRANDE DO SUL, SEDUC-RS. **Proposta Pedagógica para o Ensino Médio Politécnico e Educação Profissional Integrada ao Ensino Médio – 2011-2014**. Porto Alegre, 2011.

ROQUE, Ricardo R.; PEREIRA, Peter S. **Da atividade ao conceito de Plano Cartesiano: Uma vivência na escola**. In: III EIEMAT – Escola de Inverno de Educação Matemática, Ijuí, UNIJUÍ, 2012.

SILVEIRA, Fernando L. A Filosofia da Ciência e o Ensino de Ciências. **Em Aberto**, Brasília, ano 11, n 55, jul./set. 1992.

VEIT, Eliane A., ARAÚJO, Ives S. **Tecnologias de Informação e Comunicação: Facilitando a Aprendizagem Significativa de Ciências e Matemática**. Porto Alegre, IF – UFRGS, 2006.

WRASSE, Ana; SANTOS, Rédi; TONEL, Arlei P.; KAKUNO, Edson M.; DORNELES, Pedro. **Carrinho Automatizado como recurso facilitador na construção e interpretação de gráficos da Cinemática**. In: XX Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF, São Paulo, 2013.

## APÊNDICE A – Teste sobre gráficos

O teste a seguir foi aplicado no início (pré-teste) e no final (pós-teste) da Unidade Didática. As questões 1 a 5 e 10 foram de nossa autoria e as questões 6 a 9 foram adaptadas do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).

**IMPORTANTE: Não faça marcas nas folhas de questões. Responda apenas na folha de respostas.**

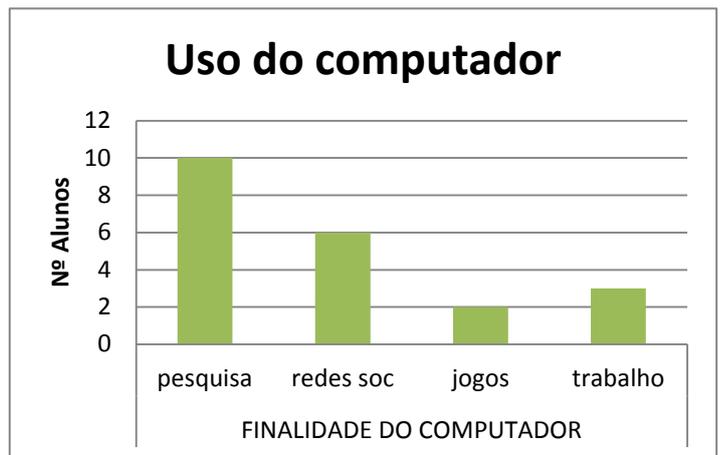
**Questão 1:** Na pesquisa de opinião realizada nas turmas de 1º ano E.M em 2012 para definir os temas do seminário integrado, uma das turmas respondeu que costumava usar o computador com as finalidades expressas no gráfico abaixo. A partir desses dados, podemos inferir:

A) O número de alunos que usa o computador para pesquisa é maior que o das outras finalidades somadas.

B) O número de usuários em redes sociais é o dobro de quem usa para o trabalho.

C) O uso em jogos é a metade do uso para o trabalho.

D) A soma dos que usam em jogos com os que usam para trabalho é igual ao das redes sociais.



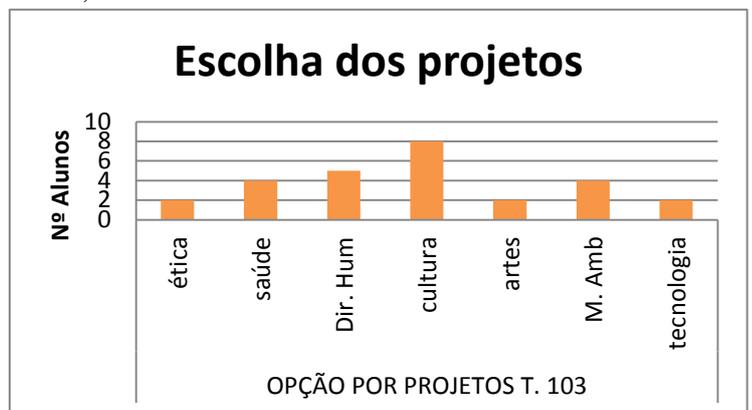
**Questão 2:** Ainda nesta turma, a opção por desenvolver os diversos projetos propostos foi transcrito no próximo gráfico. Sendo assim, é correto dizer:

A) Ética, artes e tecnologia somados, igualam a opção por Dir. Hum.

B) A opção por cultura é maior que Dir. Hum. e saúde somados.

C) A opção por cultura é o triplo da opção por M. Amb.

D) Somando as opções de saúde, ética e artes, igualamos a opção de cultura.



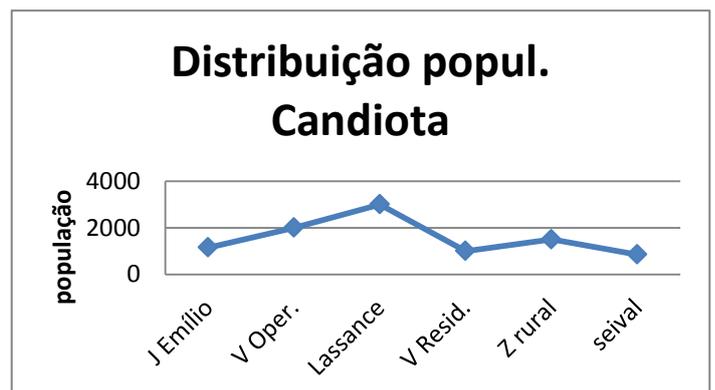
**Questão 3:** De acordo com a distribuição da população de Candiota, representada pelo gráfico abaixo, podemos concluir que:

A) Lassance possui o dobro da população da zona rural.

B) Seival é mais populoso que a vila residencial.

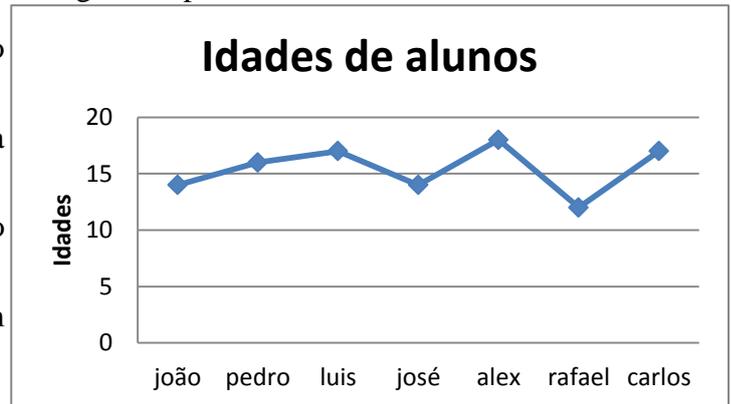
C) J Emílio é o bairro menos populoso.

D) Lassance tem quatro vezes mais habitantes que a vila residencial.



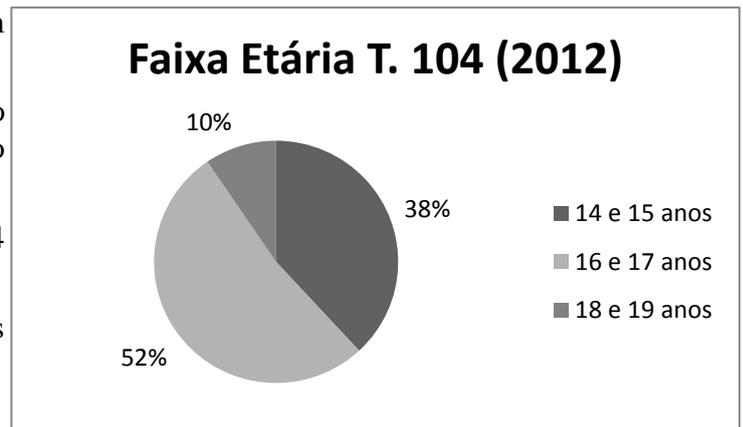
**Questão 4:** No gráfico abaixo, temos a representação gráfica das idades de alguns alunos de determinada escola. De acordo com o gráfico, podemos inferir:

- A) Alex é o mais velho e José é o aluno mais novo.
- B) João e Rafael possuem a mesma idade.
- C) Luís é quatro anos mais velho que José.
- D) José é quatro anos mais jovem que Alex.



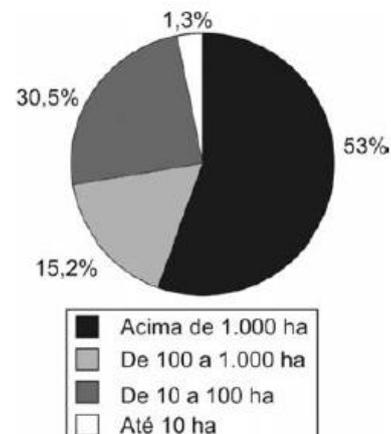
**Questão 5:** O gráfico abaixo nos mostra a faixa etária, em termos percentuais, dos alunos do turno da noite de uma turma do 1º ano E.M. em 2012. Analisando essa distribuição, concluímos que:

- A) Menos da metade da turma tem entre 16 e 17 anos.
- B) Mesmo a turma sendo do turno da noite, apenas 1/5 dos alunos são maiores de 18 anos.
- C) Os alunos mais jovens (entre 14 e 15 anos) representam 1/4 da turma.
- D) 90% da turma são de alunos menores de 18 anos.



**Questão 6:** (ENEM 2010 – Ciências Humanas e suas Tecnologias) O gráfico abaixo representa o tamanho e a totalidade dos imóveis rurais no Brasil. De acordo com as características do gráfico podemos concluir que:

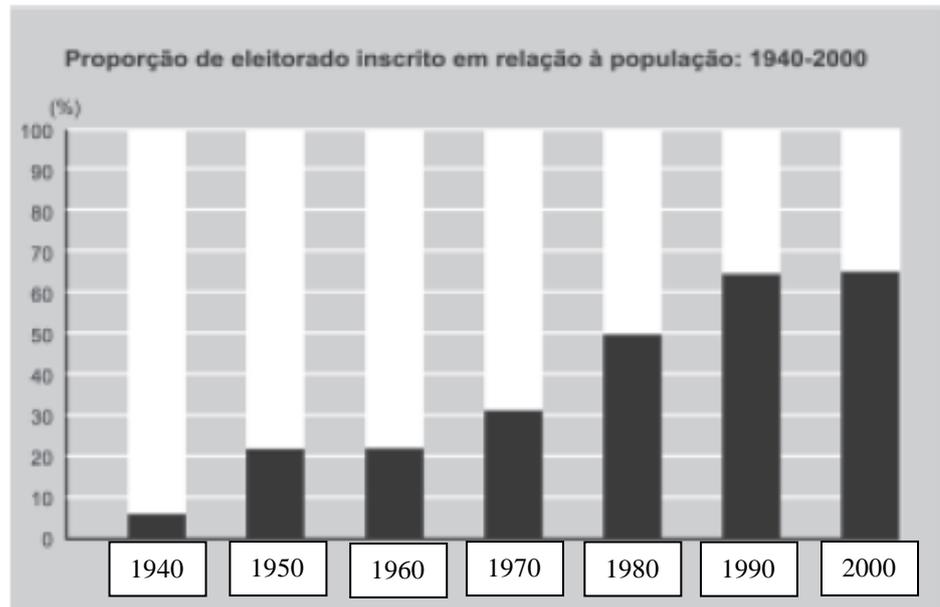
- A) Mais da metade das terras pertencem a propriedades entre 10 e 1.000 ha.
- B) Até 100 ha encontramos 45,8% das propriedades.
- C) Acima de 2/3 das propriedades possuem 100 ha ou mais.
- D) Entre 10 ha e 100 ha temos 66% das propriedades.



Fonte: Incra, Estatísticas cadastrais 1998.

**Questão 7:** (ENEM 2011 – Ciências Humanas e suas Tecnologias) O gráfico abaixo nos indica a proporção de eleitores inscritos no Brasil, em relação à população, entre os anos de 1940 a 2000. A maior variação no eleitorado ocorreu entre os anos:

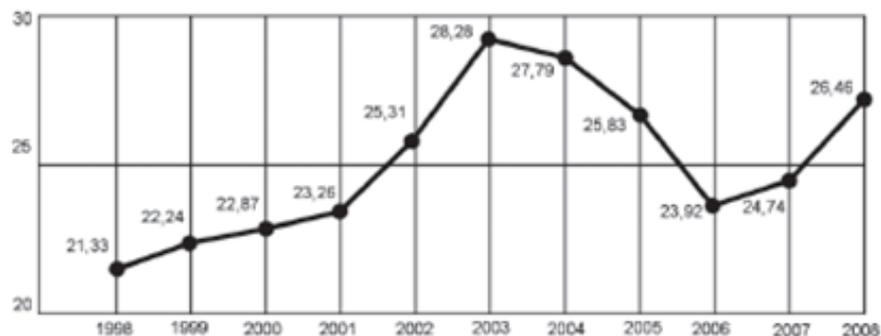
- A) 1940-1950.
- B) 1950-1960.
- C) 1960-1970.
- D) 1970-1980.



GOMES, A. *et al.* **A República no Brasil**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2002.

**Questão 8:** (ENEM 2011 – Matemática e suas Tecnologias) O termo agronegócio não se refere apenas à agricultura e à pecuária, pois as atividades ligadas a essa produção incluem fornecedores de equipamentos, serviços para a zona rural, industrialização e comercialização dos produtos.

O gráfico a seguir mostra a participação percentual do agronegócio no PIB brasileiro:



Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA). **Almanaque abril 2010**. São Paulo: Abril, ano 36 (adaptado).

Esse gráfico foi usado numa palestra em que o orador ressaltou uma queda da participação do agronegócio no PIB brasileiro e a posterior recuperação dessa participação, em termos percentuais. Segundo o gráfico, o período de queda ocorreu entre os anos de:

- A) 1998 e 2001.
- B) 2001 e 2003.
- C) 2003 e 2006.
- D) 2003 e 2007.



**GRADE DE RESPOSTAS**

NOME: \_\_\_\_\_

TURMA: \_\_\_\_\_

<b>Questões</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>1</b>				
<b>2</b>				
<b>3</b>				
<b>4</b>				
<b>5</b>				
<b>6</b>				
<b>7</b>				
<b>8</b>				
<b>9</b>				
<b>10</b>				

**APÊNDICE B – Termo de autorização**

Candiota, 18 de junho de 2013.

Prezado(a) Responsável

Realizo como parte de meu curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da Universidade Federal do Pampa uma investigação intitulada: **CONSTRUÇÃO E INTERPRETAÇÃO DE GRÁFICOS DA CINEMÁTICA: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO MÉDIO POLITÉCNICO**.

Solicito sua autorização para entrevistar seu (sua) filho (a) em função da participação na turma onde desenvolvo as atividades do mestrado, e para divulgar os resultados da pesquisa em encontros acadêmicos ou científicos. Como é usual em pesquisas desse tipo, o nome da instituição e das pessoas colaboradoras será mantido em total sigilo, ou seja, não serão mencionados no relatório final, nem em artigos que possam vir a ser publicados em encontros ou periódicos.

Lembro que a participação na pesquisa é voluntária, podendo encerrar-se no momento em que assim desejar. Cabe-lhe também o direito de fazer perguntas sobre a pesquisa e conhecer os resultados dela.

Contando com sua anuência, agradeço sua autorização.

Luiz Antonio de Quadros Dworakowski  
Aluno do Programa de Pós-Graduação  
em Ensino de Ciências

Autorizo a gravação de entrevista com o (a) aluno (a) \_\_\_\_\_, bem como a divulgação dos resultados da pesquisa, que têm por objetivo investigar o impacto das atividades desenvolvidas no projeto de mestrado **CONSTRUÇÃO E INTERPRETAÇÃO DE GRÁFICOS DA CINEMÁTICA: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO MÉDIO POLITÉCNICO**.

Assinatura do (a) responsável: \_\_\_\_\_

Escola: E. E. E. M. Jerônimo Mércio da Silveira

Data: 18/06/2013.

## APÊNDICE C - ATIVIDADE 1.1 – APLICAÇÃO DO JOGO BATALHA NAVAL

### INTRODUÇÃO

Nesta atividade usaremos o jogo batalha naval como um exemplo de aplicação de um sistema de coordenadas para a locação e/ou identificação de pontos em um plano. Em situações cotidianas os sistemas de coordenadas podem ser utilizados para a localização de determinado ponto, como por exemplo, a indicação de certo endereço em uma cidade quando se usa como referência a posição relativa de determinadas ruas, ou quando se usa as coordenadas geográficas para localizar um ponto em um mapa.

Assim como em situações cotidianas, na escola você já utilizou ou certamente utilizará algum tipo de gráfico para representar dados ou extrair algum tipo de informação. Através do jogo batalha naval pretendemos atrair sua atenção e despertar o interesse para o estudo do plano cartesiano, conhecimento necessário para o estudo de gráficos em Cinemática.

