



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

PAULO SÉRGIO DE CAMARGO FILHO

**DIFICULDADES SEMIÓTICAS NA CONSTRUÇÃO DE
GRÁFICOS CARTESIANOS EM CINEMÁTICA**

PAULO SÉRGIO DE CAMARGO FILHO

**DIFICULDADES SEMIÓTICAS NA CONSTRUÇÃO DE
GRÁFICOS CARTESIANOS EM CINEMÁTICA**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Laburú

Londrina
2011

PAULO SÉRGIO DE CAMARGO FILHO

**DIFICULDADES SEMIÓTICAS NA CONSTRUÇÃO DE
GRÁFICOS CARTESIANOS EM CINEMÁTICA**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.

BANCA EXAMINADORA

Dr. Carlos Eduardo Laburú (Orientador)
UEL – Londrina – PR

Dr. Roberto Nardi
UNESP – São Paulo – BR

Dr^a. Lourdes Maria Werle de Almeida
UEL – Londrina – PR

Londrina, 11 de Janeiro de 2011

AGRADECIMENTO

Agradeço ao professor e orientador Carlos Eduardo Laburu pelo apoio e encorajamento contínuos na pesquisa, aos demais

Doutores da casa, pelos conhecimentos e experiências vividas, e ao Colegiado do curso de pós-graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual de Londrina pelo apoio institucional e pelas oportunidades acadêmicas oferecidas.

*“A mente que se abre a uma nova idéia jamais
volta ao seu tamanho original”.*

Albert Einstein

CAMARGO FILHO, Paulo Sérgio de. **Dificuldades semióticas na construção de gráficos cartesianos em cinemática**. 2011. 102. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2011.

RESUMO

O estudo propõe um referencial analítico para a investigação do desempenho de estudantes na produção manual de gráficos cartesianos a partir de tabelas, combinando a perspectiva dos registros de representação semiótica de Raymond Duval e os níveis de processamento da informação gráfica de Postigo e Pozo (2000). Com base no referencial analítico, um estudo de caso foi realizado, considerando para tal fim as produções escritas e entrevistas complementares de estudantes de licenciatura e bacharelado em Física de uma universidade estadual pública do norte do estado do Paraná. Para a análise, as etapas de produção do gráfico cartesiano foram divididas em três grupos de ações e associadas às atividades cognitivas semióticas respectivas a cada uma delas. Os resultados permitiram classificar o domínio semiótico da representação gráfica dos estudantes com um grau de refinamento analítico superior aos propostos pelos últimos autores.

Palavras-chave: Ensino de física. Gráficos cartesianos. Representação semiótica. Graduação em física.

CAMARGO FILHO, Paulo Sergio de. **Difficulties in the semiotic construction of Cartesian graphs in kinematics**. 2011. 102. Dissertation (Master in Science Teaching and Education) - University of Londrina, Londrina. 2011.

ABSTRACT

The study proposes an analytical framework for investigating the performance of students at the manual production of Cartesian graphs from tables, combining the perspective of semiotic representation's registers, of Raymond Duval, and levels of information processing graphical, of Postigo and Pozo. Based on the analytical framework, a case study was conducted, considering for this purpose, the writing and complementary interviews of Physics' undergraduate students from a public state university in the northern state of Parana. For the analysis, the production steps of Cartesian graph were divided into three groups of actions and associated with the respective cognitive semiotic activities. The results allowed us to classify the semiotic field of the graphical representation of students with a degree of analytical refinement larger than those proposed by last authors.

Keywords: Physics teaching. Cartesian graphs. Semiotic representation. Undergraduate physic.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Destaque dos eixos cartesianos.....	37
Figura 2.1 – Título do gráfico	37
Figura 1.3 – A/1.3B – Detalhe das variáveis e unidades de medidas dos eixos coordenados e fatores de escala correspondentes à formação da estrutura gráfica	38
Figura 1.4 – Detalhe da reta média traçada por E1.....	39
Figura 1.5 – Determinação da velocidade escalar média.....	39
Figura 1.6 – Legenda referente ao gráfico produzido por E1	40
Figura 2.1 – Detalhe da ausência do traço do eixo cartesiano horizontal.....	42
Figura 2.2 – Título do gráfico	42
Figura 2.3 – A/2.3B – Detalhe das variáveis e unidades de medidas dos eixos coordenados.....	43
Figura 2.4 – Detalhe da reta média traçada por E2.....	43
Figura 2.5 – Legenda referente ao gráfico produzido por E02	45
Figura 3.1 – Detalhe da ausência do traço do eixo cartesiano horizontal e origem dos pontos	47
Figura 3.2 – Título do gráfico	47
Figura 3.3 – A/3.3B – Detalhe do eixo cartesiano horizontal e fator de escala.....	48
Figura 3.4 – Detalhe da reta média traçada por E3.....	48
Figura 3.5 – Determinação da velocidade escalar média.....	49
Figura 3.6 – Legenda referente ao gráfico produzido por E3	50
Figura 4.1 – Detalhe da ausência do traço do eixo cartesiano horizontal e origem dos pontos.	52
Figura 4.2 – Título do gráfico	52
Figura 4.3 – A/4.3B – Detalhe das variáveis e unidades de medidas dos eixos coordenados e fatores de escala correspondentes à formação da estrutura gráfica	53
Figura 4.4 – Detalhe da reta média traçada por E4.....	53
Figura 4.5 – Determinação da velocidade escalar média.....	54
Figura 4.6 – Legenda referente ao gráfico produzido por E4	55

Figura 5.1 – Detalhe da ausência do traço do eixo cartesiano horizontal e origem dos pontos.	57
Figura 5.2 – Título do gráfico	57
Figura 5.3 – A/5.3B – Detalhe das variáveis e unidades de medidas dos eixos coordenados e fatores de escala correspondentes à formação da estrutura gráfica	58
Figura 5.4 – Detalhe da reta média traçada por E4.....	59
Figura 5.5 – Determinação da velocidade escalar média.....	60
Figura 5.6 – Legenda referente ao gráfico produzido por E4	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –Novos pares ordenados obtidos por E1	39
Tabela 2 –Novos pares ordenados obtidos por E2	44
Tabela 3 –Novos pares ordenados obtidos por E3	49
Tabela 4 –Novos pares ordenados obtidos por E4	54
Tabela 5 –Novos pares ordenados obtidos por E5	59
Tabela 6 –Atividade de compreensão dos elementos da tabela	63

LISTA DE QUADROS

- Quadro 1** – Quadro teórico de análise dos níveis de processamento da informação/atividades cognitivas semióticas e ações construtivas correspondentes 28
- Quadro 2** – Dificuldades semióticas relativas ao nível de processamento da informação explícita e atividade cognitiva de formação 64
- Quadro 3** – Dificuldades semióticas relativas ao nível de processamento da informação explícita e atividade cognitiva de conversão 65
- Quadro 4** – Dificuldades semióticas relativas ao nível de processamento da informação implícita e atividade cognitiva de tratamento 66
- Quadro 5** – Dificuldades semióticas relativas ao nível de processamento da informação conceitual e atividades cognitivas de conversão. 67

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
CAPÍTULO 1 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
1.1 TEORIA DOS REGISTROS DE REPRESENTAÇÃO SEMIÓTICA.....	21
1.2 NÍVEIS DE PROCESSAMENTO DA INFORMAÇÃO GRÁFICA	24
1.3 QUADRO TEÓRICO DE ANÁLISE	25
CAPÍTULO 2 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	29
2.1 METODOLOGIA DE PESQUISA – ESTUDO DE CASO	29
2.1.1 Os Sujeitos da Pesquisa	31
2.2 MÉTODO DE RECOLHA DE DADOS	33
2.3 DEFINIÇÃO DAS ATIVIDADES DA PRODUÇÃO ESCRITA	33
2.4 DEFINIÇÃO DA ENTREVISTA SEMI-ESTRUTURADA	34
2.5 DESENVOLVIMENTO DO ESTUDOS DE CASO.....	35
CAPÍTULO 3 – ANÁLISE DOS DADOS	37
3.1 ANÁLISE – ESTUDANTE	37
3.1.1 Nível de Processamento da Informação Explícita Atividade Cognitiva de Formação	37
3.1.2 Nível de Processamento da Informação Explícita Atividade de Conversão	38
3.1.3 Nível de Processamento da Informação Implícita Atividade Cognitiva de Tratamento.....	38
3.1.4 Nível de Processamento da Informação Conceitual Atividade Cognitiva de Conversão	40
3.1.5 Discussão dos Resultados.....	41
3.2 ANÁLISE - ESTUDANTE 02	41
3.2.1 Nível de Processamento da Informação Explícita Atividade Cognitiva de Formação	41
3.2.2 Nível de Processamento da Informação Explícita Atividade de Conversão	42
3.2.3 Nível de Processamento da Informação Implícita Atividade Cognitiva de Tratamento.....	43

3.2.4	Nível de Processamento da Informação Conceitual Atividade Cognitiva de Conversão	44
3.2.5	Discussão dos Resultados	45
3.3	ANÁLISE - ESTUDANTE 03	46
3.3.1	Nível de Processamento da Informação Explícita Atividade Cognitiva de Formação	46
3.3.2	Nível de Processamento da Informação Explícita Atividade de Conversão	47
3.3.3	Nível de Processamento da Informação Implícita Atividade Cognitiva de Tratamento.....	48
3.3.4	Nível de Processamento da Informação Conceitual Atividade Cognitiva de Conversão	50
3.3.5	Discussão dos Resultados	50
3.4	ANÁLISE - ESTUDANTE 04	51
3.4.1	Nível de Processamento da Informação Explícita Atividade Cognitiva de Formação	51
3.4.2	Nível de Processamento da Informação Explícita Atividade de Conversão	52
3.4.3	Nível de Processamento da Informação Implícita Atividade Cognitiva de Tratamento.....	53
3.4.4	Nível de Processamento da Informação Conceitual Atividade Cognitiva de Conversão	54
3.4.5	Discussão dos Resultados	55
3.5	ANÁLISE - ESTUDANTE 05	56
3.5.1	Nível de Processamento da Informação Explícita Atividade Cognitiva de Formação	56
3.5.2	Nível de Processamento da Informação Explícita Atividade de Conversão	57
3.5.3	Nível de Processamento da Informação Implícita Atividade Cognitiva de Tratamento.....	58
3.5.4	Nível de Processamento da Informação Conceitual Atividade Cognitiva de Conversão	60
3.5.5	Discussão dos Resultados	61
 CAPÍTULO 4 – DIFICULDADES SEMIÓTICAS NA CONSTRUÇÃO DE GRÁFICOS CARTESIANOS		 63