### Preparação para o jogo

Inicialmente a turma deverá formar as equipes e duplas conforme orientação do professor. Ao receber as cartelas do jogo a dupla deve decidir onde locar as suas embarcações e preencher os quadros seguindo os desenhos indicados na Figura 1. Para o desenvolvimento do jogo, os estudantes deverão observar as *instruções para o jogo*.

### Instruções para o jogo

Inicialmente você deve colocar as embarcações na horizontal ou na vertical no reticulado referente ao “seu jogo”, pintando os quadrinhos como se fossem as embarcações (não é permitido que duas embarcações se toquem). Também, deve tomar o cuidado para que os adversários não vejam o seu jogo. O objetivo é afundar as embarcações do adversário através de palpites de coordenadas contendo um número e uma letra.

Por convenção, recomendamos que cada par ordenado que forma uma coordenada seja indicado colocando primeiro o número, seguido da letra. Por exemplo: Tiro nº 1 (8, D), tiro nº 2 (9, E) e assim por diante.

Para cada palpite correto dado por uma dupla, a dupla adversária deverá informar que acertou, e falar qual das embarcações foi atingida, possibilitando que o adversário tente visualizar a forma da embarcação e consiga afundá-la completamente com tiros posteriores. Cada acerto gera para a dupla uma chance de tentar outro palpite e assim sucessivamente, até

que o mesmo esteja errado. Para cada palpite incorreto, a dupla deve dizer que o adversário deu um “tiro n’água”. Vence a equipe que afundar mais embarcações no tempo estipulado.

## BATALHA NAVAL

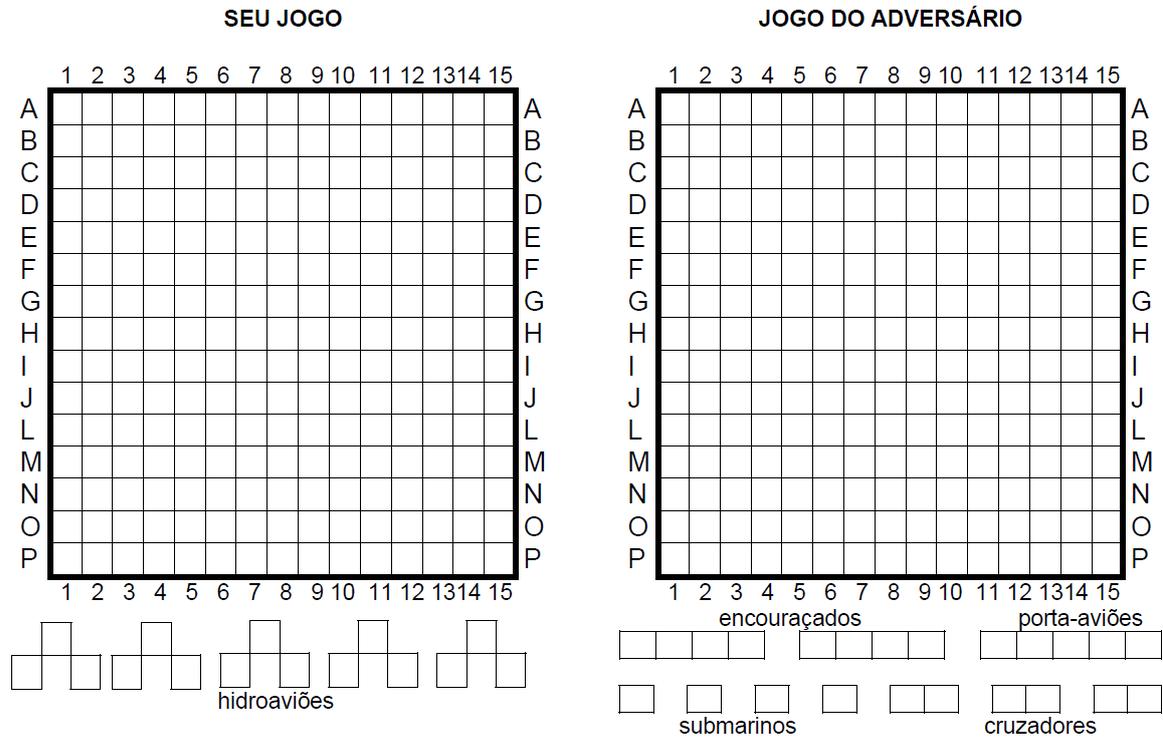


Figura 1- Cartelas do jogo batalha naval (Fonte:[http://deise.info/images/1f188c27afba\\_124C8/batalhanaval.gif](http://deise.info/images/1f188c27afba_124C8/batalhanaval.gif)). Acessado em: 27 de fevereiro de 2013.

### Conclusão da atividade

Faltando 30 min para o término da aula, o jogo será interrompido para a soma de pontos, momento em que será contabilizado o número de embarcações atingidas por cada equipe. Na sequência, faremos a ligação do jogo batalha naval com conceitos do plano cartesiano e sua importância para o estudo de gráficos da Cinemática.

## APÊNDICE D – Atividade 1.2 – Explorando a aprendizagem sobre a locação de pontos na batalha naval – desafio nº 1

### Integrantes da dupla:

Nome: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Considere que você esteja jogando batalha naval e que suas embarcações estejam situadas em sua folha de acordo com o disposto na Fig. 1:

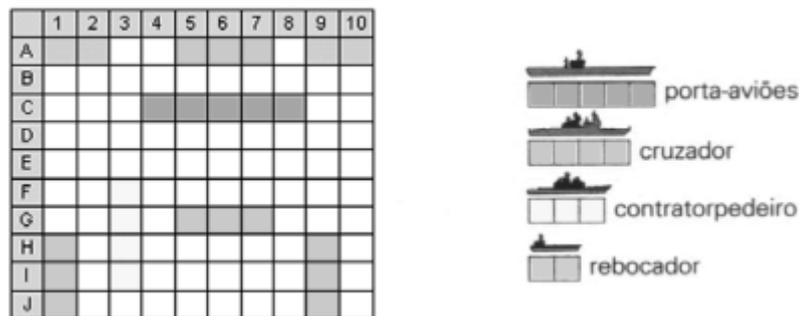


Fig. 1 – Cartela para realização do desafio 01.

Para estabelecer as coordenadas dos pontos solicitados considere que o número deve ser o primeiro elemento do par. A letra, será o segundo elemento do par ordenado. Exemplo: (1, A). Sendo assim, responda:

- 1) Quais as posições ocupadas pelo seu porta-aviões?
- 2) Se o seu adversário disparar um “tiro” para a posição (6,E), atingirá algum de seus navios?
- 3) Se o seu adversário disparar um “tiro” para a posição (7,G), atingirá algum de seus navios?
- 4) Qual número mínimo de “tiros” que seu adversário deve dar para afundar todos os seus rebocadores?
- 5) O seu cruzador será afundado se o seu adversário disparar 4 “tiros” para quais posições?
- 6) Se o seu adversário der 25 “tiros” seguidos e todos certos, ele conseguirá afundar toda a sua frota?
- 7) Considerando o que você entendeu sobre as coordenadas do jogo, diga quantas referências no plano foram utilizadas para indicar cada tiro? Qual a importância de se estipular uma referência padrão?

**APÊNDICE E – Atividade 1.3 – Consolidando conhecimentos sobre plano cartesiano – desafio n° 2****Integrantes do grupo:** \_\_\_\_\_ (turma: \_\_\_\_\_)**Nome:** \_\_\_\_\_**Nome:** \_\_\_\_\_**Nome:** \_\_\_\_\_**Parte 1:**

Você está recebendo um recorte do mapa da região sudoeste do RS que faz divisa com o Uruguai (Fig. N° 1). Nele se encontra um sistema de eixos cartesianos para que sejam identificadas coordenadas referentes à localização das cidades ou locais sugeridos, de acordo com as perguntas abaixo.

**Questões:**

1. Identifique as coordenadas da cidade de Dom Pedrito.
2. Estabeleça as coordenadas da cidade de Bagé.
3. Identifique as coordenadas da cidade de Santana da Boa Vista.
4. Quais são as coordenadas da cidade de Candiota?
5. Quais são as coordenadas da cidade de Cerrito?
6. Identifique qual cidade localiza-se nas coordenadas (6,0; -3,0).
7. Verifique que cidade encontra-se nas coordenadas (-7,0; 4,0).
8. Identifique qual cidade localiza-se nas coordenadas (2,0; -4,0).
9. Qual cidade localiza-se nas coordenadas (-3,2; -7,1)?

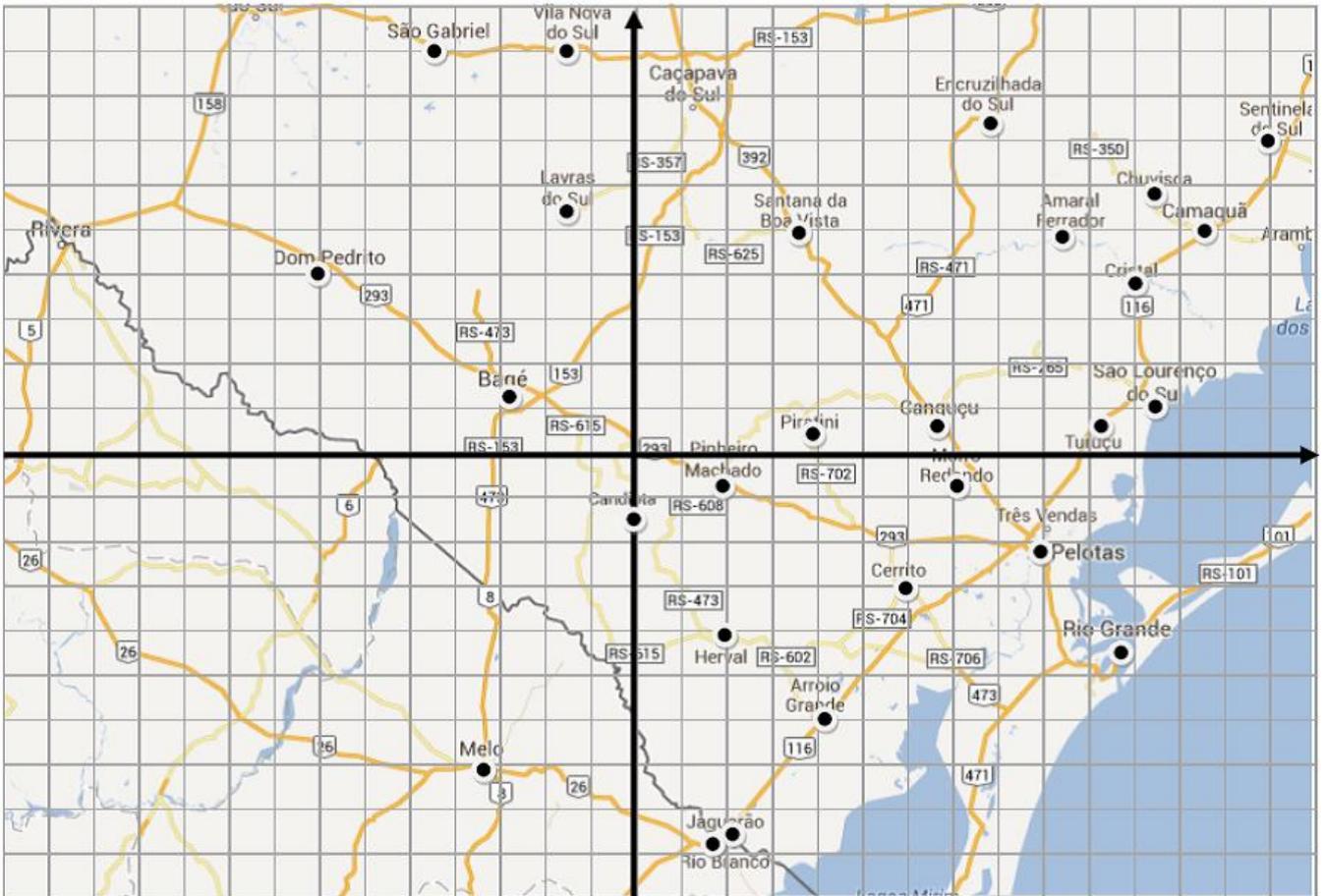


Fig. Nº 1

**Parte 2:**

Considerando os planos cartesianos das figuras abaixo, desenvolva as seguintes atividades:

10. Na fig. Nº 2 desenhe o triângulo ABC, sendo  $A(0, -2)$ ,  $B(3, -2)$  e  $C(0, 2)$ .
11. Considerando as unidades de medida que separam os pontos A e B e os pontos A e C, quantas unidades de medida separam os pontos B e C?
12. Na fig. Nº 3 desenhe o trapézio ABCD, sendo  $A(2, 1)$ ,  $B(4, 3)$ ,  $C(6, 3)$  e  $D(8, 1)$ . Identifique as coordenadas dos pontos do quadrado inscrito no trapézio.

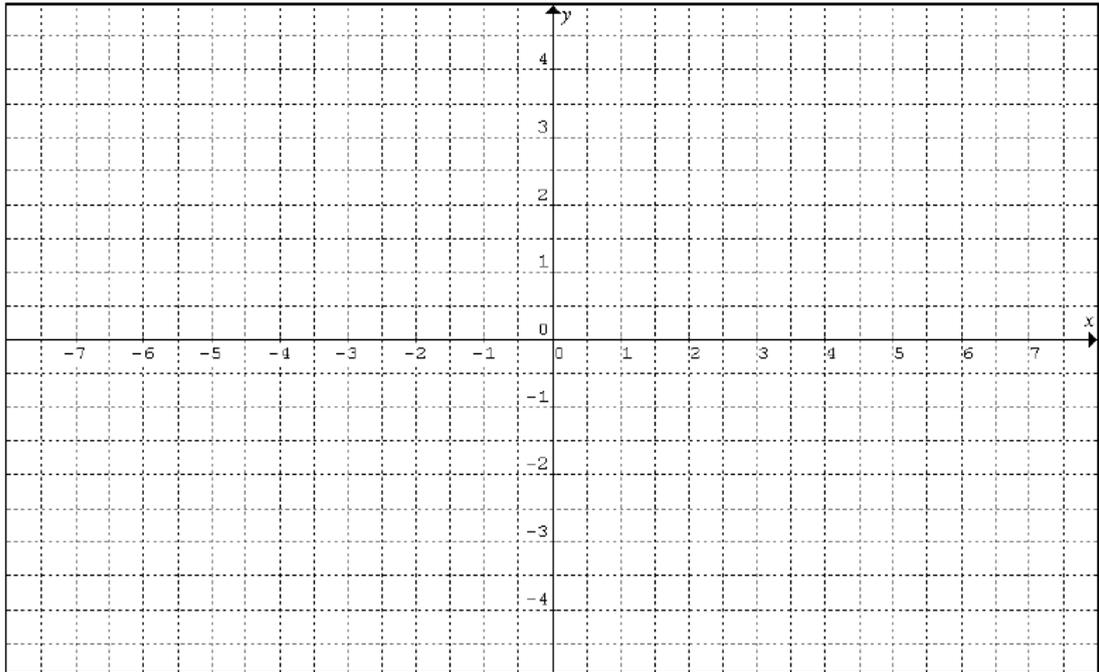


Fig. N° 2

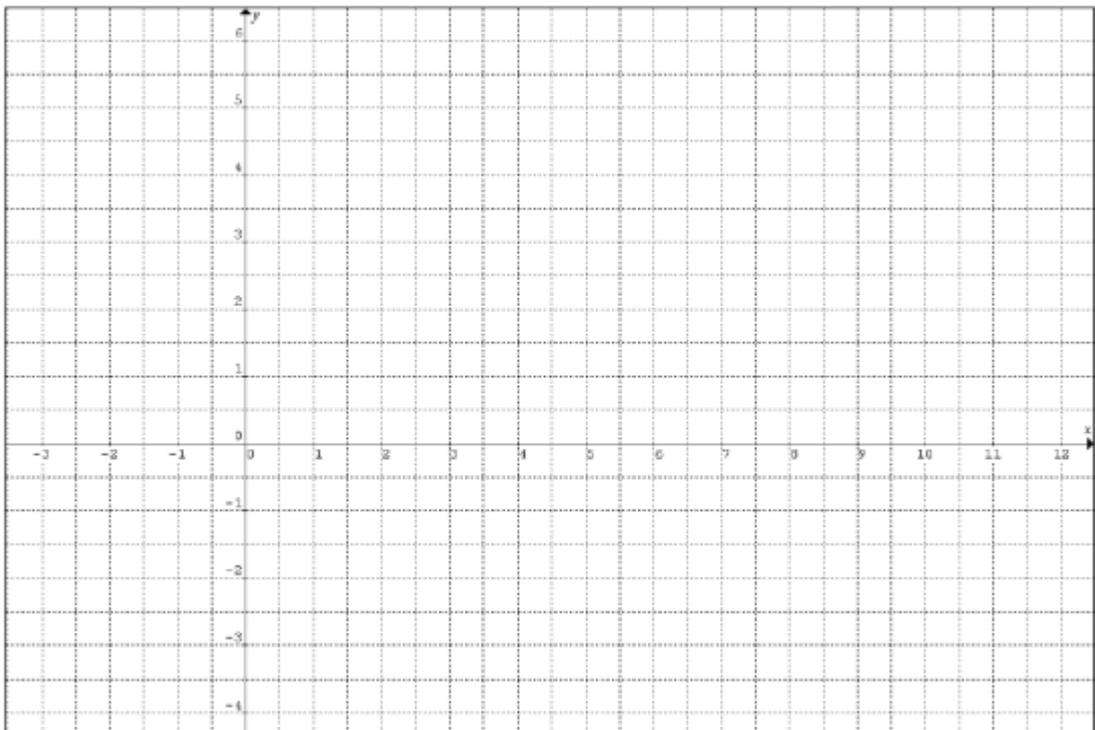


Fig. N° 3

## APÊNDICE F – Atividade 1.4 – Atividade complementar – plano cartesiano

**Integrantes do grupo:** \_\_\_\_\_ (turma: \_\_\_\_\_)

**Nome:** \_\_\_\_\_

**Nome:** \_\_\_\_\_

**Nome:** \_\_\_\_\_

**Nome:** \_\_\_\_\_

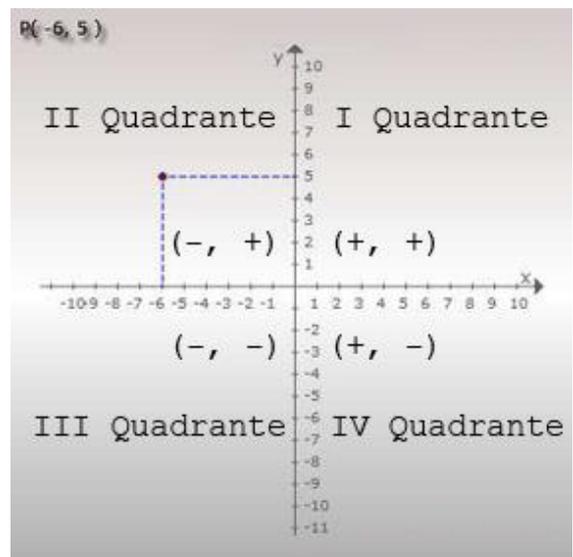
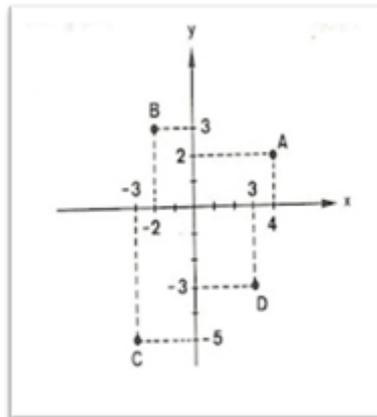
**Nome:** \_\_\_\_\_

Neste guia apresentamos uma revisão do conteúdo trabalhado nas atividades sobre o plano cartesiano, fazendo uma preparação para a última atividade desse módulo, que será concluído com a construção do plano cartesiano na quadra de esportes da escola.

Conforme estudamos, o plano cartesiano é o conjunto de todos os pontos constantes em um plano, no qual representamos duas retas perpendiculares (que formam um ângulo de  $90^\circ$  entre si). Nessas retas, ao designarmos os eixos x e y, chamamos o **eixo x** de **eixo das abscissas** e o **eixo y** de **eixo das ordenadas**.

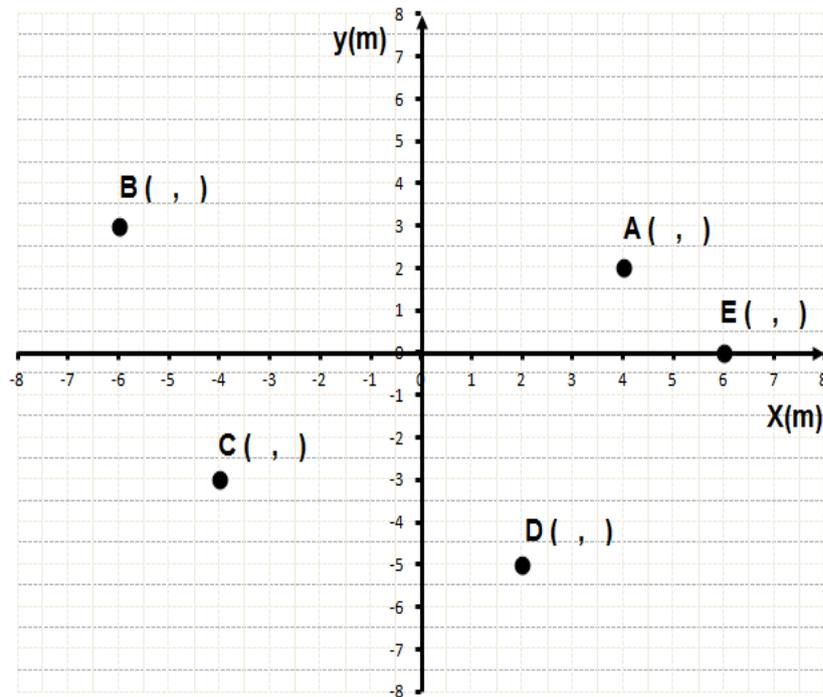
Em um plano cartesiano pode-se determinar pontos em um determinado espaço. A representação do ponto neste plano é feita através de **par ordenado (X, Y)** onde o primeiro número se refere à **abscissa** e o segundo a **ordenada**. Na figura abaixo à direita, vemos a representação do ponto  $P(-6,5)$ , no qual tem abscissa -6 e ordenada 5, onde o símbolo  $(-6,5)$  representa um par ordenado. Ao ponto localizado no cruzamento de ambos os eixos damos o nome de **origem do sistema de coordenadas cartesianas**, representado por **O (0, 0)**.

Exemplo 1: Vamos representar os seguintes pares ordenados:  $A(4,2)$ ,  $B(-2,3)$ ,  $C(-3,-5)$ ,  $D(3,-3)$ .



A atividade a seguir terá início na sala de aula, onde serão designadas as coordenadas dos pontos constantes no plano cartesiano e o cálculo das respectivas distâncias, realizando na sequência a comprovação prática dessas distâncias no plano construído no pátio.

- 1) Considere que João partiu do ponto **A** com destino até o ponto **E**, porém no caminho ele passou pelos pontos **B**, **C** e **D**. Determine a coordenada de cada ponto.



- 2) Encontre a distância entre os pontos:

A-B: \_\_\_\_\_

B-C: \_\_\_\_\_

C-D: \_\_\_\_\_

D-E: \_\_\_\_\_

A-E: \_\_\_\_\_

- 3) No pátio da escola, estabeleça um plano cartesiano e cada integrante do grupo deverá se posicionar em um ponto da trajetória de João.
- 4) Agora, utilizando uma trena e uma corda verifique se os valores estão corretos. Assim, meça as distâncias e compare com os valores obtidos no gráfico, lembre-se que poderá resultar em valores aproximados.

- 5) Imagine que em uma partida de futebol dois atacantes ficam cara a cara com o goleiro do time adversário em uma jogada de contra-ataque. Um fotógrafo registrou a imagem e observou que um atacante estava a 5,00 metros e o outro a 10,00 metros do goleiro e que a distância entre os atacantes era de aproximadamente 9,85 metros. Dadas essas informações procure representar essa situação e com a bola no pé de um dos atacantes conclua a jogada com mais um passe e um chute a gol.

Dica: Os outros dois integrantes do grupo podem ser inseridos na partida (atacantes ou zagueiros do time adversário). Use a criatividade.

- 6) Concluída a jogada escreva um pequeno texto narrando essa jogada de contra-ataque, incluindo as posições de cada jogador.

**APÊNDICE G – Atividade 2.1 – Utilização do carrinho automatizado com a plataforma Arduino para o ensino-aprendizagem de gráficos da Cinemática – Ativ. N° 1**

**Integrantes do grupo:**

**(turma: \_\_\_\_\_)**

**Nome:** \_\_\_\_\_

**Nome:** \_\_\_\_\_

**Nome:** \_\_\_\_\_

**Nome:** \_\_\_\_\_

**Nome:** \_\_\_\_\_

**Considerações Iniciais:**

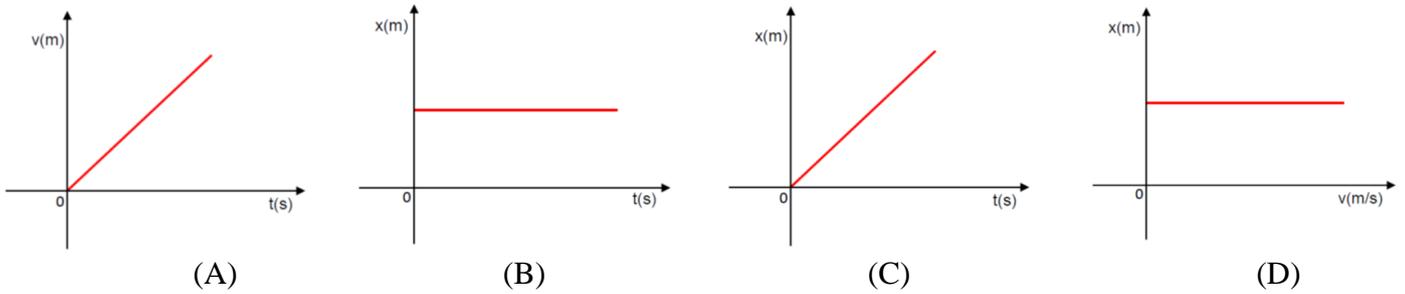
O uso de tecnologias está presente em todos os setores da sociedade contemporânea, sendo o domínio de habilidades para lidar e tirar o melhor proveito dessas tecnologias um fator de êxito em nossa vida social e profissional. Nesse contexto, o computador tornou-se uma importante ferramenta de uso cotidiano e que utilizamos cada vez mais como aliado no ensino-aprendizagem dos mais variados conteúdos em sala de aula, em todos os níveis de ensino.

O uso de plataformas reprogramáveis para montagem de experimentos é um recurso que desperta a curiosidade e o interesse dos estudantes em aprender os conceitos que se queira trabalhar. Usaremos em nossas próximas aulas a plataforma reprogramável ARDUINO associada a um carrinho automatizado que possui sensores de infravermelho. Este carrinho percorrerá certas distâncias em certos intervalos de tempos com velocidades variadas, as quais o próprio aluno poderá escolher. A partir destes dados construiremos gráficos, para obter a função da posição *versus* tempo e da velocidade *versus* tempo.

**DESENVOLVIMENTO DA ATIVIDADE**

**Primeira Situação (utilizando a velocidade 1 do carrinho)**

1) Clique no botão 1 do controle remoto e observe o movimento do carrinho para identificar o gráfico abaixo que melhor pode representar o movimento do carrinho. Justifique a opção escolhida.



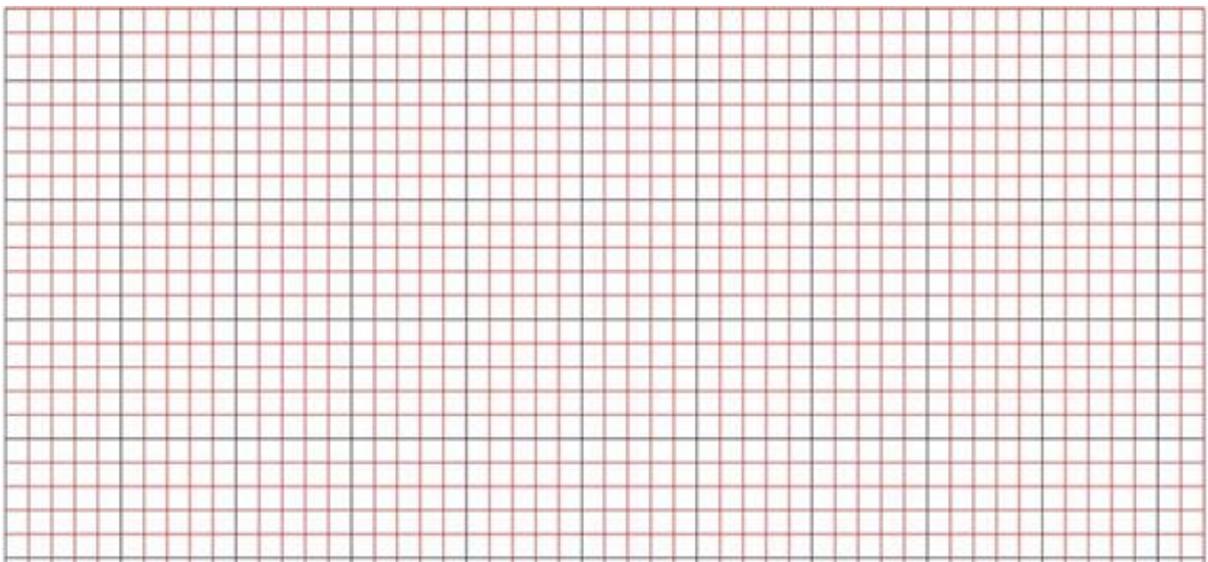
2) Observe o movimento do carrinho e proceda conforme as orientações abaixo:

Você fará a tomada dos tempos em que o carrinho passa pelas posições marcadas na pista e constantes na tabela 1, anotando inicialmente na coluna relativo ao *tempo 1*. Repita o movimento com seu carrinho, fazendo novamente a tomada dos tempos nas respectivas posições da pista e anote esses tempos na coluna do *tempo 2*. Finalizando, calcule a média aritmética entre os tempos 1 e 2, colocando o resultado na coluna *tempo médio*, o qual será usado para a construção do gráfico da posição *vs.* tempo correspondente.

**Tabela 1: Tabela da posição e tempo do experimento.**

Posição (m)	Tempo (s)		
	Tempo 1	Tempo 2	Tempo médio
$X_0 = 0$	$t_0 =$		
$X_1 = 0,5$	$t_1 =$		
$X_2 = 1,0$	$t_2 =$		
$X_3 = 1,5$	$t_3 =$		
$X_4 = 2,0$	$t_4 =$		
$X_5 = 2,5$	$t_5 =$		
$X_6 = 3,0$	$t_6 =$		
$X_7 = 3,5$	$t_7 =$		
$X_8 = 4,0$	$t_8 =$		

3) Com os dados obtidos construa um gráfico da posição *versus* tempo do movimento:



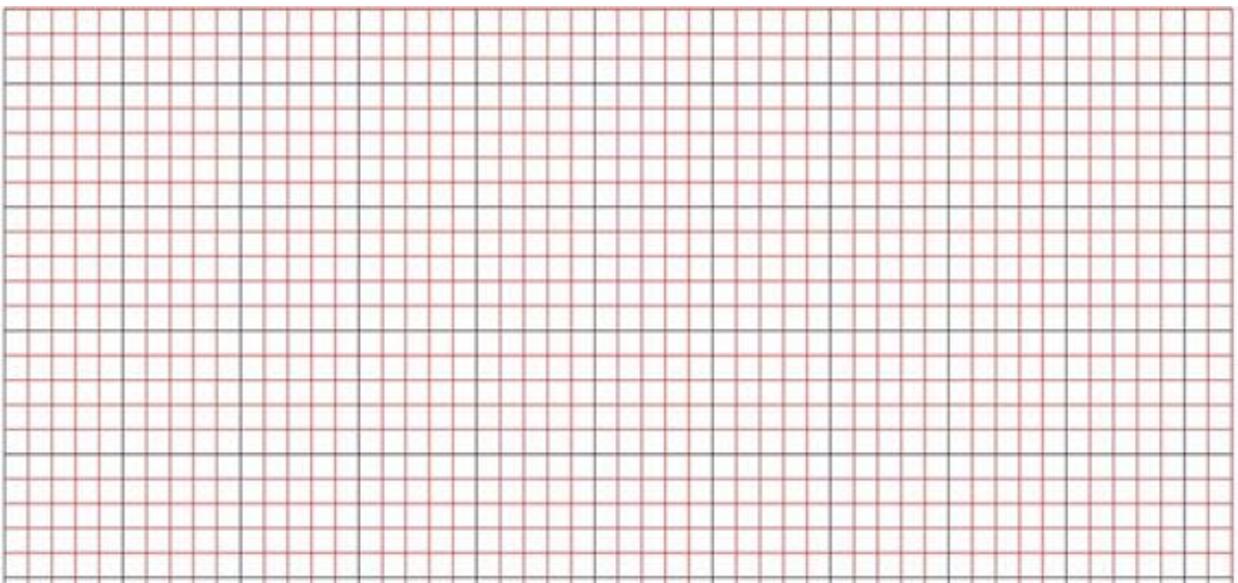
4) A partir dos dados encontrados calcularemos a velocidade média em que o carrinho passa em cada posição marcada no trilho e especificada na tabela 2, considerando:

- $v_{m n} = \frac{\Delta X_n}{\Delta t_n}$
- O deslocamento ( $\Delta X_n$ ) é obtido pela diferença algébrica entre as posições sucessivas do carrinho no intervalo de tempo considerado ( $\Delta X_n = X_n - X_{(n-1)}$ ).
- No intervalo de tempo ( $\Delta t_n = t_n - t_{(n-1)}$ ), o carrinho passa da posição inicial  $X_{(n-1)}$  à posição  $X_n$ .