CONSIDERAÇÕES FINAIS	69
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
APÊNDICES	74
APÊNDICE A – A1Produção Completa do Estudante 01	75
APÊNDICE B – Produção Completa do Estudante 02.....	80
APÊNDICE C – Produção Completa do Estudante 03.....	85
APÊNDICE D – Produção Completa do Estudante 04.....	90
APÊNDICE E – Produção Completa do Estudante 05.....	95
ANEXOS	100
ANEXO A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	101

INTRODUÇÃO

O gráfico cartesiano é reconhecido como parte de uma grande variedade de representações simbólicas utilizadas pelos estudantes que, por meio de suas características, estrutura, organização e inter-relações podem influir de forma significativa na aprendizagem de conceitos em Física. De acordo com García e Palácios (2007), diversos pesquisadores reconhecem que as representações gráficas são importantes formas de comunicação científica e ferramentas úteis no campo das ciências experimentais, principalmente na análise de situações físicas nas disciplinas laboratoriais. Segundo esses autores, apesar do uso generalizado que se tem das representações gráficas cartesianas em livros-texto e nas aulas de ciências na Espanha, a compreensão que os estudantes têm a respeito dessas representações não é a mais adequada. Verificamos que situação semelhante ocorre no Brasil, pois, estudantes de licenciatura em Física não são capazes de desenvolver e interpretar gráficos cartesianos de forma satisfatória. É importante observar que existe um campo de estudo consolidado a respeito da compreensão/interpretação das representações gráficas, do tipo tabela e gráfico cartesiano, usados no Ensino de Ciências (AGRELLO; GARG, 1999; POSTIGO; POZO, 2000; SHAH; ROEFNNER, 2002; ARAÚJO, VEIT; MOREIRA, 2004; WU; KRAJCIK, 2006; GARCÍA; PALÁCIOS, 2007; JULIO; VAZ; BORGES, 2008; BELLUCO; CARVALHO, 2009) e na Educação Matemática (TESTA et al, 2002; DUVAL, 2003; SHARMA, 2005; FLORES; MORETTI, 2006; MIRANDA, RADFORD; GÚZMAN, 2007). Tais autores desenvolveram pesquisas relacionadas à forma como essas representações são interpretadas ou compreendidas pelos estudantes; no entanto, não se preocuparam em focar seus estudos no modo e nas dificuldades que se apresentam, quando essas representações são produzidas.

García e Palacios (2007) investigaram o desempenho de estudantes de bacharelado e licenciatura em química, em nove tarefas de interpretação de gráficos cartesianos presentes nos livros-textos usados na referida graduação. A pesquisa mostrou que os participantes do estudo não tiveram dificuldades para realizar as tarefas de identificação das variáveis, leitura de dados e classificação da relação entre as variáveis. Contudo, os participantes apresentaram dificuldades em tarefas como a identificação da relação entre as variáveis, o reconhecimento de termos presentes nos gráficos e a elaboração de conclusões, explicações e previsões a partir da informação gráfica. Além disto, o estudo mostrou que, quando há o aumento da complexidade das tarefas e algumas características dos gráficos tornam mais difícil a execução de tarefas para os participantes do estudo.

O trabalho desenvolvido por Flores e Moretti (2006) discutiu as funções cognitivas das representações semióticas que possibilitam a aprendizagem matemática, contribuindo para a compreensão da diversidade e das especificidades de uso das representações gráficas na, e para, educação matemática. Os autores colocaram em destaque as representações gráficas do tipo tabelas, para discutir sua função de suporte representacional de dados e informações, no ensino da matemática, e empreenderam uma análise das implicações cognitivas e as complexidades de organização representacional deste modo de representação. O tratamento da informação é, atualmente, um dos conteúdos requeridos na educação matemática. Portanto ler, interpretar, analisar e julgar, ou organizar dados em representações gráficas são habilidades que se tornaram essenciais para a formação geral do aluno. Contudo, concluem os autores, a própria estrutura representacional das representações gráficas levanta complexidades de leitura e de interpretação que exige, de nossa parte, certa desenvoltura visual e empenho cognitivo.

As preocupações a respeito das dificuldades dos alunos compreenderem gráficos em Estatística levaram Sharma (2005) a desenvolver um estudo que investigou idéias de cinco alunos (14-16 anos) nesta área do conhecimento. O estudo centrou-se em apresentar e discutir as formas nas quais os estudantes dão sentido a informação gráfica presente em tabelas e gráficos de barras. Os resultados revelaram que muitos dos estudantes usaram estratégias baseadas em experiências prévias escolares e estratégias intuitivas e que, embora os alunos saibam ler e comparar dados presentes em gráficos de barras, eles são menos eficientes ao realizar as mesmas atividades usando tabelas. Isto pode ser devido à negligência de instruções destes conceitos ou problemas lingüísticos e contextuais.

Duval (2003) apresentou em seu trabalho como analisar o funcionamento da representação tabela e sua diversidade. Para o autor, as tabelas parecem ser a maneira mais fácil de organizar e comunicar informações, sendo que as mesmas se tornaram um dos recursos preferidos de aprendizagem na educação científica e matemática. No entanto, esta simplicidade é enganadora, pois basta olhar para as tabelas que são utilizadas em diferentes disciplinas para ver que todas elas não funcionam da mesma forma. Em tal estudo analisou-se a especificidade e a diversidade de tipos de tabelas disponíveis, as funções cognitivas e os problemas educacionais envolvidos em sua utilização. O autor propôs uma classificação dos diferentes tipos de tabela em relação aos processos cognitivos que controlam sua construção. Em relação à compreensão das tabelas, mostrou a existência de dois níveis de compreensão; um voltado para as células dentro da tabela, e o outro centrado na construção de suas margens. Finalmente, discutiu a necessidade da aprendizagem de diferentes tipos de matrizes.

Duval conclui que a aprendizagem das representações pesquisadas deve basear-se na atividade de organização de dados na tabela e também sobre a reorganização das margens de uma tabela em conexão com outros tipos de representação.

Alguns pesquisadores focam seus trabalhos no processo de ensino-aprendizagem da construção e interpretação de gráficos por meio de seqüências didáticas. Testa et al (2002) descrevem em seu estudo como os alunos do Ensino Médio leem e interpretam imagens que contêm gráficos de cinemática em tempo real, especialmente concebidos para resolver problemas comuns de aprendizagem e minimizar as dificuldades de compreensão e identificação de signos específicos a esta representação, tais como pontos, setas, retas, entre outros. Sugestões foram feitas a respeito da aquisição de algumas habilidades específicas que são necessárias para evitar perdas na interpretação destes gráficos.

Belluco e Carvalho (2009) analisaram a construção da linguagem gráfica em uma seqüência de aulas sobre calor e temperatura, inserida em um laboratório investigativo, no primeiro ano do ensino médio, destacando o papel do professor no momento em que ele articula as linguagens disponíveis (natural, escrita, representacional, entre outras), pelos processos de cooperação e especialização, nos quais diferentes linguagens são usadas para construir um mesmo significado para um conceito, realizando funções semelhantes ou distintas, com o objetivo de traduzir a linguagem coloquial e fenomenológica em linguagem científica através de gráficos cartesianos. Concluem os autores, que os alunos desenvolveram diversas características da atividade científica, como a natureza do gráfico científico, o reconhecimento de padrões e tendências por meio da curva obtida, a compreensão das flutuações nas medidas, a interpretação do fenômeno usando os conceitos apreendidos, entre outras. A pesquisa aponta para a importância do uso coordenado das linguagens natural, escrita, visual, gestual e matemática, com seus recursos tipológicos e topológicos, articulados com os processos de cooperação e da especialização entre elas para promover uma visão do fenômeno estudado por meio de tais linguagens.

Julio, Vaz e Borges (2008) investigaram o potencial de aprendizagem de alunos da primeira série do Ensino Médio no uso e construção de gráficos para representação de fenômenos observados em atividades abertas de laboratório. O estudo teve como objetivo caracterizar as dificuldades dos alunos na utilização dos conceitos envolvidos na construção de gráficos e avaliar o potencial de aprendizagem de novos conceitos envolvidos no uso de gráficos para a representação destes fenômenos. A coleta de dados ocorreu no ambiente real de sala de aula de física, em três turmas de uma escola pública federal que realizaram uma atividade de investigação. Os autores analisaram gravações das aulas, registros sistemáticos

de cadernos de campo e gráficos construídos pelos alunos. A análise focou dúvidas, conhecimentos prévios e o potencial de aprendizagem dos alunos sobre os conceitos envolvidos na construção dos gráficos, enquanto buscavam representar o fenômeno observado. Os dados das três turmas foram confrontados para identificar os pontos de convergência com relação às principais dificuldades enfrentadas e a capacidade de sofisticação do entendimento dos conceitos da construção de gráficos pelos alunos. Os resultados revelaram que, ao serem desafiados a construir gráficos para descrever um fenômeno sobre o qual realizavam uma investigação, os alunos demonstraram entendimento dos conceitos básicos da construção de gráficos. Entretanto, estes conceitos básicos não foram suficientes para construir uma representação adequada do fenômeno observado. Frente ao desafio, os alunos foram capazes de pensar criticamente, reconhecendo e interpretando os próprios erros e sofisticaram o seu entendimento sobre os conceitos da construção de gráficos. As conclusões e implicações do estudo apontaram para o potencial das atividades investigativas e de natureza aberta no desenvolvimento de práticas inscricionais dos estudantes.

Como visto, existe um crescente corpo de pesquisa que trata de representações gráficas no Ensino de Ciências e Educação Matemática. Dando continuidade às pesquisas referentes a esse tema propomos um referencial analítico para investigar as dificuldades na construção manual de gráficos cartesianos por graduandos em Licenciatura em Física sob a luz da teoria dos registros de representação semiótica de Duval (2004) e dos níveis de processamento da informação gráfica de Postigo e Pozo (2000). Enquanto o primeiro referencial relaciona as atividades cognitivas às representações semióticas produzidas pelos estudantes, o segundo permite classificar o domínio da representação gráfica em termos dos níveis de elaboração e complexidade do gráfico produzido. Para Duval (2003), “uma análise do conhecimento matemático é, essencialmente, uma análise do sistema de produção das representações semióticas” referentes a esse conhecimento. O uso do seu referencial, exclusivo das pesquisas da Educação Matemática, e que aqui será aplicado num conteúdo de Física, justifica-se pela presença de uma vasta gama de representações utilizadas também para expressar conceitos deste ramo do conhecimento que, com frequência, requerem a transformação e a articulação entre diferentes representações.