**Tabela 2: Preencha a tabela de acordo com o solicitado**

Deslocamento (m)	Intervalo de tempo (s)	Velocidade média (m/s)
$\Delta X_n = X_n - X_{(n-1)}$	$\Delta t_n = t_n - t_{(n-1)}$	$v_{m n} = \frac{\Delta X_n}{\Delta t_n}$
$\Delta X_1 = X_1 - X_0 =$	$\Delta t_1 = t_1 - t_0 =$	$v_{m1} =$
$\Delta X_2 = X_2 - X_1 =$	$\Delta t_2 = t_2 - t_1 =$	$v_{m2} =$
$\Delta X_3 = X_3 - X_2 =$	$\Delta t_3 = t_3 - t_2 =$	$v_{m3} =$
$\Delta X_4 = X_4 - X_3 =$	$\Delta t_4 = t_4 - t_3 =$	$v_{m4} =$
$\Delta X_5 = X_5 - X_4 =$	$\Delta t_5 = t_5 - t_4 =$	$v_{m5} =$
$\Delta X_6 = X_6 - X_5 =$	$\Delta t_6 = t_6 - t_5 =$	$v_{m6} =$
$\Delta X_7 = X_7 - X_6 =$	$\Delta t_7 = t_7 - t_6 =$	$v_{m7} =$
$\Delta X_8 = X_8 - X_7 =$	$\Delta t_8 = t_8 - t_7 =$	$v_{m8} =$

5) Utilizando os dados da Tabela 2, construa o gráfico da velocidade em função do tempo:



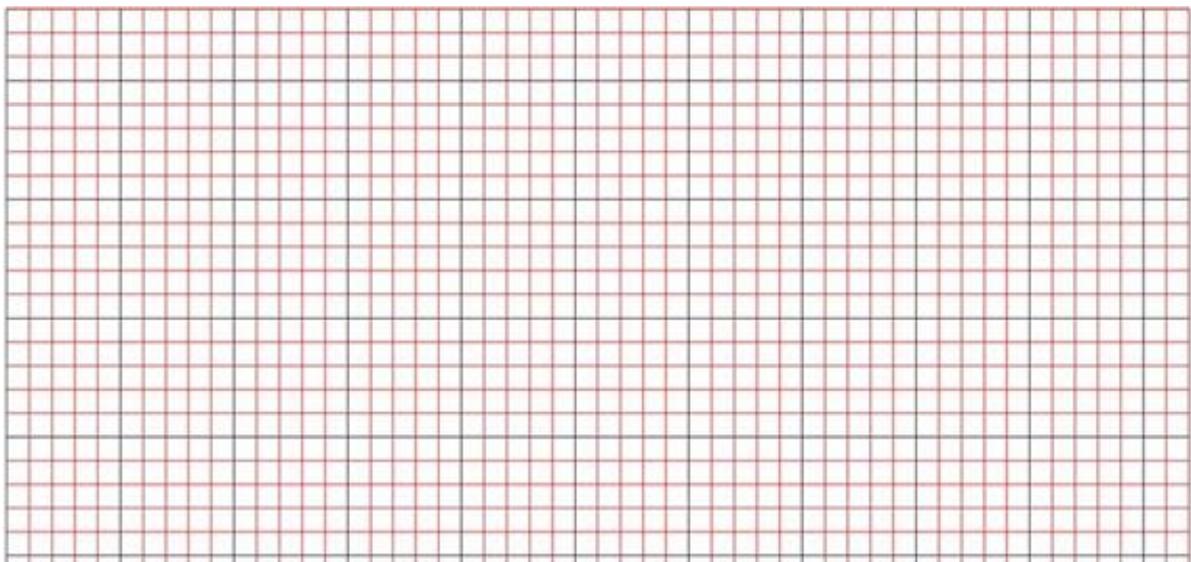
**Segunda Situação (utilizando a velocidade 2 do carrinho)**

6) Observe o movimento do carrinho na velocidade 2 e repita os procedimentos usados para a tomada dos tempos e preenchimento da tabela 1, relativa à velocidade 1 do carrinho, anotando na tabela 3, abaixo.

**Tabela 3: Tabela da posição e tempo do experimento.**

Posição (m)	Tempo (s)		
	Tempo 1	Tempo 2	Tempo médio
$X_0 = 0$	$t_0 =$		
$X_1 = 0,5$	$t_1 =$		
$X_2 = 1,0$	$t_2 =$		
$X_3 = 1,5$	$t_3 =$		
$X_4 = 2,0$	$t_4 =$		
$X_5 = 2,5$	$t_5 =$		
$X_6 = 3,0$	$t_6 =$		
$X_7 = 3,5$	$t_7 =$		
$X_8 = 4,0$	$t_8 =$		

7) Com os dados obtidos, na Tabela 3, construa um gráfico da posição *versus* tempo do movimento anterior:

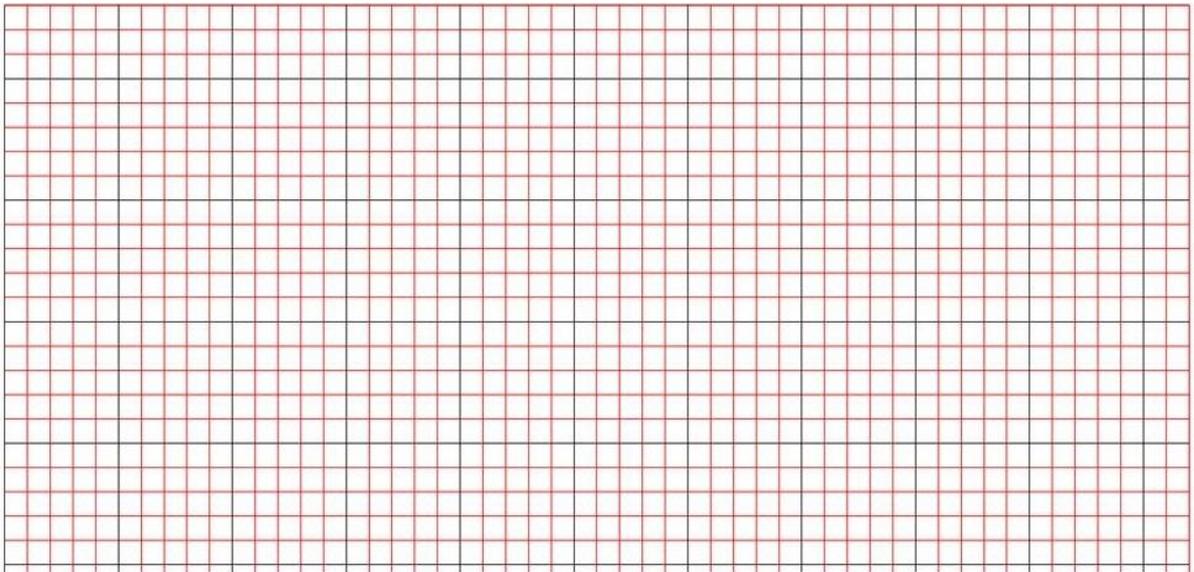


8) Com os dados obtidos a partir do movimento na velocidade 2 do carrinho (transcritos na tabela 3), observe os procedimentos adotados para o cálculo da velocidade média da tabela 2 e proceda da mesma forma, anotando os resultados na tabela 4, abaixo:

**Tabela 4: Preencha a tabela de acordo com o solicitado**

Deslocamento (m)	Intervalo de tempo (s)	Velocidade média (m/s)
$\Delta X_n = X_n - X_{(n-1)}$	$\Delta t_n = t_n - t_{(n-1)}$	$v_{m n} = \frac{\Delta X_n}{\Delta t_n}$
$\Delta X_1 = X_1 - X_0 =$	$\Delta t_1 = t_1 - t_0 =$	$v_{m1} =$
$\Delta X_2 = X_2 - X_1 =$	$\Delta t_2 = t_2 - t_1 =$	$v_{m2} =$
$\Delta X_3 = X_3 - X_2 =$	$\Delta t_3 = t_3 - t_2 =$	$v_{m3} =$
$\Delta X_4 = X_4 - X_3 =$	$\Delta t_4 = t_4 - t_3 =$	$v_{m4} =$
$\Delta X_5 = X_5 - X_4 =$	$\Delta t_5 = t_5 - t_4 =$	$v_{m5} =$
$\Delta X_6 = X_6 - X_5 =$	$\Delta t_6 = t_6 - t_5 =$	$v_{m6} =$
$\Delta X_7 = X_7 - X_6 =$	$\Delta t_7 = t_7 - t_6 =$	$v_{m7} =$
$\Delta X_8 = X_8 - X_7 =$	$\Delta t_8 = t_8 - t_7 =$	$v_{m8} =$

9) Utilizando os dados da Tabela 4, construa o gráfico da velocidade em função do tempo:



10) Interpretar e discutir os gráficos dos itens anteriores. Qual a relação existente entre a inclinação da reta dos gráficos com a velocidade do carrinho? Justifique.

**APÊNDICE H – Atividade 2.2 – Atividade Nº 2 com o carrinho automatizado – Consolidando os conceitos de deslocamento e velocidade através dos gráficos**

**Integrantes do grupo:** \_\_\_\_\_ (turma: \_\_\_\_\_)

**Nome:** \_\_\_\_\_

**Nome:** \_\_\_\_\_

**Nome:** \_\_\_\_\_

**Nome:** \_\_\_\_\_

**Nome:** \_\_\_\_\_

**Considerações Iniciais:**

1) Na primeira parte dessa aula será apresentado à turma os resultados obtidos no trabalho com os carrinhos e a construção dos gráficos realizados na aula anterior, sendo aberta discussão no grande grupo para reflexão e análise.

2) A seguir continuaremos o trabalho com os gráficos da Cinemática, com o objetivo de consolidar os conceitos de velocidade e deslocamento representados através dos gráficos.

**DESENVOLVIMENTO DA ATIVIDADE**

**Primeira parte (sorteio dos gráficos aos grupos)**

1) Inicialmente cada grupo receberá, de forma aleatória, dois gráficos, um relacionando a posição *versus* tempo e outro da velocidade *versus* tempo. Os grupos terão alguns minutos para discutir e interpretar os gráficos.

**Segunda parte (utilização dos carrinhos para reproduzir o movimento dos gráficos)**

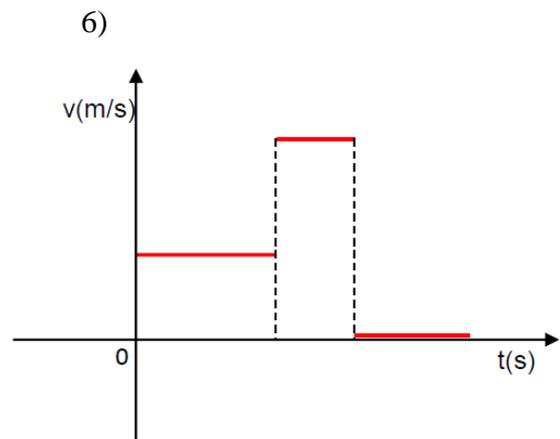
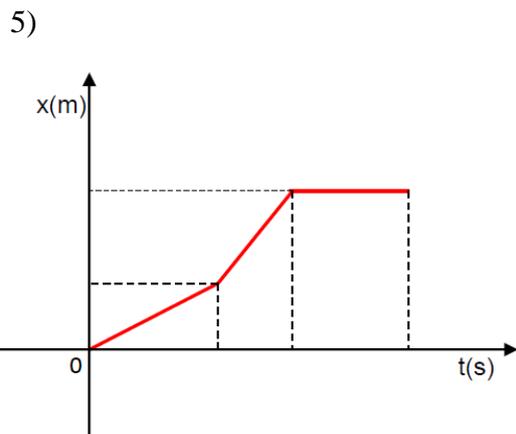
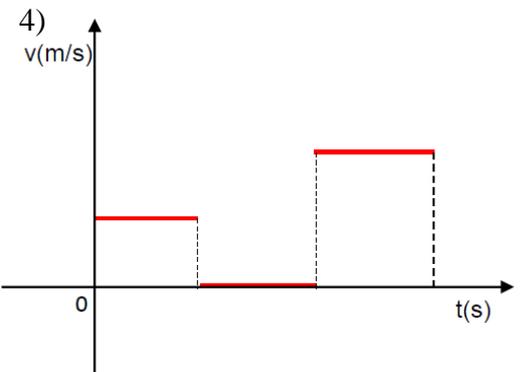
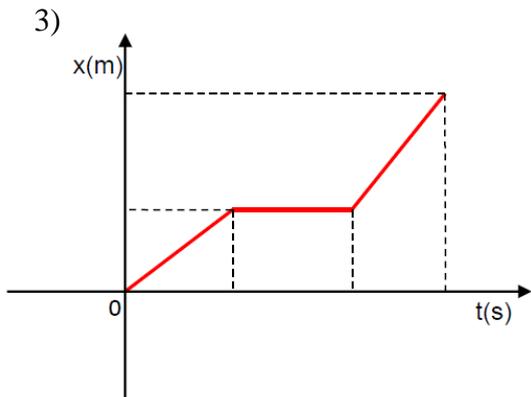
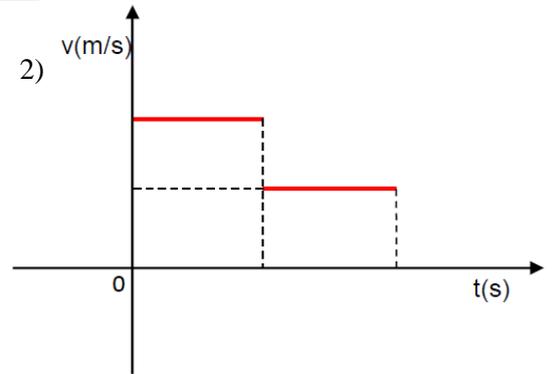
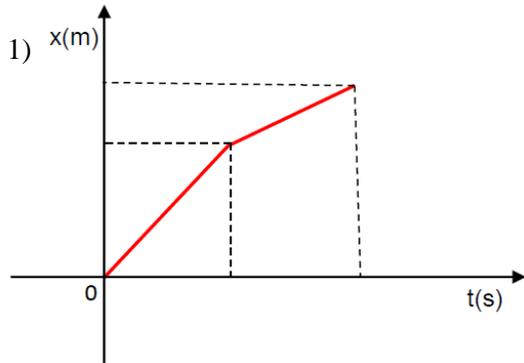
2) Após discutir e interpretar os gráficos recebidos, cada grupo usará os carrinhos automatizados para reproduzir os movimentos constantes nos gráficos.

**Terceira parte (apresentação dos movimentos no grande grupo)**

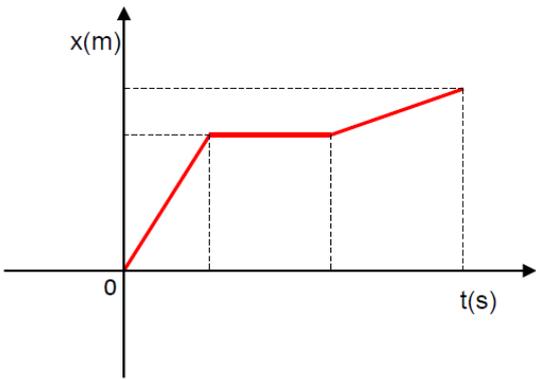
3) Concluindo a atividade, cada grupo apresentará seus gráficos ao grande grupo, demonstrando e explicando o movimento, utilizando o carrinho automatizado.

**RELAÇÃO DOS GRÁFICOS UTILIZADOS NA ATIVIDADE:  
CONSOLIDANDO OS CONCEITOS DE DESLOCAMENTO E VELOCIDADE**

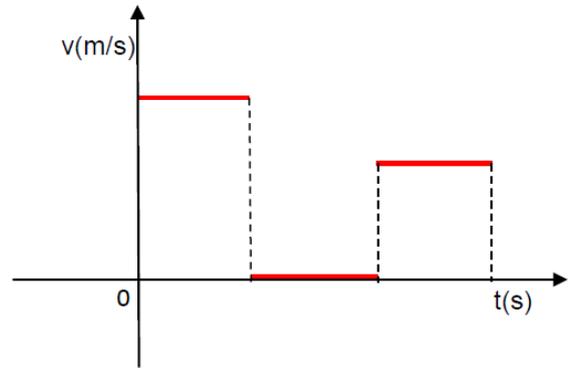
**ATRAVÉS DOS GRÁFICOS**



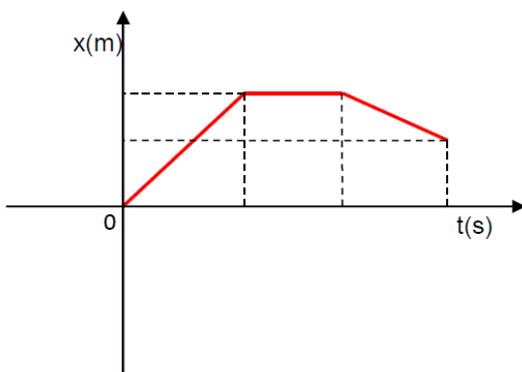
7)



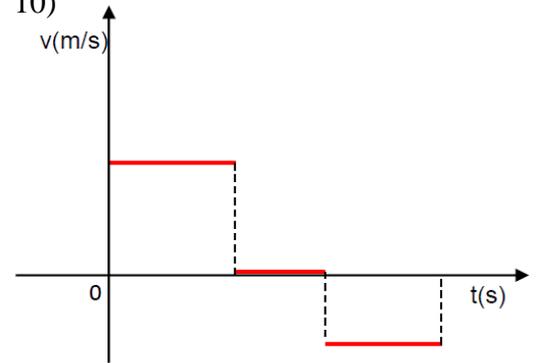
8)



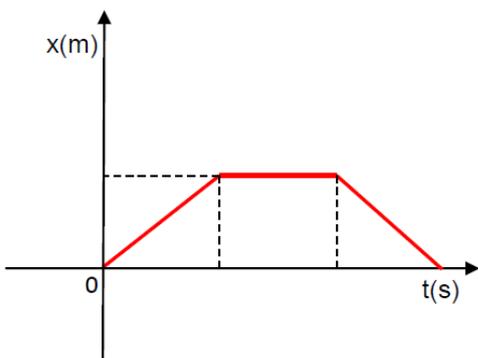
9)



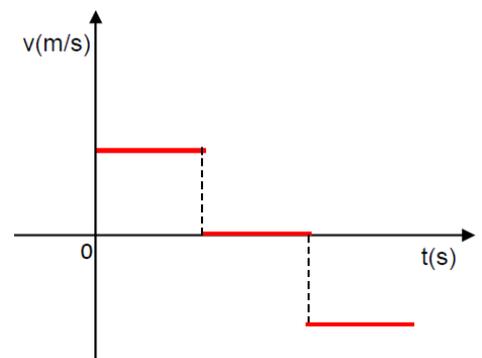
10)



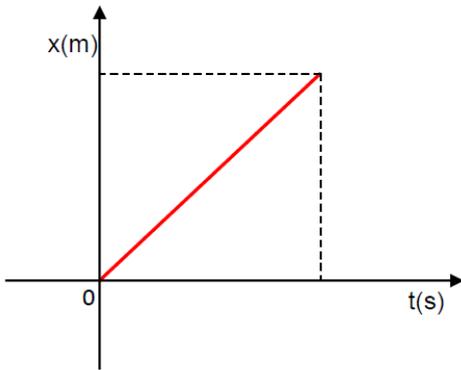
11)



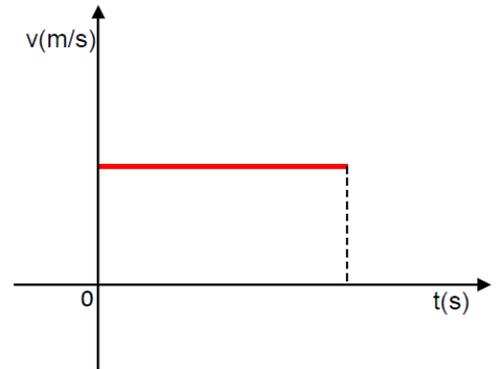
12)



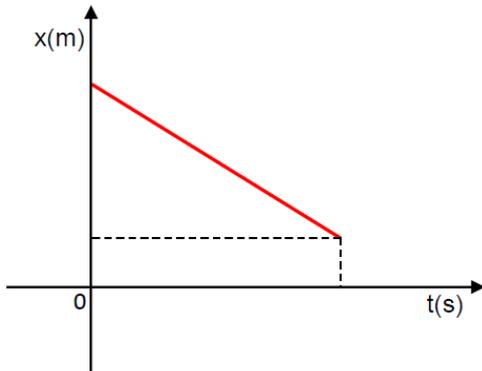
13)



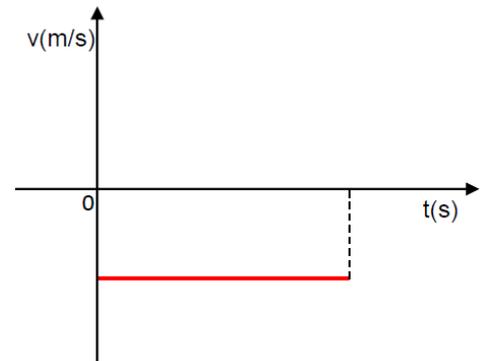
14)



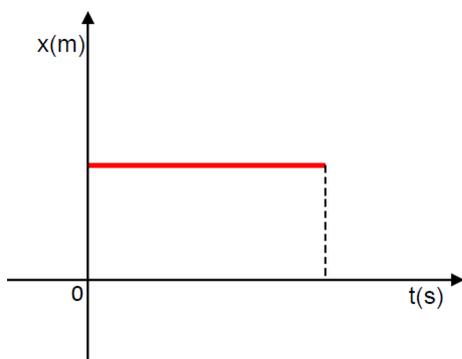
15)



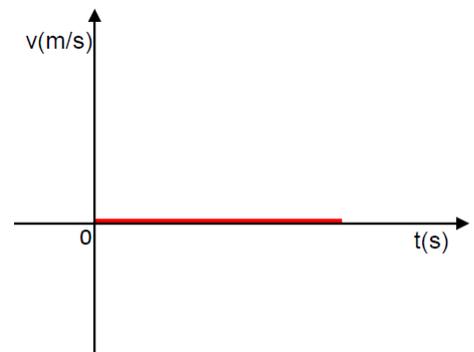
16)



17)



18)



**APÊNDICE I - Atividade 2.3 – Atividade Nº 3 com o carrinho automatizado – Consolidando os conceitos de deslocamento e velocidade através dos gráficos – Atividade complementar**

**Integrantes do grupo:**

**(turma:\_\_\_\_\_)**

**Nome:**\_\_\_\_\_

**Nome:**\_\_\_\_\_

**Nome:**\_\_\_\_\_

**Nome:**\_\_\_\_\_

**Nome:**\_\_\_\_\_

**Considerações Iniciais:**

1) Na primeira parte desta aula será apresentado à turma os resultados obtidos no trabalho com os carrinhos e a interpretação dos gráficos realizados nas aulas anteriores, bem como o resultado do pós-teste, sendo aberta discussão no grande grupo para reflexão e análise.

2) A seguir desenvolveremos atividade com o objetivo de complementar e consolidar os conceitos de velocidade e deslocamento representados através dos gráficos.

**DESENVOLVIMENTO DA ATIVIDADE**

**Primeira parte (sorteio dos carrinhos pré-programados aos grupos)**

1) Inicialmente cada grupo receberá, de forma aleatória, um carrinho automatizado, o qual foi programado para desenvolver movimentos variados nos respectivos intervalos de tempo. Cada grupo observará o movimento do seu carrinho e terá alguns minutos para discutir e interpretar o movimento do mesmo, escolhendo em seguida, o gráfico da posição *versus* tempo que melhor represente o movimento de seu carrinho.

### **Segunda parte (descrição textual da análise gráfica do movimento)**

2) Após discutir e interpretar o movimento do carrinho, escolhendo o devido gráfico correspondente, cada grupo deverá contar a história do movimento, expressando através texto o que ocorreu nos diferentes intervalos de tempo com o carrinho e como foi representado no gráfico.

### **Terceira parte (confeccionar o gráfico da velocidade *versus* tempo correspondente)**

3) Continuando a atividade, cada grupo deverá construir o gráfico da velocidade *versus* tempo correspondente ao movimento de seu carrinho.

Na sequência, cada grupo fará apresentação ao grande grupo do tipo de movimento realizado por seu carrinho, explicando o porquê da escolha dos respectivos gráficos.

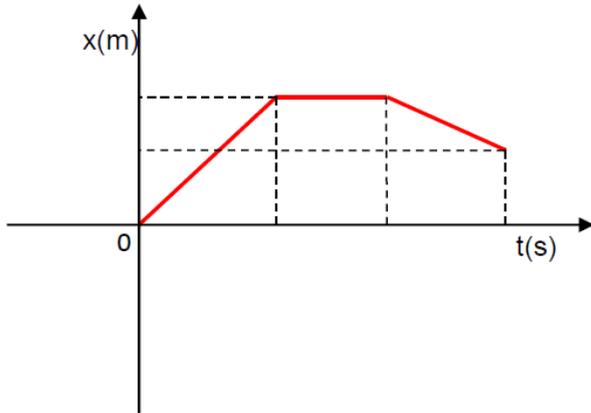
### **Conclusão da atividade (apresentação dos movimentos no grande grupo)**

4) Concluindo a atividade, cada grupo apresentará seus gráficos ao grande grupo, demonstrando e explicando o movimento, utilizando o carrinho automatizado.

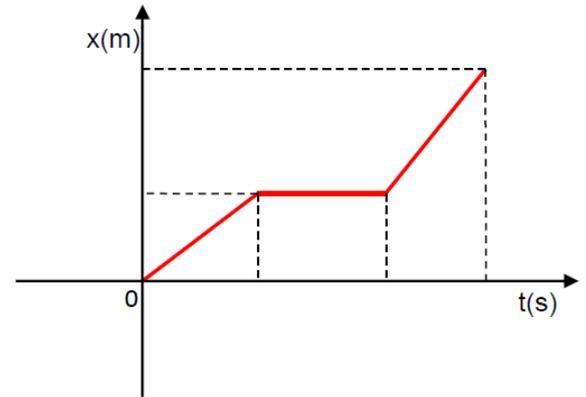
**RELAÇÃO DOS GRÁFICOS UTILIZADOS NA ATIVIDADE:  
CONSOLIDANDO OS CONCEITOS DE DESLOCAMENTO E VELOCIDADE**

**ATRAVÉS DOS GRÁFICOS – ATIVIDADE DE REFORÇO**

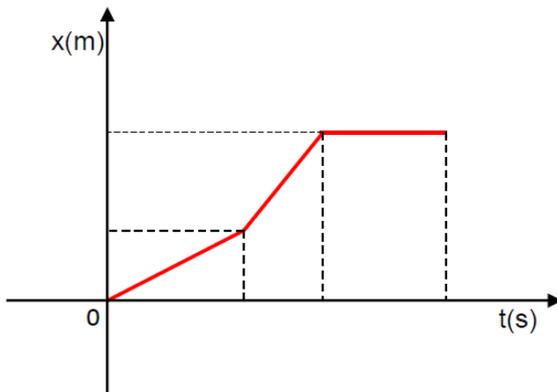
1)



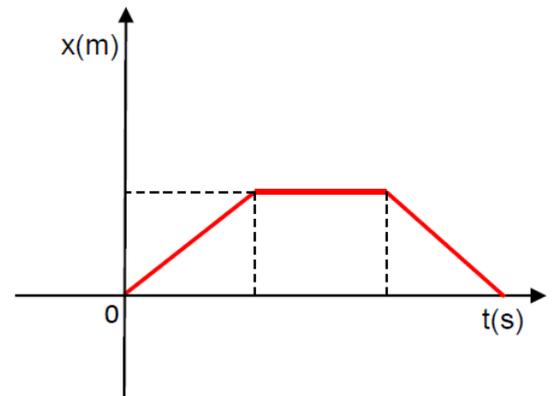
2)



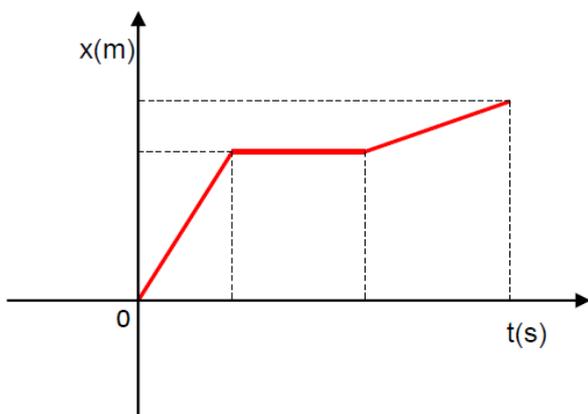
3)



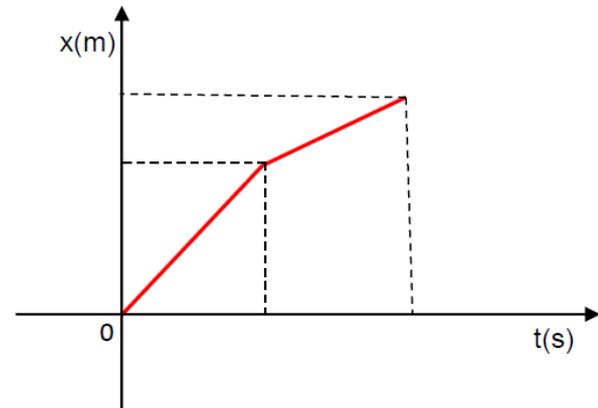
4)



5)



6)



**APÊNDICE J - Atividade 2.4 – Entrevista avaliativa: utilizando o sensor de posição com a plataforma Arduino para interpretar e construir gráficos do movimento****Integrantes do grupo:****(turma: \_\_\_\_\_)****Nome:** \_\_\_\_\_**Nome:** \_\_\_\_\_**Nome:** \_\_\_\_\_**Nome:** \_\_\_\_\_**Nome:** \_\_\_\_\_

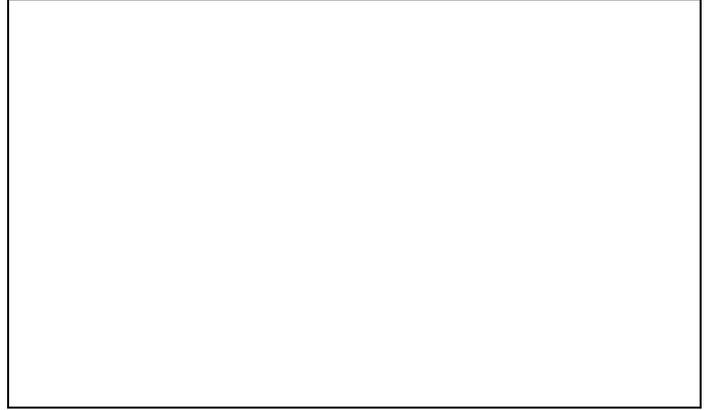
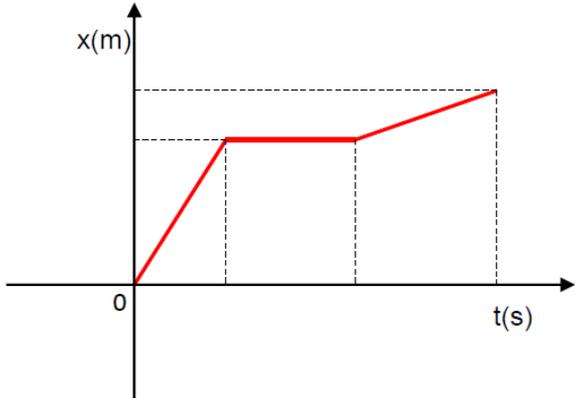
Durante os últimos meses trabalhamos em várias atividades com o objetivo de criarmos alternativas didáticas que facilitem o entendimento e a interpretação de dados contidos em gráficos. No decorrer dos trabalhos realizamos alguns testes para avaliar o entendimento de vocês sobre a interpretação de gráficos. A atividade apresentada neste momento lançará mão de tecnologias aplicadas ao ensino-aprendizagem e servirá para complementar o conjunto de informações obtidas durante a realização das aulas, compondo o rol de informações que serão consideradas para a avaliação do desempenho de vocês em relação aos objetivos propostos na unidade didática.

Vocês assistirão a uma demonstração sobre o funcionamento do instrumento que utilizarão para construir os gráficos e terão dois minutos para testá-lo. Em seguida seu grupo receberá um conjunto de quatro gráficos da posição vs. tempo, representando movimentos de um móvel em trajetória retilínea com velocidade e sentidos que poderão variar de acordo com o gráfico. O grupo terá 10 min para reproduzir o movimento representado nos gráficos, utilizando o instrumento preparado através da plataforma Arduino, o qual registrará sua interpretação do movimento na tela do computador e que poderá ser salva quando concluída a tarefa.