Esta pesquisa visa acompanhar, por meio da construção manual de gráficos cartesianos e entrevistas complementares, os processos cognitivos de um grupo de estudantes da graduação em Física, de uma universidade estadual pública, do norte do Estado do Paraná. Por meio de tal acompanhamento, buscamos identificar as dificuldades relacionadas à

produção e compreensão dos signos pertencentes aos gráficos cartesianos, aplicados no contexto da cinemática. Em conjunto com o referencial de Duval, pretendemos relacionar algumas características gerais e particulares dos gráficos cartesianos com o desempenho que apresentam os estudantes quando realizam a construção dessas representações, classificados de acordo com o nível de processamento da informação gráfica proposto por Postigo e Pozo (2000). Ao reunir os trabalhos de Duval (2003, 2004) com o de Postigo e Pozo (2000) estamos propondo um instrumento analítico para investigar com maior profundidade o desempenho na produção de gráficos pelos estudantes e, por meio deste exame de natureza semiótica, localizar seus pontos de dificuldades.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Na Física as leis, teorias, conceitos, modelos, princípios, propriedades, estruturas, relações são expressas por meio de diferentes modos; portanto, para seu ensino precisamos levar em consideração as diferentes formas de representação que um mesmo objeto pode assumir. Como em grande parte dessa ciência, assim como toda a comunicação matemática, tais objetos são abstratos e não são diretamente acessíveis à percepção, necessitando-se, para a sua apreensão, do uso de representações semióticas.

Duval (2004) considera que as representações dividem-se em três categorias: mentais, internas ou computacionais e semióticas. Para o autor, as representações mentais cumprem a função de objetivação. Consistem num conjunto de imagens e concepções que um indivíduo pode ter sobre um objeto, sobre uma situação ou sobre aquilo que está associado ao objeto ou a situação. Tais representações estão associadas à interiorização das representações externas.

As representações internas ou computacionais, segundo Duval (2004), são aquelas que privilegiam o tratamento de uma informação, que por sua vez se caracteriza pela execução automática de uma determinada tarefa, a fim de produzir uma resposta adaptada à situação. Estas representações tratam, assim, da codificação de uma informação. Estas representações não são conscientes do sujeito. Trata-se de um registro mecânico que o sujeito executa sem pensar em todos os passos necessários para a sua resolução. “O sujeito acaba executando certas tarefas sem pensar em todos os passos necessários para a sua realização (por exemplo, os algoritmos computacionais, ou mesmo os algoritmos das operações)” (DAMM, 1999, p. 139).

As representações semióticas, por sua vez, são produções constituídas pelo emprego de signos, pertencentes a um sistema de referência ao qual está associado um conceito ou conjunto de conceitos. São exemplos de signos matemático-científicos a linguagem natural, a língua formal, a escrita algébrica, os gráficos cartesianos, as tabelas, as figuras geométricas, os quais têm suas dificuldades próprias de significado e de funcionamento (DUVAL, 2004). Tais representações são externas e conscientes ao indivíduo e realizam de maneira indissociável as funções de objetivação e tratamento. No entanto, aqui o tratamento não é automático, mas intencional.

Um dos papéis desempenhados pelas representações semióticas é o da comunicação, ou seja, o de exteriorizar as representações mentais, tornando as acessíveis às

outras pessoas. Além disso, o modo como o aluno elabora ou lida com uma representação semiótica revela, de alguma forma, como ele representou essa informação internamente. Saber interpretar a representação produzida pelo aluno pode ajudar o professor a realizar intervenções mais adequadas no seu processo de construção do conhecimento.

No contexto da Psicologia Cognitiva, Raymond Duval buscou descrever o funcionamento cognitivo do pensamento, considerando, para isso, as mudanças de registros de representação semiótica, que levou a publicação de diversos trabalhos, entre os quais *Sémiosis et pensée humaine: Registres sémiotiques et apprentissages intellectuels* (DUVAL, 2004). No mesmo contexto, Postigo e Pozo (2000) desenvolveram um modelo do funcionamento cognitivo, que relaciona as ações de construção/interpretação da informação gráfica ao processamento da informação, resultando no que chamaram de *níveis de processamento da informação gráfica*.

De um modo geral, Gardner (2003) explica que a Psicologia Cognitiva estuda a cognição, ou seja, os processos mentais que estão por detrás do comportamento humano. Esta área de investigação cobre diversos domínios das mais diversas ciências, examinando desde questões sobre a memória, atenção e percepção até a representação de conhecimento, raciocínio, criatividade e resolução de problemas. Dentre os temas estudados pela psicologia cognitiva, a linguagem é um dos mais pesquisados. A linguagem refere-se à capacidade de receber, interpretar e emitir informações para o ambiente. Por meio da linguagem, conseguimos manipular de forma abstrata os símbolos lingüísticos, permitindo desta forma a troca de informações entre as pessoas. A linguagem não se restringe apenas à sua forma natural ou escrita, mas também se refere à linguagem formal, gráfica, entre outras e reflete a capacidade de pensamento e abstração. A habilidade lingüística é desenvolvida de forma integrada com os processos cognitivos (ibid.), portanto, conforme as funções mentais se desenvolvem e tornam-se mais complexas, a linguagem também amplia seus recursos simbólicos.

Segundo Postigo e Pozo (2000), a linguagem gráfica refere-se ao uso de esquemas, tabelas, gráficos, mapas, desenhos, imagens, fotografias. A grande quantidade e variedade dessas informações gráficas encontradas ao nosso redor e, em especial, nos diversos níveis do Ensino de Física, faz com que a habilidade de processar e tratar estas representações seja essencial para tomar decisões, desenvolver o raciocínio lógico-matemático, além de servir para a comunicação social e científica.

Para estes pesquisadores, um critério essencial para diferenciar os distintos tipos de informação gráfica é sua natureza representacional. As representações semióticas têm

dois aspectos característicos que estão relacionados com a sua forma (o representante) e o seu conteúdo (o representado), ou seja, o tipo de informação que representam e o formato no qual a representam. Com este critério, os autores estabelecem quatro grupos de representações gráficas que se diferenciam na classe e forma em que é representada a informação, assim como na relação que essa informação tem com o objeto ou fenômeno representado. No primeiro grupo estão os diagramas e os esquemas que representam espacialmente relações conceituais, no segundo estão os gráficos, que representam, no espaço, relações numéricas ou quantitativas entre variáveis, no terceiro estão os mapas e planos, que seriam representações espaciais de objetos que mantêm entre si uma relação espacial, com características mais seletivas e no quarto grupo as ilustrações, com características mais reprodutivas.

1.1 TEORIA DOS REGISTROS DE REPRESENTAÇÃO SEMIÓTICA

Para Duval (2004), a aprendizagem matemática é um campo privilegiado para a análise de atividades cognitivas fundamentais, tais como a conceitualização, o raciocínio, a resolução de problemas e, inclusive, a compreensão de textos. A particularidade da aprendizagem matemática faz com que essas atividades cognitivas requeiram a utilização de sistemas de expressão e de representação distintos ao da linguagem natural. O uso do seu referencial, exclusivo das pesquisas da Educação Matemática num conteúdo de Física justifica-se pela presença de uma vasta gama de representações utilizadas também para expressar conceitos deste último ramo do conhecimento.

Duval se baseia em dois argumentos para desenvolver sua teoria. O primeiro argumento é que só pode haver apreensão de um objeto matemático quando se distingue tal objeto de sua representação, pois um mesmo objeto matemático pode apresentar-se por meio de representações muito distintas. Dessa forma, não se deve confundir os objetos matemáticos (os números, as funções, as retas) com suas representações, ou seja, a escrita decimal ou fracionária, os símbolos, os gráficos, tabelas, entre outras. Toda confusão entre o objeto e sua representação provoca, em um prazo mais ou menos amplo, uma perda de compreensão.

O segundo argumento é mais global e mais psicológico, no qual relaciona as representações mentais às representações semióticas. As representações mentais referem-se ao conjunto de imagens e concepções que um indivíduo pode ter sobre um objeto, sobre uma situação e sobre aquilo que lhe é associado. As representações semióticas são aquelas produções constituídas pelo emprego de signos, que a princípio não parecem ser mais do que um meio de que um indivíduo dispõe para exteriorizar suas representações mentais, ou seja,

para torná-las visíveis aos outros. Chama-se de *semiósis* a produção de uma representação semiótica e de *noesis* os atos cognitivos, como a apreensão conceitual de um objeto.

Na física, por exemplo, as representações semióticas não são apenas indispensáveis para fins de comunicação, mas também são necessárias para o desenvolvimento da própria atividade científica. De maneira mais global, se pode constatar que a aquisição de conhecimentos acompanha-se sempre da criação e desenvolvimento de sistemas semióticos novos e mais específicos. Assim, a formação de um pensamento científico é inseparável do desenvolvimento de simbolismos específicos para representar os objetos e suas relações. Por último, de um ponto de vista mais genérico, as representações mentais e as representações semióticas não podem opor-se como domínios totalmente diferentes. O desenvolvimento das representações mentais se efetua como uma interiorização das representações semióticas da mesma maneira que as imagens mentais são uma interiorização dos *perceptos*. A isto é necessário somar o fato de que a pluralidade de sistemas semióticos permite uma diversificação das representações de um mesmo objeto, fato este que aumenta as capacidades cognitivas dos sujeitos e, portanto, suas representações mentais.

A análise dos problemas na aprendizagem científica e dos obstáculos que os alunos enfrentam regularmente mostra que por trás do segundo argumento de Duval (2004), se reconheça uma lei fundamental do funcionamento cognitivo do pensamento: não há *noesis* sem *semiósis*. Ou seja, deve-se recorrer a uma pluralidade ao menos potencial de sistemas semióticos para a coordenação desses sistemas por parte do próprio sujeito.