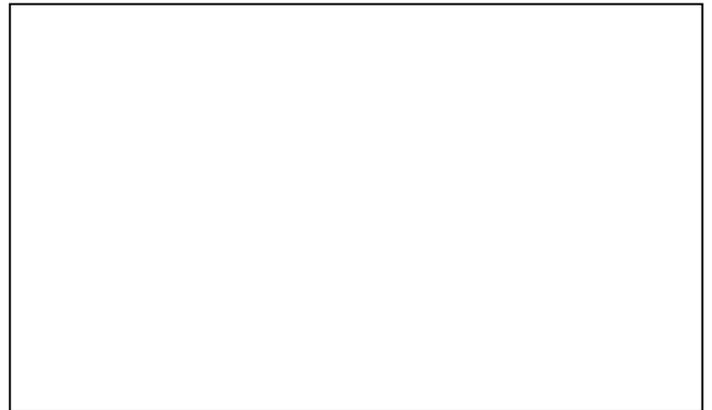
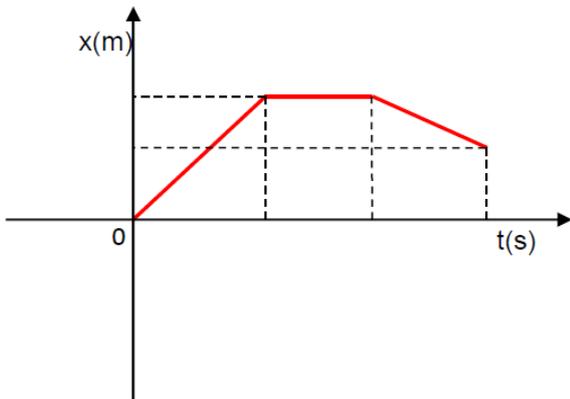
Opções de gráficos:

Espaço para o gráfico produzido:

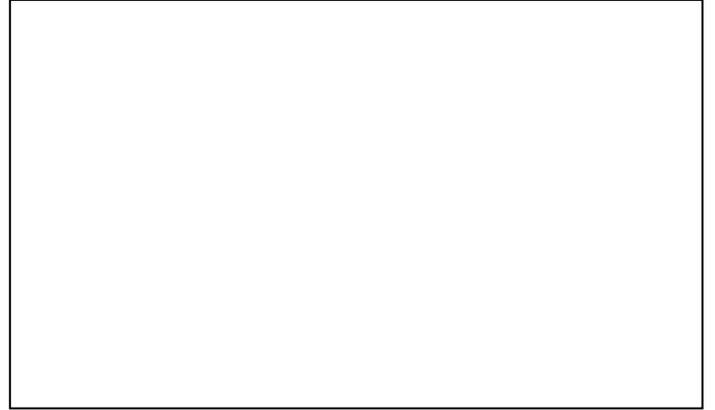
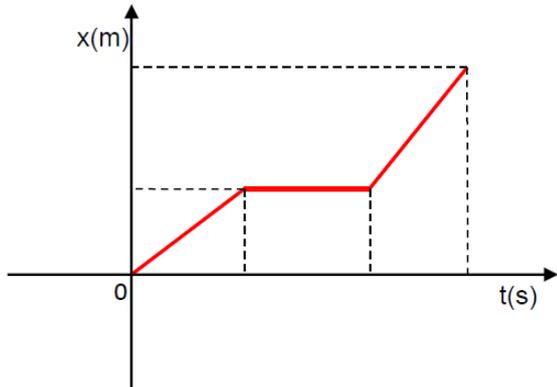
A)



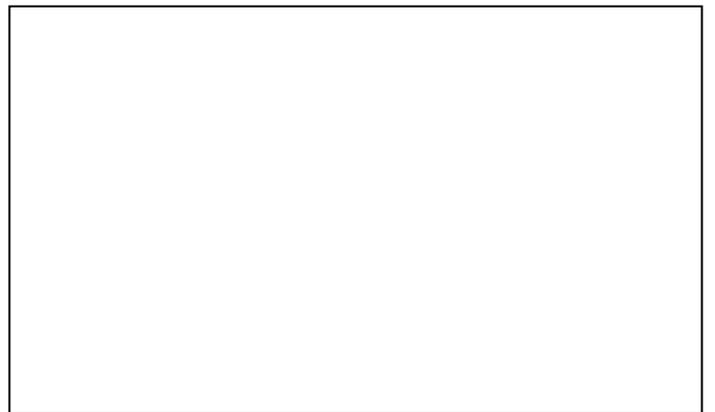
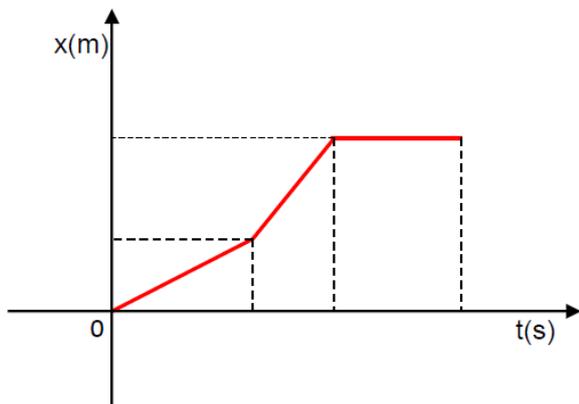
B)



C)



D)



## APÊNDICE K - Construção e programação da atividade com o sensor sonar

Neste Apêndice apresentamos o aparato experimental que construímos para possibilitar a construção de gráficos do movimento em tempo real, sendo utilizado para a prática dos estudantes sobre interpretação e construção de gráficos em Cinemática, servindo ainda, para avaliar o desempenho dos estudantes ao final da aplicação da unidade didática.

### 1. INTRODUÇÃO

As diversas atividades realizadas durante a aplicação deste trabalho de mestrado incluíam em seus objetivos, criar condições favoráveis aos estudantes para interpretar e construir gráficos da Cinemática. Entre os instrumentos avaliativos da proposta didática aplicada, realizamos uma entrevista avaliativa a qual estabeleceu que os estudantes deveriam interpretar o movimento realizado por um objeto e construir o gráfico da posição *vs.* tempo correspondente, em tempo real. Para a realização desta atividade desenvolvemos um aparato experimental, contendo a plataforma microcontrolada Arduino com um sensor sonar (HCSR04<sup>2</sup>) capaz de captar a posição de um determinado objeto. Através do *software* PLX-DAQ<sup>3</sup> dados de tempo e deslocamento referentes ao movimento deste objeto foram apresentados em uma planilha eletrônica propiciando a construção do gráfico da posição *vs.* tempo correspondente, em tempo real.

Apresentamos neste Apêndice, o material que utilizamos para a montagem desse aparato experimental, fornecendo o esquema da montagem do circuito e o código fonte correspondente à programação da plataforma Arduino.

### 2. MATERIAL NECESSÁRIO

- 01 placa microcontrolada Arduino
- 01 placa protoboard
- Cabos de ligação
- Sensor sonar HCSR04

---

<sup>2</sup> Mais informações do sensor estão disponíveis em: <http://www.micropik.com/PDF/HCSR04.pdf>. Acesso em 16 dezembro de 2014.

<sup>3</sup> Este *software* foi desenvolvido pela empresa Parallax Inc com o propósito de possibilitar a análise em tempo real de dados experimentais a partir de uma planilha eletrônica. Mais informações em: <http://www.parallax.com/downloads/plx-daq>. Acesso em 05 de dezembro de 2014.

### 3. DIAGRAMA ELÉTRICO

A montagem do circuito é relativamente muito simples, sendo necessário somente conectar os cinco terminais (GND, Vcc, Trig e TCHE) do sensor na placa Arduino (Fig. 1). Os terminais GND e Vcc são de alimentação, o Trigger envia um sinal sonoro, com frequência de ultrassom, que ao ser refletido por um objeto retorna ao sensor e o terminal Echo recebe o sinal (ECO do som emitido). Simultaneamente à emissão do sinal um pino digital do Arduino deve passar para o nível lógico “1” e assim que retornar o sinal o pino deve assumir nível “0”. Dessa forma, a posição do objeto em relação ao sensor pode ser encontrada a partir da velocidade do som e do tempo que o pino digital esteve com nível “1”, conforme descrito no código fonte do Quadro 1.

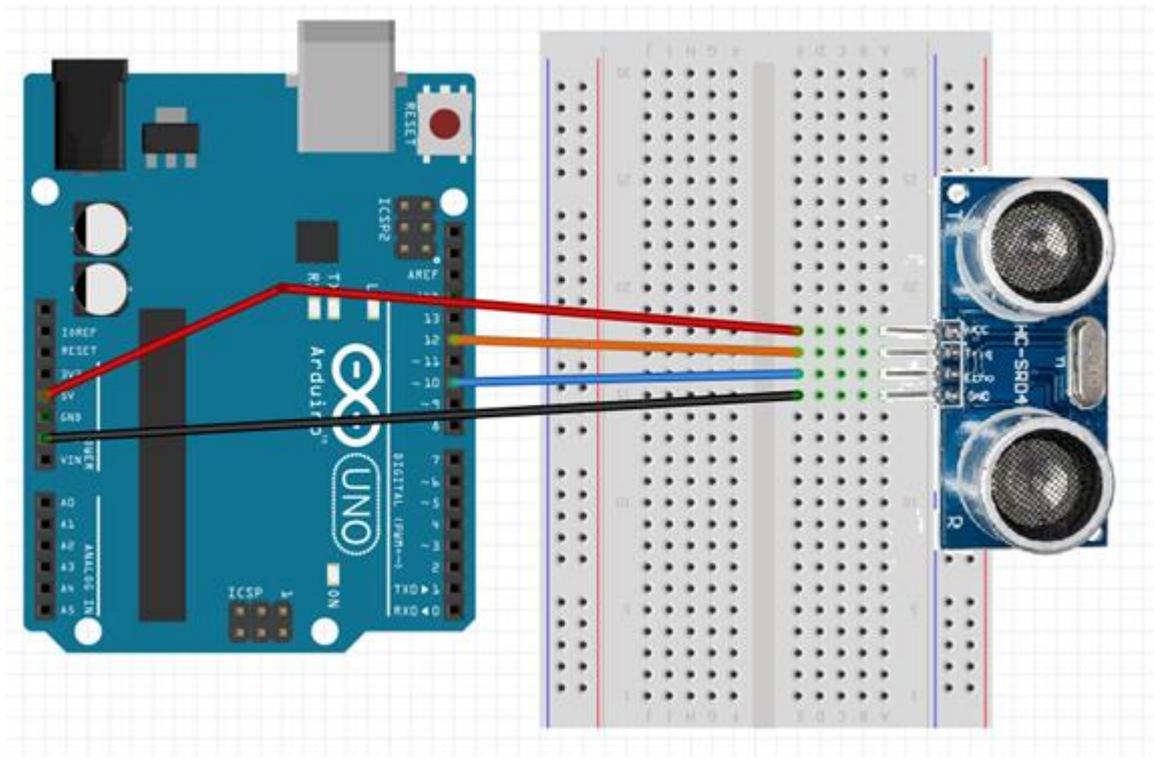


Fig. 1 - Esquemático simplificado do circuito.

#### 4. PROGRAMAÇÃO

No Quadro 1 apresentamos e comentamos o código fonte usado para programação do sensor.

Quadro 1 – Código fonte usado para a programação do sensor de posição

```
// Pino 12 ligado no pino Trigger do sensor sonar.
// O pino Trigger quando alimentado com 5.0 V durante 10 microssegundos emite oito pulsos ultrassônicos
com uma frequência de 40 KHz.
int sonar_trig = 12;

// Pino 10 ligado no pino Echo do sensor sonar.
// O pino Echo fica em estado alto no intervalo de tempo entre a emissão dos pulsos de 40 KHz e o retorno
dos pulsos - reflexão a partir de um objeto a frente do sensor.
int sonar_echo = 10;

// Contagem do tempo
float tempo=0;

// Variável que representa a posição do objeto em relação ao sensor. A origem do sistema de coordenada é
definida na posição do sensor.
float X;

// Tempo em que o pino Echo permanece no estado alto (tempo para os pulsos ultrassônicos percorrerem a tra-
jetória do sensor até o objeto e retornarem ao sensor).
float tempo_echo;

// O led instalado internamente na placa arduino no Pino 13, é usado para acender quando uma medida de po-
sição for maior que 2.0 metros.
// Um Led externo também pode ser conectado ao pino 13, para facilitar a visualização.
int Led = 13;

// Setup do Arduino
void setup() {

// Pino de Trigger do sensor sonar
pinMode(sonar_trig, OUTPUT);

// Pino Echo do sensor sonar
pinMode(sonar_echo, INPUT);

// Pino 13 da placa arduino
pinMode(Led, OUTPUT);

// Inicializa a porta serial
Serial.begin(19200);

// Interface com Excel (PLX-DAQ)
Serial.println("CLEARDATA");
Serial.println("LABEL,Time,tempo, X(cm)");
}

// Loop infinito
void loop() {

// Dispara o pulso de Trigger de 10us de largura
digitalWrite(sonar_trig, HIGH);
```

```

delayMicroseconds(10);
digitalWrite(sonar_trig, LOW);

//Zera a variável tempo_echo
tempo_echo = 0;

// Tempo para os pulsos ultrassônicos percorrerem a trajetória do sensor até o objeto e retornarem ao sensor.
// A função pulseIn cronometra o tempo em que o pino sonar_echo permanece alto (em microssegundos).
tempo_echo = pulseIn(sonar_echo, HIGH);

// O Cálculo da posição X entre o sensor e o objeto é obtido a partir de:  $x = 0.5 * (\text{tempo\_echo} \times 10^{-6} \text{ s} * 340 \text{ m/s})$ 
// Como o tempo é de ida e volta multiplicasse por 0.5, para transformar o tempo de microssegundos para segundos multiplicasse por  $10^{-6}$  e adotassemos 340 m/s para a velocidade do som.
X = 0.5*(tempo_echo * 1.0e-6 * 340);

// Conversão de X em metros para centímetros.
X = X * 100.0;

// Conta o tempo em milissegundos desde o início do programa.
tempo = millis();

// transforma o tempo de milissegundos em segundos.
tempo = tempo/1000;

if(X >= 200) {
  // O sensor não encontrou um objeto em uma posição inferior a 200 cm e o resultado deve ser descartado
  // Sinalizar com o led do Pino 13 da placa arduino
  digitalWrite(Led, HIGH);
} else {
  digitalWrite(Led, LOW);

  // Envia os dados das variáveis, Time, tempo e X para a porta serial, que podem ser visualizados na planilha do PLX-DAQ.
  Serial.print("DATA,TIME,"); Serial.print(tempo); Serial.print(","); Serial.println(X); Serial.print(",");
  Serial.println("ROW,SET,2");
}
// Aguarda o tempo mínimo recomendado, pelo fabricante do sensor, antes de fazer uma nova leitura (60 ms)
delay(60);
}

```

## ANEXO A

### DESCRIÇÃO DO CARRINHO AUTOMATIZADO UTILIZANDO A PLACA MICROCONTROLADA ARDUINO<sup>4</sup>

Pedro Dorneles [[pedro.unipampa@unipampa.edu.br](mailto:pedro.unipampa@unipampa.edu.br)]  
Edson M. Kakuno [[edson.kakuno@unipampa.edu.br](mailto:edson.kakuno@unipampa.edu.br)]  
Januário Dias Ribeiro [[januarioribeiro@unipampa.edu.br](mailto:januarioribeiro@unipampa.edu.br)]  
Rédi dos Santos [[redi.unipampa@gmail.com](mailto:redi.unipampa@gmail.com)]

#### 1. Introdução

Com base em trabalhos da literatura (Roque e Pereira, 2012 e Araujo, Veit e Moreira, 2004) sobre ensino de gráficos da Cinemática concebemos um carrinho automatizado com a placa Arduino (ARDUINO, 2014) para simular movimentos retilíneos com velocidades controladas via controle remoto ou pré-definidas na programação.

Inicialmente, um carrinho (Fig. 1) foi programado para andar ao longo de uma linha reta, delimitada por uma fita preta sobre uma superfície plana e branca ou clara com a finalidade de mudar de velocidade ou o sentido do movimento a cada vez que o sensor de trilha passava por uma fita preta colocada transversalmente. O sensor de trilha consegue distinguir a superfície escura da superfície clara, podendo assim, ser programado para mudar de velocidade a cada interrupção no sensor. As fitas pretas transversais foram colocadas equidistantes um metro uma da outra e uma marcação a cada meio metro, conforme mostra a Fig. 2, com a finalidade de possibilitar a tomada de vários intervalos de tempo, a fim de obter uma maior quantidade de dados para construção de gráficos. Mais detalhes desse carrinho podem ser encontrados em Wrasse et al. (2013).