As representações semióticas, além de estabelecerem a comunicação científica, são necessárias também para as atividades cognitivas do pensamento, ou seja, sem as representações semióticas não é possível efetuar certas funções cognitivas essenciais do pensamento humano. O autor (*ibid.*, p. 35-37) enfatiza três atividades cognitivas fundamentais ligadas à apreensão ou produção de uma representação: a formação de uma representação identificável, o tratamento e a conversão.

A formação de uma representação identificável depende de regras que garantam o reconhecimento das unidades de representações, das suas composições ou de como podem ser combinadas de forma a gerar as regras de tratamento. Para a formação de uma representação pode-se lançar mão da língua materna, desenhos, figuras ou fórmulas com signos próprios de uma ciência. Um gráfico cartesiano, por exemplo, é identificado, primeiramente, pela presença de eixos cartesianos ortogonais.

O tratamento é atividade cognitiva cuja transformação da representação ocorre dentro do próprio sistema de registro onde foi formada, como por exemplo, resolver

um sistema de equações. As regras de tratamento consideram a transformação da representação no interior do mesmo sistema de registro que pertence ao sistema semiótico, mobilizando apenas um só registro de representação. Existem regras de tratamentos próprias a cada registro e elas variam de um tipo de registro a outro diferente. Os tratamentos são ligados a forma (o representante) e não ao conteúdo do objeto matemático-científico (o representado).

A conversão de uma representação para outra é a atividade cognitiva de transformação de um registro em outro diferente, com regras de formação e tratamento distintos, mas conservando os mesmos objetos denotados. Por exemplo, passar da língua natural à escrita algébrica, ou passar do registro de representação “tabela” ao registro de representação “gráfico” são registros totalmente diferentes que conduzem ao mesmo conceito, porém tendo desempenhos e facilidades cognitivas relativas distintas. A conversão deve compreender a transformação de uma dada representação em outro sistema semiótico, conservando a totalidade ou parte do objeto da representação inicial, sendo necessária a coordenação pelo sujeito que a efetua. Para Duval (2004), a atividade de conversão não deve ser considerada como um processo de simples codificação. A atividade de conversão exige uma apreensão global e qualitativa, que não é possibilitada pela atividade de codificação. É esta habilidade que torna possível relacionar os valores estabelecidos em uma tabela com os pontos de interseção com os eixos ou com a inclinação do gráfico, no caso de uma reta representada no plano cartesiano. Quando esta relação fica estabelecida significa que as variáveis cognitivas específicas do funcionamento de cada um dos registros estão sendo articuladas de maneira coordenada. Isto significa que ambos os registros de representação são compreendidos no que diz respeito às unidades de significado.

A atividade cognitiva de conversão também intervém de forma que o registro no qual os tratamentos a serem efetuados se tornem mais econômicos, mais potentes (DUVAL, 2003, p. 16), de sorte que, um complementa o outro. Duval ainda escreve que a conversão não tem nenhum papel intrínseco nos processos de justificação ou prova, porque eles se fazem com base nas propriedades tratamentos efetuados em um determinado registro semiótico. Do ponto de vista cognitivo é a conversão que aparece como atividade de transformação fundamental, pois, ela “conduz aos mecanismos subjacentes à compreensão” (Ibid.).

Nos diferentes níveis de Ensino de Ciências e de Matemática pode se observar a persistência de um encerramento entre representações que não provém de um mesmo sistema semiótico, ou seja, não há distinção, pelo sujeito, entre o objeto científico e as diversas representações que tal objeto pode assumir ao passar de sistema semiótico para outro,

dificultando ou impossibilitando a conversão de uma representação para outra. Tal encerramento resulta do fenômeno de não congruência entre as representações de um mesmo objeto que provém de sistemas semióticos diferentes. A passagem de um sistema de representação a outro, ou a mobilização simultânea de vários sistemas de representação, fenômenos tão familiares e tão freqüentes na atividade científica, em nada são evidentes ou espontâneos para a maioria dos alunos.

A coordenação entre as representações que provém de sistemas semióticos diferentes em absoluto é espontânea. A persistência do encerramento das representações de sistemas semióticos diferentes ao longo de toda trajetória escolar dos alunos, assim como o salto qualitativo ligado a coordenação dos registros pelos alunos evidenciam que o laço entre a *semiósis* e a *noesis* é estreito e profundo.

Conclui-se que para analisar as dificuldades conceituais é preciso uma dedicação mais aprofundada aos problemas voltados para a conversão das representações, pois a atividade de conceitualização implica na coordenação entre registros de representação. É necessário que o estudante alcance um estágio de coordenação de sistemas de registros distintos para que possa discriminar o representante e o representado, ou a representação e o conteúdo que a representação expressa ou ilustra (DUVAL, 2004, p. 63). Para isso, o autor propõe que sejam mobilizados nas aulas, simultaneamente, vários e diferentes registros de representação semiótica para um mesmo objeto.

1.2 NÍVEIS DE PROCESSAMENTO DA INFORMAÇÃO GRÁFICA

Postigo e Pozo (2000) centraram-se no estudo das dificuldades que se estabelecem na interpretação da categoria gráfico. Embora existam diversas representações da informação quantitativa (tabelas, gráficos de setores, barras, linhas...), em termos gerais, os gráficos são representações que apresentam relação numérica entre duas ou mais variáveis por meio de distintos elementos espaciais (células, pontos, barras, linhas...). Segundo os autores, a investigação sobre a aprendizagem de tais representações seria mais bem tratada se considerássemos os níveis de processamento da informação gráfica, com graus de elaboração e profundidade crescentes, incluindo componentes sintáticos e semânticos que transcendem uma mera distinção entre informação local e global.

O modelo teórico proposto por Postigo e Pozo (2000) foi baseado na teoria do processamento da informação a qual busca compreender e qualificar as capacidades intelectuais do ser humano, com base no estudo das funções que permitem aos seres humanos

assimilar e transformar as informações que recebem do meio ambiente. O processamento da informação no ser humano é um processo dinâmico e complexo (PFROMM NETTO, 1987). Para Eysenck e Keane (2007), os vários estímulos sensoriais recebidos do ambiente são organizados de maneira ativa por vários sistemas perceptivos do cérebro, de maneira a constituir um padrão coerente. Assim, muitas vezes aquilo que chamamos de percepção não é o que os órgãos sensoriais identificaram inicialmente, mas é uma organização das representações mentais que passam a fazer um sentido para o cérebro. Dembo (1994) menciona que os psicólogos cognitivos desenvolveram modelos de processamento da informação não só para identificar como os seres humanos obtêm, transformam, armazenam e aplicam essa informação, mas também para explicar o papel das estratégias de aprendizagem na aquisição, na retenção e na utilização do conhecimento. Tal referencial vem se integrando aos estudos da educação científica por meio de abordagens como a Postigo e Pozo (2000), os quais analisaram a interpretação de gráficos por estudantes e sua relação com fatores que intervêm na sua aprendizagem, com o objetivo de compreender os processos, as estratégias e o domínio dessas representações quando os mesmos desenvolvem tais atividades. Assim, para esses autores, desde a leitura direta de um dado até uma tarefa de resolução de problemas, podem-se distinguir três diferentes níveis de processamento da informação ao construir ou interpretar um gráfico.

O primeiro nível de processamento da informação é o explícito, sendo o nível mais superficial de construção de um gráfico e centrado na produção dos elementos básicos da estrutura gráfica. Por sua vez, a informação implícita pressupõe um nível de processamento que identifica padrões e tendências por meio do estabelecimento de relações entre as variáveis, resultando em procedimentos de maior complexidade que o do nível anterior. A informação conceitual é o terceiro nível de processamento da informação gráfica, centrada no estabelecimento de relações conceituais a partir de uma análise global da estrutura do gráfico. Ela requer ir além da informação contida nos níveis anteriores e associa-se a outros conhecimentos disponíveis relacionados com o conteúdo representado para realizar interpretações, explicações ou previsões sobre o fenômeno representado no gráfico.

1.3 QUADRO TEÓRICO DE ANÁLISE

Dentro do que foi colocado, procuramos relacionar algumas características gerais e particulares dos gráficos cartesianos com o desempenho que apresentam os estudantes quando realizam a construção dessas representações, classificados de acordo com o

nível de processamento da informação gráfica proposto por Postigo e Pozo (2000). Para tais autores, o exame da construção gráfica está baseado nos níveis de processamento da informação explícita, implícita e conceitual que depende não somente da habilidade do sujeito em decodificar a sintaxe gráfica e de seus conhecimentos da situação representada, mas também das características intrínsecas da forma gráfica e das ações que permeiam sua construção. Entre esses fatores da atividade de construção/interpretação de um gráfico pelo sujeito, destacamos três grupos de ações, as quais são responsáveis pela elaboração da estrutura gráfica, numérica e conceitual. Esses conjuntos de ações são tratados separadamente para melhor compreensão da sua atuação, entretanto ocorrem simultaneamente na elaboração gráfica, não existindo tal divisão no momento de sua execução.

A estrutura gráfica é formada por ações que produzem elementos básicos de um gráfico. Tal estrutura está relacionada com o nível de compreensão explícito que é o grau mais superficial de elaboração desta representação. Nesse nível, as ações que os estudantes realizam são responsáveis por produzir signos que formam a estrutura inicial do gráfico cartesiano e convertem elementos da representação tabela para a representação gráfica, que corresponde, respectivamente, às atividades cognitivas de formação e conversão, que resulta, por sua vez, numa estrutura gráfica que possibilite a elaboração de estruturas superiores. Inclui-se nas atividades de formação do nível de processamento da informação explícita a ação de produção dos eixos coordenados e do título do gráfico, sendo que os eixos devem ser destacados dos demais traços presentes no gráfico e o título deve informar a relação de dependência entre as variáveis. Por meio das atividades de conversão estabelece-se a escala, as variáveis envolvidas e a localização do par de coordenadas no gráfico cartesiano, com o objetivo de promover a proporcionalidade entre os eixos, auxiliar na leitura do gráfico e estabelecer os pontos coordenados no gráfico, a partir dos dados inicialmente representados na tabela.

A estrutura numérica do gráfico cartesiano é estabelecida por ações que acrescentam novas informações internas ao gráfico por meio da identificação de padrões e tendências entre os signos presentes nessa representação. Tal estrutura relaciona-se com o nível de processamento implícito que tem um grau de elaboração e complexidade maior que o nível explícito. As ações do nível de processamento da informação implícita são caracterizadas por possibilitar transformações internas ao gráfico cartesiano, correspondendo, portanto, à atividade cognitiva de tratamento. Compete às ações internas a esse registro semiótico a determinação do comportamento da curva e da taxa de variação dos dados, assim como o estabelecimento de novos pontos coordenados.

A estrutura conceitual do gráfico cartesiano é determinada por ações feitas pelo estudante ao generalizar as relações expressas graficamente com o uso articulado do conteúdo semântico com outras formas representacionais acessórias ao gráfico cartesiano, como a linguagem escrita e formal. Tal estrutura relaciona-se com o nível de processamento da informação conceitual que é o nível mais profundo e complexo da elaboração gráfica. As ações desse nível são caracterizadas por transformar o conteúdo semântico em outras representações semióticas, tal como a escrita literal ou formal, sendo que tal transformação corresponde à atividade cognitiva de conversão. Correspondem às ações da estrutura conceitual a elaboração de legenda, a descrição formal do fenômeno físico e a formulação de explicações por meio de entrevista, as quais explicitem as relações e convenções usadas para a construção do gráfico cartesiano, além de expressar o domínio semântico do conteúdo abordado por essa representação semiótica.

Para uma análise mais minuciosa dos níveis de processamento da informação gráfica e com o objetivo de qualificar as dificuldades implicadas no processo de construção da representação gráfica, relacionamos os níveis de processamento da informação gráfica às atividades cognitivas semióticas.

Assim, estabelecemos um referencial capaz de acompanhar as atividades cognitivas semióticas na realização da representação investigada com os seus respectivos níveis de processamento da informação, e também evidenciar dificuldades na sua produção, caracterizando a natureza semiótica das mesmas. Inspirados nos referenciais discutidos, concluímos que, para a análise do nível de processamento da informação explícita, deve-se recorrer às atividades cognitivas semióticas de formação e conversão, com as ações dos estudantes voltadas para elaboração da estrutura gráfica. Para análise do nível de processamento da informação implícita recorre-se às atividades cognitivas de tratamento, com as ações centradas no estabelecimento da estrutura numérica. Para o nível de processamento da informação conceitual recorre-se às atividades cognitivas de conversão, com as ações dos estudantes voltadas para determinação da estrutura conceitual, responsável por evidenciar o domínio semântico do fenômeno físico representado graficamente. No quadro 1 abaixo sintetizamos a relação dos níveis de processamento da informação e as correspondentes atividades cognitivas semióticas que caracterizam as ações de construção da estrutura gráfica, numérica e conceitual.

Quadro 1 – Quadro Teórico de Análise dos níveis de processamento da informação/atividades cognitivas semióticas e ações construtivas correspondentes

Nível de Processamento	Atividade Cognitiva Semiótica	Ações de Construção/Interpretação do Gráfico Cartesiano
Informação Explícita	Formação	Eixos Cartesianos Ortogonais
		Título
	Conversão	Variáveis Envolvidas
		Escala
Informação Implícita	Tratamento	Par de Coordenadas
		Comportamento da Curva
		Taxa de Variação
Informação Conceitual	Conversão	Novos Pares Coordenados
		Legenda
		Descrição Formal do Fenômeno
		Elaborar Explicações

CAPÍTULO II

PROCEDIMENTOS METODOÓGICOS

Para investigar a articulação entre a representação gráfica da tabela e do gráfico cartesiano, considerou-se a produção escrita e entrevistas complementares de estudantes de Licenciatura e Bacharelado em Física, de uma universidade estadual pública do norte do Estado do Paraná. A pesquisa contou com a participação voluntária de estudantes do terceiro e quarto ano da referida graduação. Os sujeitos da pesquisa foram selecionados tendo em conta que já haviam sido aprovados em disciplinas da graduação nas quais era requisito a aprendizagem da construção manual de gráficos cartesianos de cinemática como parte dos conteúdos curriculares das referidas disciplinas.

Antes que se iniciasse a aplicação das atividades esclarecíamos os participantes de que suas identidades seriam preservadas. Solicitava-se que cada sujeito lesse na íntegra e assinasse juntamente com o pesquisador o termo de consentimento livre e esclarecido, cujo modelo utilizado se encontra no Anexo A deste volume, com o objetivo de assegurar a confidencialidade dos sujeitos da pesquisa. Ressaltamos também a necessidade da colaboração dos mesmos para o desenvolvimento do estudo. O ambiente no qual as atividades e entrevistas foram realizadas permitiram a privacidade do participante, favorecendo o desenvolvimento das respostas pertencentes ao mesmo.

As produções escritas dos estudantes que analisamos resultaram da construção manual de gráficos cartesianos em papel milimetrado a partir das tabelas de dados experimentais. Os estudantes responderam às mesmas atividades, variando as tabelas de referência, com a finalidade de identificar as dificuldades na articulação entre as referidas representações semióticas.

Cada produção e entrevista subsequente foi tomada individualmente com o objetivo de o pesquisador poder acompanhar cada etapa de produção e obter informações mais precisas para a investigação. Toda atividade foi gravada em vídeo para auxiliar na análise dos dados e discussão dos resultados.

2.1 METODOLOGIA DE PESQUISA – ESTUDO DE CASO

A interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados foram características fundamentais nesta pesquisa. Para seu desenvolvimento consideramos que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o

mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números. O ambiente universitário foi a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador foi um instrumento-chave na investigação. Para Garnica (2004) a pesquisa qualitativa é definida como aquela que tem as seguintes características:

[...] (a) a transitoriedade de seus resultados; (b) a impossibilidade de uma hipótese *a priori*, cujo objetivo da pesquisa será comprovar ou refutar; (c) a não neutralidade do pesquisador que, no processo interpretativo, vale-se de suas perspectivas e filtros vivenciais prévios dos quais não consegue se desvencilhar; (d) que a constituição de suas compreensões dá-se não como resultado, mas numa trajetória em que essas mesmas compreensões e também os meios de obtê-las podem ser (re) configuradas; e (e) a impossibilidade de estabelecer regulamentações, em procedimentos sistemáticos, prévios, estáticos e generalistas (GARNICA, 2004, p. 86).

Cabe ressaltar que as características acima não podem ser vistas como regras, visto que, de forma recursiva, o próprio entendimento do que é pesquisa qualitativa está em movimento e as noções acima levam a ênfases diferentes. Assim, em harmonia com essas características, Araújo e Borba (2004) enfatizam que pesquisa qualitativa deve ter por trás uma visão de conhecimento que esteja em sintonia com procedimentos como entrevistas, análises de vídeos, etc. e interpretações. Priorizamos os procedimentos descritivos à medida que a visão de conhecimento adotada explicitamente admite a interferência subjetiva, o conhecimento como compreensão que é sempre contingente, negociada e não é verdade rígida. O que é considerado "verdadeiro", dentro desta concepção, é sempre dinâmico e passível de ser mudado. Isso não quer dizer que ignoramos qualquer dado do tipo quantitativo ou mesmo qualquer pesquisa que seja feita baseada em outra noção de conhecimento. Bogdan e Biklen explicitam bem esta questão:

Embora os dados quantitativos recolhidos por outras pessoas (avaliadores, administradores e outros investigadores) possam ser convencionalmente úteis tal como foram descritos, os investigadores qualitativos dispõem-se à recolha de dados quantitativos de forma crítica. Não é que os números por si não tenham valor. Em vez disso, o investigador qualitativo tende a virar o processo de compilação na sua cabeça perguntando-se o que os números dizem acerca das suposições das pessoas que os usam e os compilam. [...] Os investigadores qualitativos são inflexíveis em não tomar os dados quantitativos por seu valor facial (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 195).

A presente pesquisa pode ser classificada, de acordo com seus objetivos, como descritiva e exploratória. De acordo com Gil (1991) a pesquisa exploratória visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou a

construir hipóteses. Envolve levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado e análise de exemplos que estimulem a compreensão. Assume, em geral, as formas de Pesquisas Bibliográficas e Estudos de Caso. A pesquisa descritiva visa descrever as características de determinados fenômenos ou o estabelecimento de relações entre variáveis. Isto envolve o uso de técnicas padronizadas de coleta de dados, atividades e observação sistemática. Portanto, do ponto de vista dos procedimentos técnicos, a presente investigação se classifica como estudo de caso, pois envolve o estudo profundo e exaustivo das atividades que permeiam a construção de gráficos cartesianos de cinemática, permitindo um amplo e detalhado conhecimento de tal objeto de estudo. Sobre o objetivo de um estudo de caso, argumenta Goldenberg:

O estudo de caso reúne o maior número de informações detalhadas, por meio de diferentes técnicas de pesquisa, com o objetivo de aprender a totalidade de uma situação e descrever a complexidade de um caso concreto através de um mergulho em um objeto delimitado (GOLDENBERG, 2003, p.33).

Para a elaboração dos estudos de caso foi necessário uma coleta de dados bastante aprofundada, a fim de elucidar a situação analisada. Entende-se que os estudos de caso não são indicados a toda e qualquer pesquisa, na medida em que é impossível fazer generalizações a partir de um caso particular. Contudo, Lazzarini (1984) aponta que quando os temas analisados são contemporâneos, abrangentes e complexos, o fenômeno não pode ser estudado fora de seu contexto sem perda de utilidade da pesquisa, o foco maior é na compreensão dos fatos e não em sua mensuração e a possibilidade de utilizar várias fontes para evidenciar os fatos é uma necessidade metodológica. Dessa forma, o estudo de caso mostrou-se ser uma abordagem metodológica de investigação especialmente adequada nessa pesquisa, uma vez que o objetivo da pesquisa foi acompanhar a complexidade do processamento da informação por meio da descrição de cada atividade cognitiva semiótica que o estudante realiza ao construir manualmente gráficos cartesianos de cinemática.

2.1.1 Os Sujeitos da Pesquisa

Os sujeitos da pesquisa foram estudantes de Licenciatura e Bacharelado em Física, de uma universidade estadual pública do norte do Estado do Paraná. A pesquisa contou com a participação voluntária de estudantes do terceiro e quarto ano da referida graduação. Os participantes foram selecionados tendo em conta que já haviam sido aprovados em disciplinas

da graduação, tais como Física Básica, Laboratório de Física I e II, nas quais era requisito a aprendizagem da construção manual de gráficos cartesianos de cinemática como parte dos conteúdos curriculares das referidas disciplinas.