---

<sup>4</sup> Trabalho parcialmente financiado pelo Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID), da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Brasil e Programa de Extensão Observatório de Aprendizagem (PROEXT-MEC 2012).

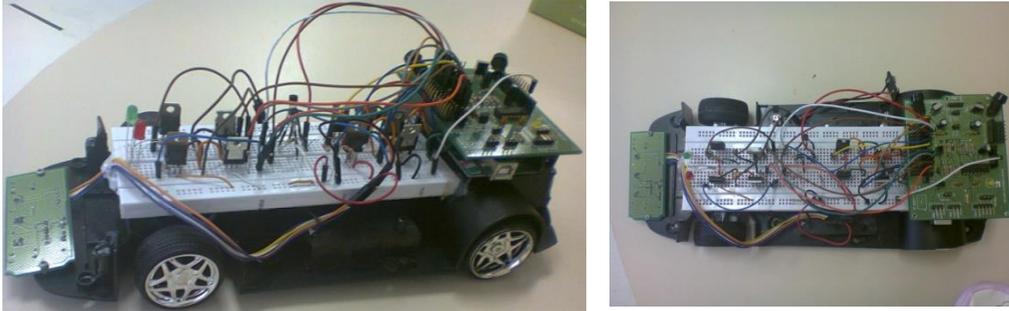


Fig. 1 – Imagem do carrinho com controle de velocidades a partir de faixas transversais.

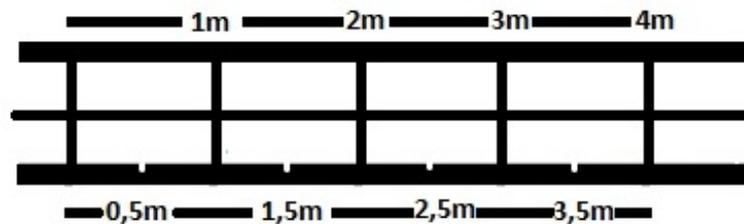


Fig. 2 – Trajeto do carrinho com marcação das distâncias.

Com o propósito de aumentar a interatividade dos estudantes com os carrinhos criamos outra possibilidade para controle das velocidades, inserindo a possibilidade dos estudantes alterarem as velocidades dos carrinhos via controle remoto. Também em uma versão posterior substituímos a ponte H (PATSKO, 2006) realizada por componentes discretos, por uma ponte H em um Circuito Integrado (CI). Ela tem a função de controlar os sentidos da corrente elétrica nos motores, conseqüentemente no sentido de rotação, propiciando assim movimentos para frente e para trás no motor de tração e movimentos para direita e esquerda no motor de controle do eixo dianteiro.

Desse modo os principais componentes do nosso projeto são: um **carrinho de brinquedo** que tenha um motor para tração traseira e outro para alinhar o eixo dianteiro, ambos de corrente contínua; uma placa **Arduino** e um **CI (L293D)** que controlam os motores a partir de **um sensor de trilha** e outro **receptor de infravermelho (IR)** que recebe os sinais do **controle remoto**<sup>5</sup>. Na sequência apresentamos os detalhes técnicos para a montagem do carrinho, bem como apresentamos os códigos fontes utilizados para programação do Arduino.

## 2. Materiais utilizados

- Arduino uno/Duemilanove
- L293D ou: 8 resistores 1k, 4 transistores TIP121 e 4 transistores TIP127

<sup>5</sup> Qualquer controle remoto que emita sinais IR, em que o código esteja previamente decodificado.

- Receptor IR
- Sensor de trilha ou:
  - 2 transmissores IR TIL32
  - 2 receptores TIL78
  - 2 resistores 220
  - 2 resistores 100k
  - 2 resistores 10k
  - 2 resistores 1k
  - 4 transistores BC549
- Pilhas
- Bateria 9,0 V

### 3. Diagrama elétrico

Conforme já descrito na introdução, os carrinhos são compostos de dois motores: um traseiro para tração (MT) e um dianteiro para regular a direção (MD) que são controlados por uma placa Arduino, que recebe estímulos de um receptor IR, um sensor de trilha que atua sobre os motores através de pontes H(L293D), como mostrados nas Fig. 3 e 4.

De acordo com a funcionalidade de cada pino do Arduino, escolhemos os que melhor se encaixam com os nossos propósitos:

- D0 e D2 - Entrada digital. Recebem as saídas do sensor de trilha (esquerdo e direito);
- D3 - INT1. Captura interrupções referente ao recebimento de comando do receptor infravermelho, enviado pelo controle remoto;
- D5 e D6 - Controlam a ponte H responsável por acionar o motor dianteiro que ajusta o carrinho na trilha;
- D9 e D10 - Controlam a ponte H responsável por acionar o motor de tração traseiro;
- D11 - Saída digital. Nos carrinhos que utilizam o CI L293D, este pino habilita o uso das 2 pontes H presente nele;
- D12 - Saída digital. Fornece alimentação para o receptor infravermelho.

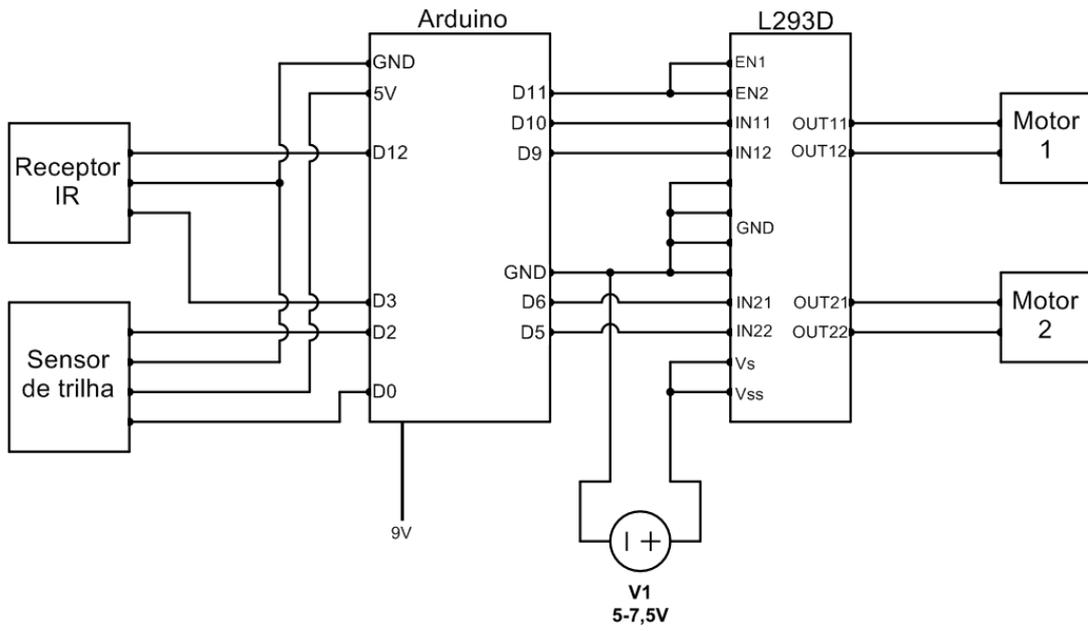


Fig. 3 – Esquema simplificado do circuito.

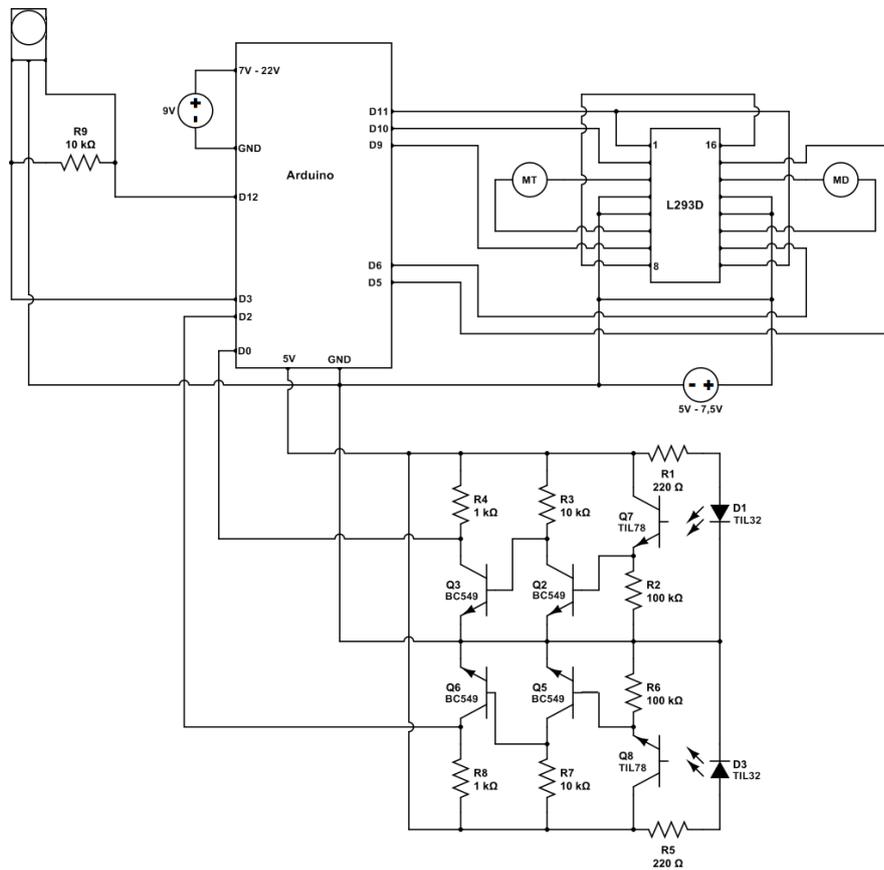


Fig. 4 – Diagrama elétrico geral do circuito.

A seguir são descritos em detalhes as pontes H, o sensor de trilha, a programação dos carrinhos e a codificação dos controles remotos.

#### 4. Ponte H

Ponte H é um circuito eletrônico, amplamente utilizado para o controle de motores DC, pois pode controlar sentido de rotação dos motores (horário e anti-horário), a partir de sinais gerados por um microcontrolador ou quaisquer outros dispositivos geradores de sinal (porta paralela, Usb, etc.). São circuitos comumente usados em aplicações de robótica e automação e podem ser implementados por utilização de componentes discretos ou podem ser obtidos na forma de circuito integrado (CI).

O nome ponte H é dado pela forma que assume o circuito quando montado. O circuito é construído com quatro "chaves" que são acionadas de forma alternada, sendo que cada uma se localiza nos extremos e o motor no meio.

Para cada configuração das chaves o motor gira em um sentido. As chaves S1 e S2 assim como as chaves S3 e S4 não podem ser ligadas ao mesmo tempo, pois podem gerar um curto circuito. Mas se acionarmos as chaves S1, S4 ou S2, S3, faremos o motor girar nos dois sentidos, como mostrado na Fig. 5A, pois cada uma das configurações anteriores definem um sentido de corrente elétrica nos motores (figs. 5B e 5C).

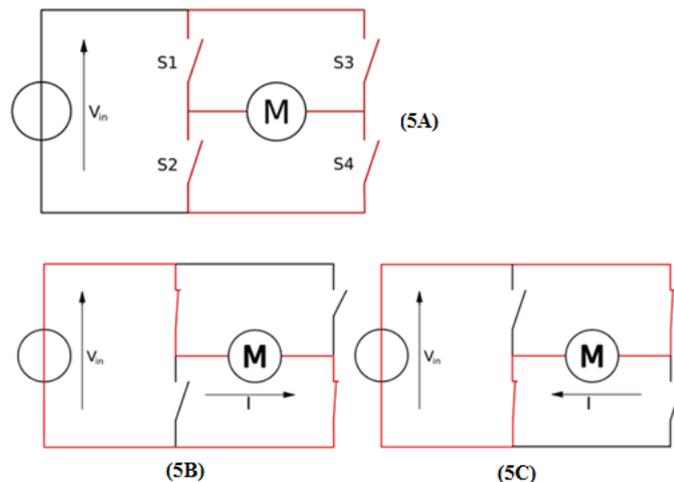


Fig. 5 – Funcionamento de uma ponte H.

Inicialmente utilizamos uma ponte H construída com transistores TIP121/127 (Wrasse et al. (2013) que desempenhava as funções das chaves S1-S4 e S3-S2 do circuito da Fig. 5A.

Na versão seguinte do carrinho utilizamos o CI L293D<sup>6</sup> (Fig. 6), formado por duas pontes H, uma de um lado do CI e outra do outro, que tem os seguintes pinos (os números em parênteses correspondem a 2º ponte H):

- ENABLE 1(2) – Habilita o uso da ponte H do seu lado respectivo;
- INPUT 1(2) – Controlam os pinos OUTPUT 1 e OUTPUT 2;
- INPUT 3(4) – Controlam os pinos OUTPUT 3 e OUTPUT 4;
- GND – Pinos terra;
- $V_S$  – Pino de alimentação ( $V_{SS} - 7-36V$ );
- $V_{SS}$  – Pino de alimentação lógica (4,5V – 36V);
- OUTPUT 1(2) – São ligados no motor para controlar sua rotação;
- OUTPUT 3(4) – São ligados no motor para controlar sua rotação.

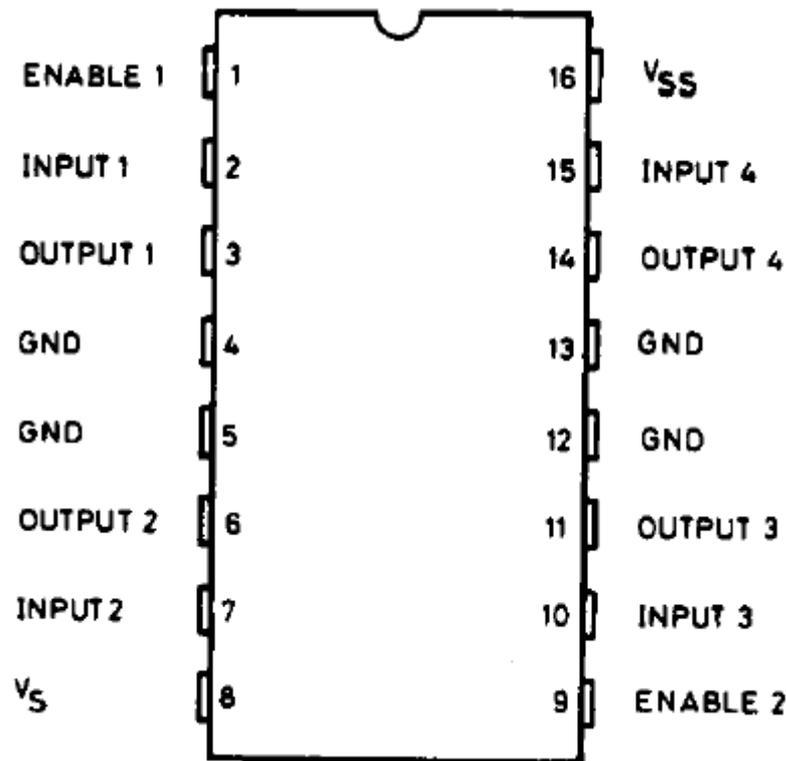


Fig. 6 – Circuito Integrado L293D .

## 5. Sensor de Trilha

Basicamente o sensor de trilha (Fig. 7) é composto por dois pares de emissores/receptores infravermelho, sendo a distância entre os pares da largura de uma fita isolante. Os receptores infravermelho (IR) são os fototransistores (TIL78) que conduzem

<sup>6</sup> Mais informações de CI estão disponíveis em: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/l293d.pdf> . Acesso em 16 de dezembro de 2014.

corrente na presença de luz (radiação eletromagnética) IR e a corrente conduzida é diretamente proporcional a intensidade da luz IR. Os transmissores IR (TIL32) são LEDs que emitem luz IR.

A luz IR emitida por D1 faz com que Q7 conduza, que faz com que Q2 conduza e “corte” Q3. Com isso a saída OUT1 assume um potencial próximo de 5,0 V (nível lógico “1”). Quando a luz IR de D1 é interrompida (por uma superfície opaca, por exemplo), Q7 corta e o processo inverso ocorre, levando a saída OUT1 a um potencial próximo de 0,0 V (nível lógico “0”). O circuito da parte inferior do diagrama funciona de forma análoga.