O primeiro sujeito da pesquisa é estudante do 3º ano de Licenciatura em Física, cujos dados foram tomados em 15 de Abril de 2010, com duração ao todo de 53 minutos, incluindo a produção escrita e entrevista semi-estruturada. O gráfico cartesiano completo, a entrevista e as demais atividades deste participante encontram-se no Apêndice A deste volume.

O segundo sujeito da pesquisa é estudante do 4º ano de Bacharelado em Física, cujos dados foram tomados em 26 de Abril de 2010, com duração ao todo de 48 minutos, incluindo a produção escrita e entrevista semi-estruturada. O gráfico cartesiano completo, a entrevista e as demais atividades deste participante encontram-se no Apêndice B deste volume.

O terceiro sujeito da pesquisa é estudante do 3º ano de Licenciatura em Física, cujos dados foram tomados em 1º de Maio de 2010, com duração ao todo de 47 minutos, incluindo a produção escrita e entrevista semi-estruturada. O gráfico cartesiano completo, a entrevista e as demais atividades deste participante encontram-se no Apêndice C deste volume.

O quarto sujeito da pesquisa é estudante do 4º ano de Bacharelado em Física, cujos dados foram tomados em 25 de Maio de 2010, com duração ao todo de 38 minutos, incluindo a produção escrita e entrevista semi-estruturada. O gráfico cartesiano completo, a entrevista e as demais atividades deste participante encontram-se no Apêndice D deste volume.

O quinto sujeito da pesquisa é estudante do 4º ano de Licenciatura em Física, cujos dados foram tomados em 28 de Maio de 2010, com duração ao todo de 42 minutos, incluindo a produção escrita e entrevista semi-estruturada. O gráfico cartesiano completo, a entrevista e as demais atividades deste participante encontram-se no Apêndice E deste volume.

Os participantes realizaram as atividades propostas individualmente e em dias diferentes uns dos outros, para não haver interferência e troca de informações entre os indivíduos pesquisados. A recolha de dados ocorreu em uma sala de aula, previamente escolhida para tal finalidade, da referida universidade. No momento da realização das atividades estavam presentes: o sujeito da pesquisa e o pesquisador; com o objetivo deste último poder acompanhar cada etapa de produção e obter informações mais precisas para a

investigação. Todas as atividades foram gravadas em vídeo para auxiliar na análise dos dados e discussão dos resultados.

2.2 MÉTODO DE RECOLHA DE DADOS

No processo de recolha de dados para o estudo do caso presente nesta pesquisa recorreremos a técnicas próprias da investigação qualitativa: a produção escrita, gravação em vídeo, observação e entrevista (KETELE; ROEGIERS, 1999; DUARTE, 2004; GIL, 1999). Segundo Yin (1994), a utilização de múltiplas fontes de dados na construção de um estudo de caso permite considerar um conjunto mais diversificado de tópicos de análise. A utilização destes instrumentos constituiu uma forma de obtenção de dados de diferentes tipos, os quais proporcionaram a possibilidade de cruzamento de informação. Assim sendo, utilizou-se múltiplas fontes de dados por permitir, por um lado, assegurar as diferentes perspectivas dos participantes no estudo e, por outro, obter várias visões do mesmo fenômeno, criando condições para uma triangulação dos dados, durante a fase de análise dos mesmos.

A produção escrita consistiu na construção dos gráficos cartesianos. Para a elaboração dos gráficos foram empregadas tabelas de dados experimentais relativas à descrição da posição, velocidade e aceleração de uma partícula, tomados em distintos intervalos de tempo e escolhidas especialmente para esta investigação. Consideramos utilizar a entrevista como um método de recolha de informações complementares. O tipo de entrevista utilizado nesta pesquisa foi a semi-estruturada (MANZINI, 2004), a qual foi direcionada por um roteiro previamente elaborado, composto por questões abertas, o que permitiu uma organização flexível e ampliação dos questionamentos à medida que as informações foram sendo fornecidas pelos entrevistados. Para a elaboração e adequação do roteiro de entrevista considerou-se a vivência do pesquisador e a literatura sobre o tema em estudo. Todas as entrevistas realizadas encontram-se no apêndice referente a cada estudante, conforme descrito na subseção anterior.

2.3 DEFINIÇÃO DAS ATIVIDADES DA PRODUÇÃO ESCRITA

Para as atividades da produção escrita e da construção dos gráficos cartesianos, foram empregadas tabelas de dados experimentais relativas à descrição da posição, velocidade e aceleração de uma partícula, tomados em distintos intervalos de tempo e escolhidas especialmente para esta investigação. Teve-se como objetivo observar o domínio

dos signos específicos relacionados às tabelas e sua transformação em signos próprios aos gráficos cartesianos, conforme estruturado no Quadro 1 (p. 29).

Com base nas tabelas presentes nas atividades, foi solicitada a resolução de dez itens relativos à construção e compreensão das representações tabela e gráfico. Para seleção dos itens que foram desenvolvidos pelos participantes consideramos as atividades cognitivas semióticas que um estudante deve realizar ao construir manualmente um gráfico cartesiano. Os três primeiros itens relacionaram-se com a compreensão da representação tabela, com o objetivo de verificar a conversão dos elementos presentes na mesma para o gráfico cartesiano, consistindo na identificação das variáveis dependentes e independentes nas tabelas A, B e C, na determinação unidades de medidas utilizadas e na descrição do fenômeno observando apenas a tabela A. O item 04 consistiu na construção do gráfico cartesiano a partir da tabela A, em papel milimetrado, identificando as grandezas em cada eixo coordenado e os fatores de escala correspondentes. Os itens 05, 08 e 09 referem-se ao tratamento do gráfico produzido, sendo solicitado que o estudante traçasse a curva mais adequada aos pontos determinados no gráfico e baseado nas mesmas informações, fizesse uma estimativa da posição em três instantes de tempo que não constam inicialmente na tabela A, além disso, o estudante deveria determinar a velocidade escalar média da partícula no intervalo de tempo estabelecido no gráfico. Por fim, os itens 06, 07 e 10 correspondem à descrição do fenômeno representado no gráfico cartesiano por meio de diferentes representações, cujo objetivo foi verificar o domínio da relação física entre as variáveis. Para isso, solicitou-se a produção de um título, uma legenda e expressão algébrica mais adequada a partir das informações proporcionadas pelo gráfico construído e das relações que nele se expôs.

2.4 DEFINIÇÃO DA ENTREVISTA SEMI-ESTRUTURADA

Os estudantes responderam a uma entrevista semi-estruturada, logo após realizarem a atividade, no mesmo ambiente no qual foi realizada a atividade de construção gráfica, com o tema voltado para a representação gráfica cartesiana e com o objetivo de obter mais informações sobre o domínio dessa representação semiótica e investigar o contexto com que os gráficos manualmente construídos são solicitados durante a graduação. As entrevistas foram gravadas em vídeo e as transcrições das mesmas encontram-se nos apêndices correspondentes a cada sujeito da pesquisa.

Para a elaboração do roteiro de questões considerou-se as expectativas do entrevistador, do entrevistado e dos possíveis leitores. Foram formuladas perguntas abertas e

apontadas alternativas para eventuais fugas à pergunta. Estabelecemos seis questões que definimos como complementares para esta investigação, tais como as disciplinas cursadas relacionadas à aprendizagem da construção de gráficos, a frequência que os sujeitos realizam a construção manual de gráficos cartesianos na graduação, os elementos que dificultam a realização das atividades propostas, além do significado para determinados signos presentes na representação produzida. Procedemos a ordenação das questões, conforme as atividades foram desenvolvidas, adequando as perguntas aos entrevistados, selecionando um vocabulário claro, acessível e rigoroso em sua sintaxe e semântica. Para a adequação do roteiro de entrevista e das questões formuladas julgamos necessário passar pela apreciação de juízes. As perguntas iniciais centraram-se na investigação da frequência e contexto com que os gráficos cartesianos foram desenvolvidos durante a graduação. Nas demais questões se focaram as atenções para o modo com que os estudantes constroem e dão sentido aos signos presentes na representação gráfica cartesiana.

2.5 DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO DE CASO

A análise dos dados foi desenvolvida com base no Quadro Analítico (p. 29) proposto teoricamente e cada amostra foi tratada individualmente. Dessa forma, investigamos separadamente cada uma das ações de construção gráfica orientadas pelos níveis de processamento da informação e atividade cognitiva semiótica correspondente, por meio da resolução da atividade e entrevista delineada metodologicamente, a qual foi respondida por cada estudante investigado.

Durante a análise dos dados acompanhamos as atividades cognitivas semióticas responsáveis pelas ações de construção/interpretação da estrutura gráfica, numérica e conceitual. Ressaltamos a importância de conhecermos previamente o domínio dos signos pertencentes às tabelas para compreendermos a conversão destes signos para o gráfico cartesiano que foi, posteriormente, realizado pelo estudante. Com o conhecimento do domínio da representação tabela, fomos capazes de analisar como os estudantes convertem os signos presentes em tal representação para a formação das estruturas que compõe o gráfico cartesiano.

Com base nas produções realizadas pelos sujeitos da pesquisa, procedeu-se a uma entrevista semi-estruturada para verificarmos por meio desta os significados atribuídos a determinados signos que os mesmos produziram, corroborando para a investigação do domínio da representação gráfica cartesiana. Conforme sugeriram Marconi e Lakatos (2002),

após a entrevista seguiu-se o processo de análise da mesma que consistiu na verificação dos dados fornecidos pelos entrevistados, tais como a validade, relevância, especificidade, clareza, profundidade e extensão das respostas. Para tanto, comparou-se os dados fornecidos pelos estudantes na entrevista com uma fonte externa, se tais respostas têm relação com os objetivos da pesquisa e se os mesmos fizeram referência correta à disciplinas, datas, nomes e locais. Além do mais, verificaram-se as relações do entrevistado com o tema e as amplitudes das respostas.

No capítulo seguinte desenvolvemos a análise individual de cada participante e ao final de cada uma delas, focamos nossos estudos para determinar o domínio e as dificuldades semióticas de cada um dos sujeitos da pesquisa.

CAPÍTULO III

ANÁLISE DOS DADOS

3.1 ANÁLISE – ESTUDANTE 01

3.1.1 Nível de Processamento da Informação Explícita Atividade Cognitiva de Formação

O estudante ao traçar os eixos cartesianos valeu-se da atividade cognitiva de formação no nível de processamento da informação explícita. O mesmo também recorreu à igual atividade cognitiva semiótica para elaborar o título para o gráfico cartesiano. Os registros do aluno relativos à tais atividades cognitivas podem ser vistos, respectivamente nas Figuras 1.1 e 1.2.

Figura 1.1 – Destaque dos Eixos Cartesianos

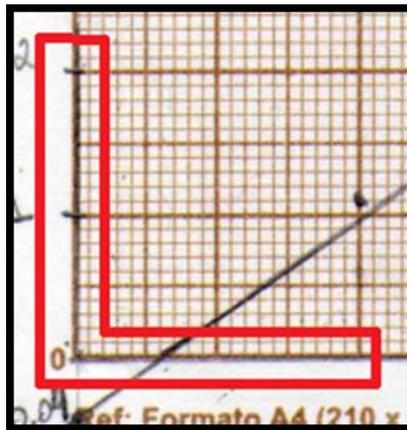
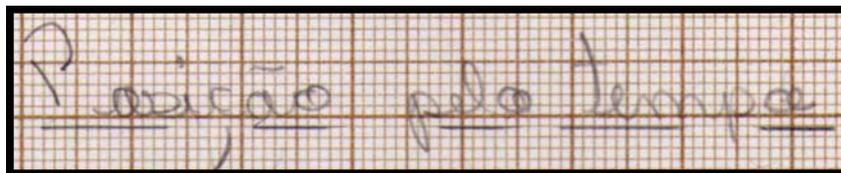


Figura 1.2 – Título do Gráfico

A imagem mostra o título do gráfico escrito à mão em uma folha de papel quadriculado. O título é 'Posição pelo tempo', escrito em uma caligrafia cursiva e levemente inclinada para a direita.

Posição pelo tempo

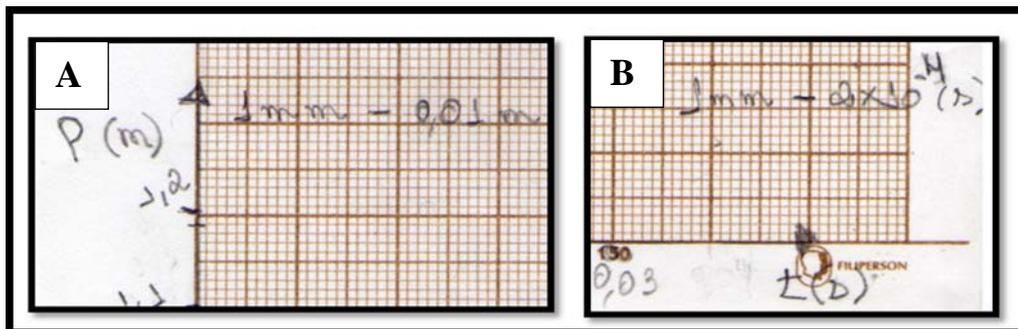
Ao evidenciar o conjunto de eixos ortogonais e escrever um título, o estudante lançou mão de regras de formação, que não apenas garantiram o reconhecimento de uma unidade de representação gráfica cartesiana, mas também permitiram a composição da

estrutura gráfica que posteriormente foi complementada pela transformação de elementos da representação tabela para a representação do gráfico cartesiano.

3.1.2 Nível de Processamento da Informação Explícita Atividade Cognitiva de Conversão

Ao analisar o nível de processamento da informação explícita por meio da atividade cognitiva de conversão, verificamos que, para finalizar a estrutura gráfica, o estudante teve de fazer uma um exame minucioso e qualitativo dos signos presentes na representação tabela e transformá-los em signos próprios para a representação do gráfico cartesiano. Dessa forma, o estudante determinou, por meio da conversão da tabela para o gráfico cartesiano, as variáveis, unidades de medidas e fatores de escala nos eixos cartesianos, conforme observado na Figura 1.3A e 1.3B.

Figura 1.3A e 1.3B – Detalhe das variáveis e unidades de medidas dos eixos coordenados e fatores de escala correspondentes à formação da estrutura gráfica.



Para determinar o tipo mais adequado de escala o estudante teve de fazer uma análise global dos valores numéricos presentes em cada coluna da representação tabela. Por fim, a estrutura gráfica foi completada quando houve a transformação dos valores numéricos da tabela em pares ordenados no gráfico cartesiano por meio da atividade cognitiva de conversão.

3.1.3 Nível de Processamento da Informação Implícita Atividade Cognitiva de Tratamento

A estrutura numérica foi desenvolvida por meio da atividade cognitiva de tratamento no nível de processamento da informação implícita. A construção de tal estrutura

reporta-se à ações relativas à expansão informacional que tem sob si a estrutura gráfica anteriormente elaborada. Dessa forma, o estudante traçou a reta média que julgou mais adequada, considerando para isso o aspecto regular dos pares ordenados, conforme se verifica na figura 1.4.

Figura 1.4 - Detalhe da reta média traçada por E1



A reta média traçada por meio da atividade cognitiva de tratamento possibilitou a determinação de novos pares ordenados, resultando nos valores representados na tabela 1.

Tabela 1 - Novos pares ordenados obtidos por E1

Tempo (s)	Posição (m)
0,000	- 0,040
0,0015	0,480
0,0030	1,190

Para determinar a velocidade escalar média o estudante também recorreu à atividade cognitiva de tratamento no nível de processamento da informação implícita quando lançou mão de pares ordenados pertencentes à reta média traçada e determinou a taxa de variação no intervalo de tempo estabelecido no gráfico. Tal desenvolvimento pode ser verificado na Figura 1.5.

Figura 1.5 - Determinação da velocidade escalar média

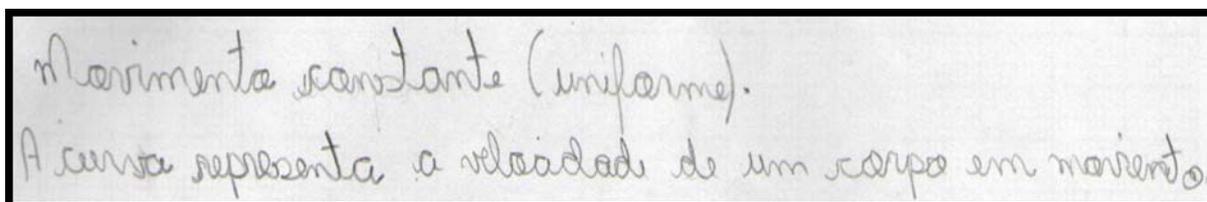
$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{(0,8 - 0,2)}{(0,024 - 0,007)} \approx 35,3 \text{ m/s}$$

Ao escolher de pontos pertencentes à reta para determinar uma propriedade científica do fenômeno o estudante teve de articular as novas informações desenvolvidas pelas atividades de tratamento com as demais anteriores, permitindo converter, posteriormente, o conteúdo representado graficamente para outros registros representacionais.

3.1.4 Nível de Processamento da Informação Conceitual Atividade Cognitiva de Conversão

Ao elaborar a legenda, conforme pode ser visto na Figura 1.6, o estudante converteu para uma escrita literal o comportamento regular apresentado pelo fenômeno representado graficamente. Tal elaboração foi realizada com base nas relações numéricas desenvolvidas pelo estudante no nível de processamento da informação implícita por meio das atividades de tratamento. Com base nas mesmas relações, o estudante foi capaz de descrever o fenômeno utilizando a linguagem formal, expressando por meio de uma equação as mesmas relações de dependência das variáveis. Sendo assim, o tratamento efetuado pelo estudante no nível anterior possibilitou a conversão para outras representações semióticas mantendo as informações originais do fenômeno físico.

Figura 1.6 – Legenda referente ao gráfico produzido por E1



Movimento constante (uniforme).
A curva representa a velocidade de um corpo em movimento.

A atividade de conversão para outras representações no nível de processamento da informação conceitual mostrou não apenas que o estudante elaborou uma legenda coerente com o fenômeno físico, mas também evidenciou que o mesmo atribuiu significado científico à reta média determinada no gráfico cartesiano. Dessa forma, a explicação do significado da reta média foi contemplada, pois o estudante evidencia a relação entre posição e tempo, conforme o mesmo escreve na Figura 1.6 que “*a curva representa a velocidade de um corpo em movimento*”. Concluímos que, por meio da atividade de conversão, pode-se verificar o domínio semântico da representação gráfica quando o

estudante é capaz de articular diferentes formas representacionais para complementar ou explicar as relações expostas no gráfico produzido por ele.

3.1.5 Discussão dos Resultados

Com base no Quadro Analítico podemos afirmar que o estudante utiliza das regras fundamentais de formação do gráfico cartesiano e a conversão de signos específicos da tabela para esta representação no nível de processamento da informação explícita. Isto fica evidenciado pela análise das ações de construção da estrutura gráfica, sendo que as mesmas possibilitaram que as atividades de tratamento fossem efetuadas. As transformações internas ao gráfico foram demonstradas pelo nível de processamento da informação implícita, desenvolvendo ações relativas à construção da estrutura numérica, sendo capaz de identificar padrões e tendências por meio do estabelecimento de relações entre as variáveis. O nível de processamento da informação conceitual é evidenciado quando o estudante generaliza as relações expressas pelo gráfico cartesiano para outras formas representacionais, demonstrando não confundir o objeto científico com sua forma de representação gráfica. Conclui-se, portanto, que o estudante não possui dificuldades na transformação da tabela para o gráfico cartesiano e neste último, domina todos seus níveis de elaboração.

3.2 ANÁLISE – ESTUDANTE 02

3.2.1 Nível de Processamento da Informação Explícita Atividade Cognitiva de Formação

O estudante não processou a informação referente à elaboração dos eixos cartesianos pela atividade cognitiva de formação no nível de processamento da informação explícita. No entanto o mesmo processou tal atividade cognitiva semiótica ao elaborar o título para o gráfico cartesiano. Observamos na Figura 2.1 que este estudante utilizou as margens do papel milimetrado fornecido como se estas margens representassem os eixos ao invés de destacá-los de acordo com as regras de formação. Na Figura 2.2 destaca-se a título elaborado pela mesma atividade cognitiva semiótica.