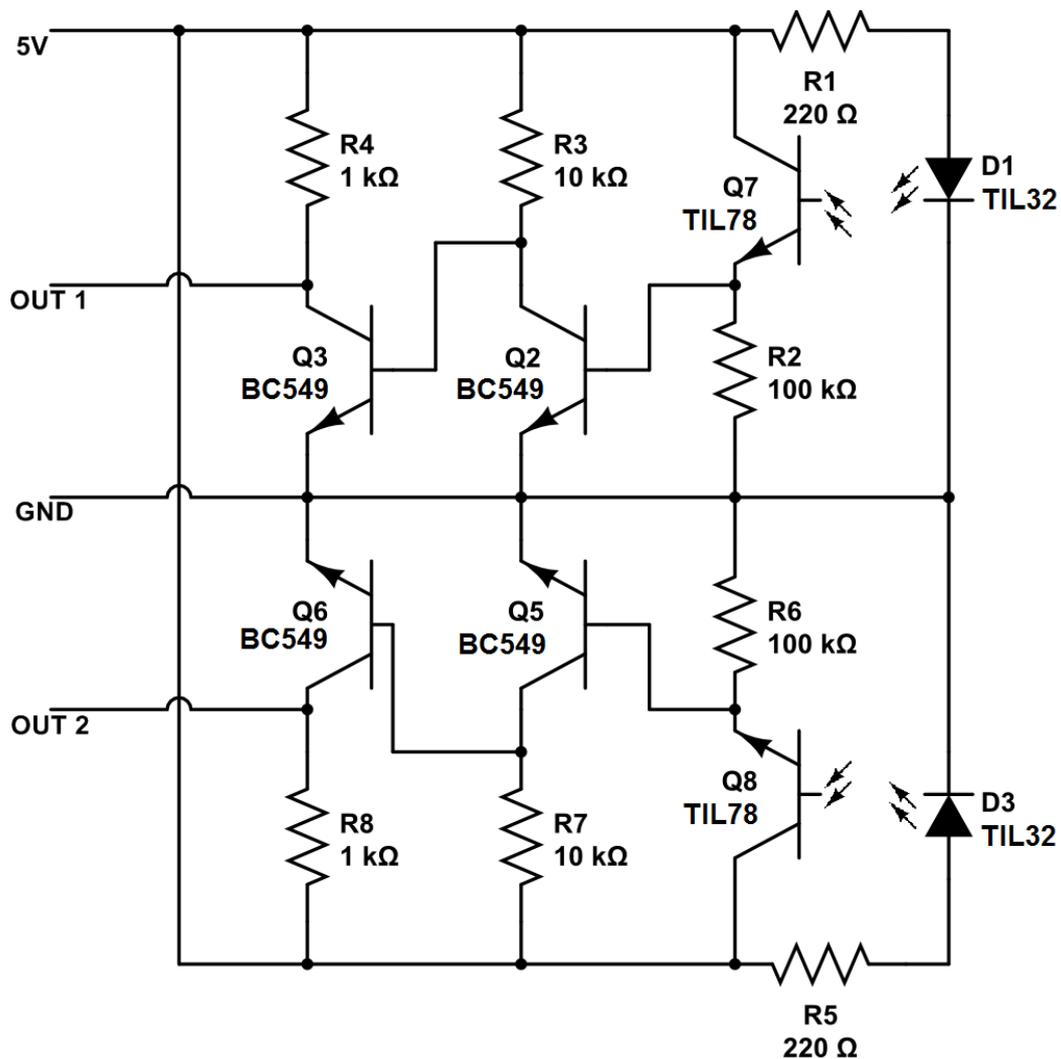


Fig. 7 – Diagrama do sensor de trilha.

## 6. Programação dos carrinhos

No Quadro 1 apresentamos e comentamos o código fonte usado para programação dos carrinhos.

Nesta aplicação utilizamos a biblioteca “IRremote”<sup>7</sup> que faz decodificação de sinal infravermelho (IR). Um tutorial<sup>8</sup> é detalhado para adicionar bibliotecas no arduino no blog Brasil Robotics.

### **void setup()**

Na função setup configuramos os pinos que iremos usar, habilitamos as funções de entrada de dados do receptor IR e também as interrupções para o mesmo.

### **void mensagem()**

Essa função é chamada quando há uma interrupção no pino D3 (Sinal do controle remoto – alteração do módulo da velocidade), referente uma mensagem recebida no receptor IR. A mensagem é decodificada e tratada, se for a mesma mensagem anterior, a descartamos, senão é assinalada uma variável de controle, para avisar outras funções da mensagem.

### **void dobrarEsquerda() e void dobrarDireita()**

Essas duas funções ajustam a direção do carrinho até este voltar à direção original ou até receber uma mensagem do controle remoto, assinalada pela função **mensagem()**.

### **void seguir\_linha()**

Verifica se o carrinho está na trilha, e chama os ajustes quando necessário, até que seja assinalada o recebimento de uma mensagem.

### **void loop()**

Executa uma ação quando uma mensagem é recebida do controle remoto, e então chama a função **seguir\_linha()**.

### **void parar()**

Desabilita o L293D, para que o carrinho pare (pinos 1 e 9 no nível “0”).

### **void marcha\_re( byte velocidade) e void frente( byte velocidade)**

<sup>7</sup> Disponível em: <http://www.robotic.com.br/IRremote.zip>. Acesso em 16 dezembro de 2014.

<sup>8</sup> Disponível em: <http://brasilrobotics.blogspot.com.br/2011/07/como-adicionar-bibliotecas-no-arduino.html>. Acesso em 16 dezembro de 2014.

Os pinos 1 e 9 no nível “1” habilitam o L293D que faz com que o carrinho se mova em marcha ré ou em frente. O argumento “byte velocidade” é usado para a escrita analógica nos pinos que controlam o motor de tração, podendo assim ser ajustada a velocidade.

Quadro 1 – Código fonte usado para programação dos carrinhos com o L293D.

```

/* Inclusão de bibliotecas
*/

#include <IRremote.h> // biblioteca usada para fazer a leitura do receptor infra
//-----
// Definições de constantes
#define motorT1 9
#define motorT2 10 // 9-10 controlam motor traseiro
#define motorD1 5
#define motorD2 6 // 5-7 controlam motor dianteiro
#define enable 11 // enable pin
#define veloc1 170
#define veloc2 220
#define veloc3 255 // definição das velocidades
#define sensorDir 0
#define sensorEsq 2 // pinos ligados aos sensores de trilha
#define recv 3 // pino de leitura do receptor infra
//-----
IRrecv irrecv(recv);
decode_results result;
int message = 0; // variavel que recebera a mensagem do receptor infra
int copia = 0; // recebe uma copia da msg para evitar msgs repetidas
boolean mens = 0; // flag de controle
//-----
/*
 * função para configurar os pinos do arduino e suas funções
 */

void setup()
{
  irrecv.enableIRIn(); // habilita o IR no pino 3

  pinMode(sensorEsq, INPUT); //sensor da esquerda como entrada
  pinMode(sensorDir, INPUT); //sensor da direita como entrada
  pinMode(motorT1, OUTPUT);
  pinMode(motorT2, OUTPUT);
  pinMode(motorD1, OUTPUT);
  pinMode(motorD2, OUTPUT); // controles do motor como saida
  pinMode(12, OUTPUT); // pino para alimentação do receptor infra
  digitalWrite(12, HIGH);
  pinMode(enable, OUTPUT); // enable como saida

  attachInterrupt(1, mensagem, RISING); // habilita interrupções no pino 3 (INT1)
}
//-----
/*
 * Função recebe mensagens do controle remoto
 */

void mensagem()
{
  if(irrecv.decode(&result)) // decodifica a mensagem
  {
    message = result.value & 0xff; // recebe o dado numa variavel inteira com apenas os ultimos 2 digitos da msg em HEX

    mens = 1; // sinaliza que recebeu uma msg
    switch(message) // funciona como um if-then-else aninhado
    {
      // usei para simplificar os sinais
      case 0x41: // caso em que é precionado o botao 1
        message = 0x01;
        break;
      case 0x42: // caso em que é precionado o botao 2
        message = 0x02;
        break;
      case 0x43: // casos em que é precionado o botao 3
        message = 0x03;
        break;
      case 0x45: // caso em que é precionado o botao 8

```

```

    message = 0x08;
    break;
    // caso em que é precionado o botao 0
case 0x40:
    message = 0x00;
    break;
default:
    message = copia; // msg invalida
}
if(message == copia) // se a msg eh a mesma anterior, entao ignora a msg
    mens = 0;
else // senao faz uma copia da msg
    copia = message;
irrcv.resume(); // limpa o buffer
}
}
//-----
/*
* Percebe quando o carrinho precisa dobrar
*/
void dobrarDireita()
{
    analogWrite(motorD1, veloc2);
    digitalWrite(motorD2, LOW);
    while(digitalRead(sensorDir) == LOW && mens != 1); // enquanto o sensor continuar no LOW e nao tiver uma nova msg ele segue dobrando
    digitalWrite(motorD1, LOW);
    digitalWrite(motorD2, LOW);
}

void dobrarEsquerda()
{
    digitalWrite(motorD1, LOW);
    analogWrite(motorD2, veloc2);
    while(digitalRead(sensorEsq) == LOW && mens != 1); // enquanto o sensor continuar no LOW e nao tiver uma nova msg ele segue dobrando
    digitalWrite(motorD1, LOW);
    digitalWrite(motorD2, LOW);
}

void seguir_linha()
{
    while(mens != 1)
    {
        if(digitalRead(sensorDir) == LOW && digitalRead(sensorEsq) == HIGH )
            dobrarDireita();
        else if(digitalRead(sensorDir) == HIGH && digitalRead(sensorEsq) == LOW )
            dobrarEsquerda();
    }
}
//-----
/*
* A função loop como o próprio nome diz fica em loop com as instruções que estão dentro dele
*/

void loop()
{
    if( mens == 1 )
    {
        switch(message)
        {
            case 0x01: // caso em que é precionado o botao 1
                frente( veloc1 );
                break;
            case 0x02: // caso em que é precionado o botao 2
                frente( veloc2 );
                break;
            case 0x03: // casos em que é precionado o botao 3
                frente( veloc3 );
                break;
            case 0x08: // caso em que é precionado o botao 8
                marcha_re(veloc3);
                break;
            case 0x00: // caso em que é precionado o botao 0
                parar();
                break;
        }
    }
}

```

```

    }
    mens = 0;          // msg executada, abaixa a flag
    seguir_linha();    // faz o ajuste de direcao
  }
}
//-----

/*
 * Função para o carrinho parar
 * Desabilita o CI
 */

void parar()
{
  digitalWrite(enable, LOW); // enable pin1 do L293D
}
//-----

/*
 * Função velocidade para mancha re
 */

void marcha_re( byte velocidade)
{
  digitalWrite(motorT1, LOW);
  analogWrite(motorT2, velocidade);
  digitalWrite(enable, HIGH);
}
//-----

/*
 * Função de velocidade frente
 */

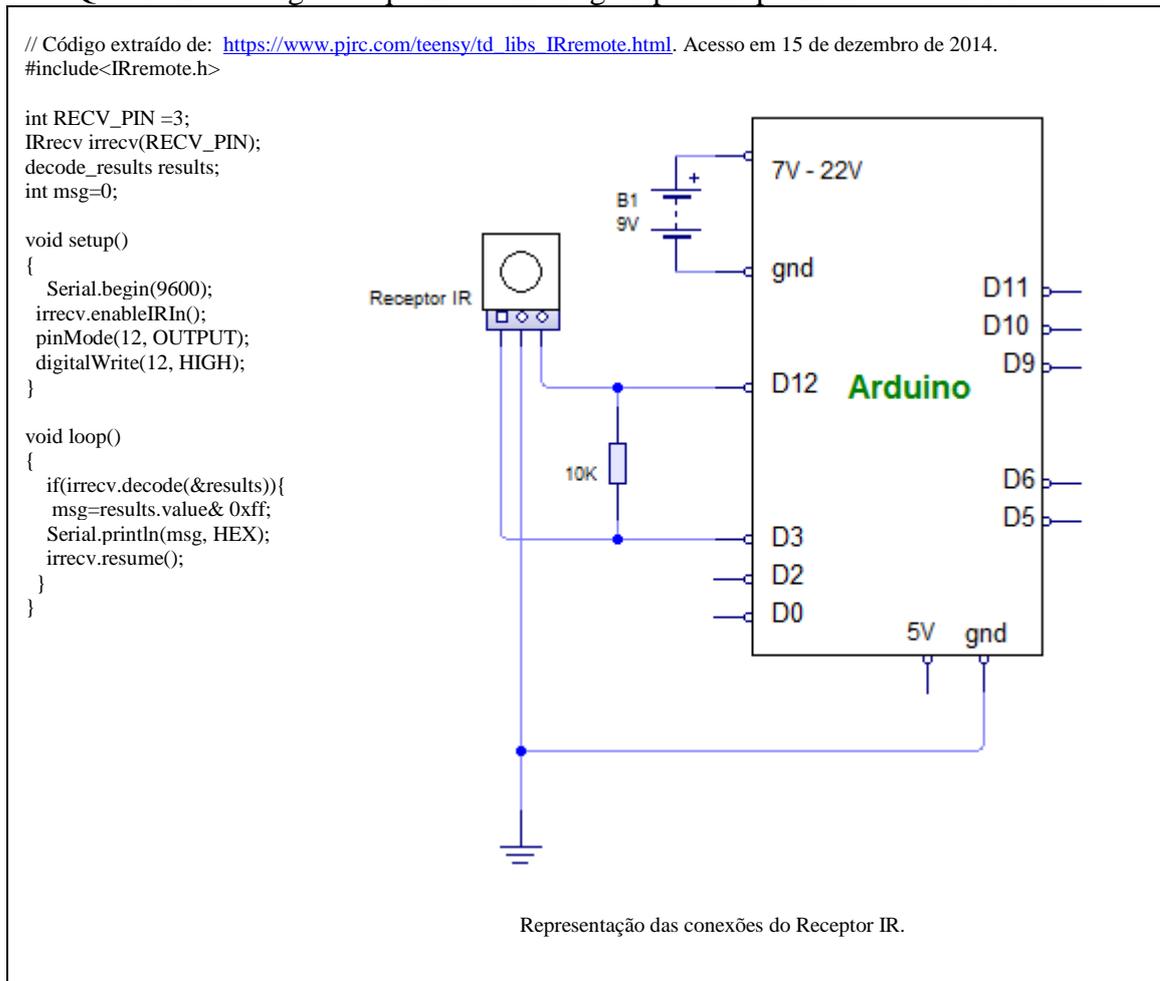
void frente(byte velocidade)
{
  analogWrite(motorT1, velocidade);
  digitalWrite(motorT2, LOW);
  digitalWrite(enable, HIGH);
}

```

## 7. Configuração dos controles

Para mapeamento dos controles remotos deve-se conectar o receptor infravermelho, na placa Arduino e executar o código fonte (conforme o Quadro 2). Para analisar os resultados apresentados para cada botão do controle pressionado a Janela Serial Monitor (função do *software* do Arduino) deve ser aberta.

Quadro 2 – Código e esquema de montagem para mapeamento de controles remotos.



## 8. Algumas Considerações

Já utilizamos carrinhos automatizados em duas experiências didáticas (WRASSE et al., 2013 e DWORAKOWSKI, 2015) e os resultados evidenciam que eles constituem uma potencial ferramenta para auxiliar no ensino de gráficos da Cinemática, principalmente nos processos de coleta e tabulação de dados e construção de gráficos.

A utilização do CI L293D tornou o carrinho mais robusto, pois com a ponte H, frequentemente, fios eram desconectados e o seu funcionamento era instável. Porém, ainda persistem alguns fatores que devem ser levados em conta, tais como: a carga das baterias, o uso de uma trilha com uma linha preta que tenha bom contraste entre a linha e a trilha (temos usado papel pardo com uma lista de fita isolante preta) e o alcance do controle remoto.

## Referências

ARDUINO. Disponível em:< <http://www.arduino.cc/>> . Acesso em 16 dezembro de 2014.

ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A.; MOREIRA, M. A. Atividades de modelagem computacional no auxílio de interpretação de gráficos da Cinemática. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo: v. 26, n. 2, p. 179-184, jun. 2004.

DWORAKOWSKI, L. A de Q. *Construção e interpretação de gráficos da Cinemática: uma proposta para o ensino médio politécnico*. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – Campus Bagé, Universidade Federal do Pampa, 2015.

PATSKO, L. F. *Tutorial Montagem Ponte H*. 2006. Disponível em: <[http://www.maxwellbohr.com.br/downloads/robotica/mec1000\\_kdr5000/tutorial\\_eletronica\\_-\\_montagem\\_de\\_uma\\_ponte\\_h.pdf](http://www.maxwellbohr.com.br/downloads/robotica/mec1000_kdr5000/tutorial_eletronica_-_montagem_de_uma_ponte_h.pdf)>. Acesso em 01 de julho de 2012.

ROQUE, Ricardo R., PEREIRA, Peter S. *Da atividade ao conceito de Plano Cartesiano: Uma vivência na escola*. In: III EIEMAT – Escola de Inverno de Educação Matemática. Ijuí: UNIJUÍ, 2012.

WRASSE, Ana, SANTOS, Rédi, TONEL, Arlei P., KAKUNO, Edson M., DORNELES, Pedro. *Carrinho Automatizado como recurso facilitador na construção e interpretação de gráficos da Cinemática*. In: XX Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF, São Paulo, 2013.