Figura 2.1 – Detalhe da ausência do traço do eixo cartesiano horizontal

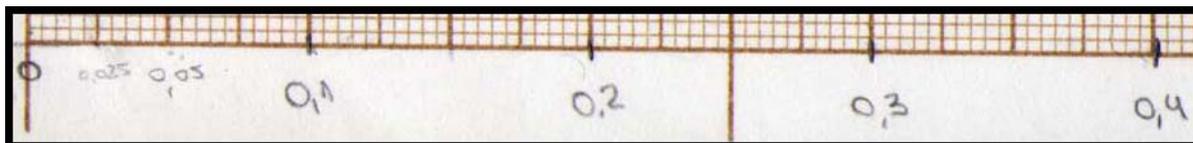


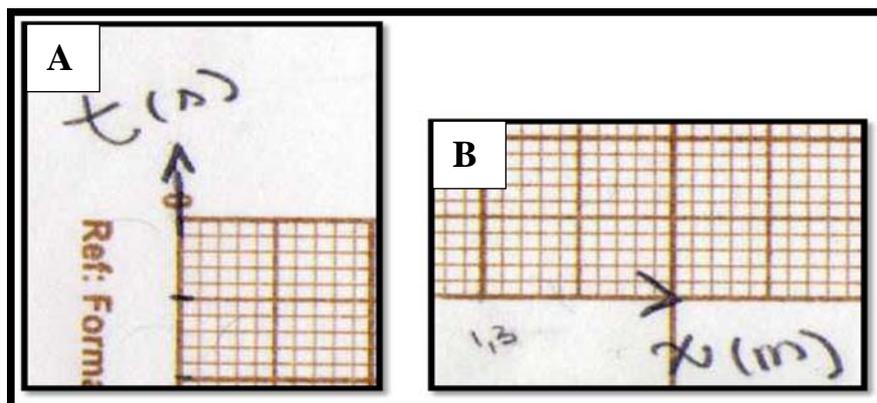
Figura 2.2 – Título do Gráfico

Ao não evidenciar o conjunto de eixos ortogonais, o estudante deixou de seguir uma regra de formação a qual garante o reconhecimento de uma unidade de representação gráfica. Portanto, o estudante ao não processar esse elemento gráfico, fez com que os demais elementos que compõe a estrutura gráfica fossem elaborados com base nas margens da folha de papel milimetrado por meio da transformação desses elementos presentes na representação tabela para a representação do gráfico cartesiano.

3.2.2 Nível de Processamento da Informação Explícita Atividade Cognitiva de Conversão

Para a transformação de elementos da tabela para o gráfico cartesiano o estudante deveria recorrer à atividade cognitiva de conversão no nível de processamento da informação explícita. No entanto, o estudante não processou a informação gráfica pertinente à conversão das variáveis presentes na tabela A para o gráfico cartesiano quando inverteu as variáveis dos eixos coordenados, designando para o eixo das ordenadas a variável “tempo” e para o eixo das abscissas a variável “posição”. Observamos, com base na figura 2.3A e 2.3B, que o estudante indicou de forma invertida a variável independente e a variável dependente, juntamente com suas respectivas unidades de medidas. Também observamos na mesma figura que este estudante não processou a informação relativa à determinação dos fatores da escala.

Figura 2.3A e 2.3B – Detalhe das variáveis e unidades de medidas dos eixos coordenados.



O estudante finalizou a estrutura gráfica quando determinou os pares de coordenadas no gráfico cartesiano a partir dados presentes nas células da tabela A por meio da atividade cognitiva de conversão no nível de processamento da informação explícita.

3.2.3. Nível de Processamento da Informação Implícita Atividade Cognitiva de Tratamento

A estrutura numérica do gráfico cartesiano foi desenvolvida por meio da atividade cognitiva de tratamento no nível de processamento da informação implícita. A elaboração de tal estrutura pelo estudante centra-se em três ações construtivas relacionadas à expansão informacional interna que tem sob si a estrutura gráfica anteriormente elaborada. Na primeira ação, o estudante traçou a reta média que julgou mais adequada, considerando o melhor ajuste dos pontos coordenados. Nas ações seguintes o mesmo determinou novos pontos coordenados.

Com relação à determinação da reta média, verifica-se na Figura 2.4, que o estudante não processou corretamente a ação de traçar a reta distribuindo-a regularmente em torno dos pontos coordenados, pois o traçado realizado não foi um segmento contínuo de reta.

Figura 2.4 - Detalhe da reta média traçada por E2



Apesar da reta média traçada por meio da atividade cognitiva de tratamento não ser processada da forma mais adequada, o estudante foi capaz determinar novos pares ordenados por meio dessa reta. Os valores dos novos pares ordenados estão representados na tabela 2.

Tabela 2 – Novos pares ordenados obtidos por E2

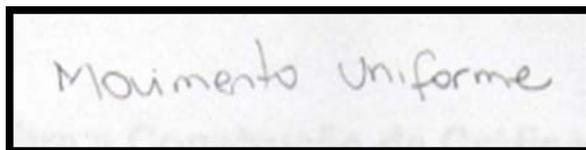
Tempo (s)	Posição (m)
0,000	- 0, 025
0,0015	0,475
0,0030	1,250

O estudante não processou a ação de determinar a velocidade escalar média, pois no cálculo da inclinação da reta média os valores estavam invertidos e não apresentaram resultados coerentes.

3.1.4 Nível de Processamento da Informação Conceitual Atividade Cognitiva de Conversão

O estudo das ações relacionadas com a generalização das relações conceituais aportadas pelo gráfico cartesiano por meio da atividade cognitiva de conversão no nível de processamento da informação conceitual mostrou que ao elaborar a legenda, conforme pode ser visto na Figura 2.5, o estudante converteu para uma escrita literal o comportamento regular apresentado pelo fenômeno representado graficamente. Tal elaboração foi realizada com base nas relações numéricas desenvolvidas pelo estudante no nível de processamento da informação implícita por meio das atividades de tratamento. No mesmo nível de processamento da informação, o estudante foi capaz de descrever o fenômeno utilizando a linguagem formal, expressando por meio de uma equação as mesmas relações de dependência das variáveis. Sendo assim, o tratamento efetuado pelo estudante no nível anterior possibilitou a conversão para outras representações semióticas mantendo as informações originais do fenômeno físico.

Figura 2.5 – Legenda referente ao gráfico produzido por E02



A falta de sofisticação desta elaboração não permitiu que fosse investigada a atribuição de significado aos signos pertencentes ao gráfico cartesiano pelo estudante, como a explicação da reta média. No entanto, por meio da entrevista posteriormente realizada, o estudante declarou que a reta média “*representa o movimento uniforme*”. Dessa forma, a entrevista completou as ações de construção/interpretação do gráfico cartesiano por meio da atividade cognitiva de conversão no nível de processamento da informação conceitual quando o estudante traduz os significados dos signos presentes no gráfico cartesiano para a linguagem natural.

3.2.5 Discussão dos Resultados

O estudante analisado demonstrou dificuldades em processar as regras de formação gráfica no nível de processamento da informação explícita quando deixa de traçar os eixos cartesianos e usa as margens do papel milimetrado como referencia para a construção do gráfico. A ausência dos traços dos eixos cartesianos horizontais e verticais revela uma dificuldade do estudante em construir a estrutura gráfica seguindo as regra de formação gráfica. Além disso, os signos designados aos eixos cartesianos não foram articulados com a relação de dependência exposta na análise dos elementos da tabela e no título produzido pelo mesmo por meio da atividade cognitiva de conversão. O título do gráfico foi elaborado de forma correta, revelando um aparente domínio da relação de dependência existente no fenômeno representado, no entanto este domínio tornou-se discutível quando analisamos a atividade de conversão na subseção 3.2.2, dessa forma podemos afirmar que o sujeito desconhece as regras de dependência dos eixos cartesianos, uma vez que ele conhece a relação de dependência entre as variáveis, mas não as associa aos eixos corretamente. Também pela mesma razão, a relação entre o título elaborado e o gráfico produzido apresentou-se incoerente. Assim, a conversão revelou uma falha conceitual no processo de elaboração da estrutura gráfica.

Apesar de o estudante ter concluído a estrutura gráfica no nível de processamento da informação explícita quando converteu os dados da tabela em pontos coordenados no gráfico cartesiano, a elaboração das demais estruturas ficou comprometida devido à inversão dos eixos coordenados. Assim, confirma-se, nesta situação, a argumentação de Duval de que a qualidade da atividade de conversão intervém para que os tratamentos a serem efetuados se tornem mais econômicos, mais potentes (DUVAL, 2003, p. 16).

Por meio da atividade de conversão para outras representações pode-se verificar o domínio semântico do fenômeno representado, quando o estudante é capaz de articular diferentes formas representacionais para complementar ou explicar as relações entre as variáveis presentes na tabela e no gráfico cartesiano produzido por ele, no entanto não foi capaz de elaborar um gráfico cartesiano satisfatório que expressassem as mesmas relações.

Concluimos que o estudante 02 não foi capaz desenvolver todos os níveis de elaboração do gráfico cartesiano, pois possui dificuldades no processamento da informação explícita de formação e conversão que dão corpo à estrutura gráfica desta representação. A dificuldade do mesmo está em representar o fenômeno físico usando o gráfico cartesiano. Portanto, a atividade de conversão para outras representações mostrou-se fundamental para compreendermos que as dificuldades apresentadas pelo mesmo estão centradas essencialmente no registro gráfico.

3.3 ANÁLISE – ESTUDANTE 03

3.3.1 Nível de Processamento da Informação Explícita Atividade Cognitiva de Formação

Para a construção da estrutura gráfica inicial o estudante deveria ter lançado mão das atividades cognitivas de formação no nível de processamento da informação explícita. Dessa forma, o mesmo deveria ter traçado os eixos ortogonais, indicando a origem dos pontos, no entanto, substituiu os mesmos pelas margens da folha. O mesmo também deveria ter recorrido à igual atividade cognitiva semiótica para elaborar o título para o gráfico cartesiano. Os registros do aluno relativos à tais atividades cognitivas podem ser vistos, respectivamente nas Figuras 3.1 e 3.2.

Figura 3.1 - Detalhe do eixo cartesiano horizontal e origem dos pontos

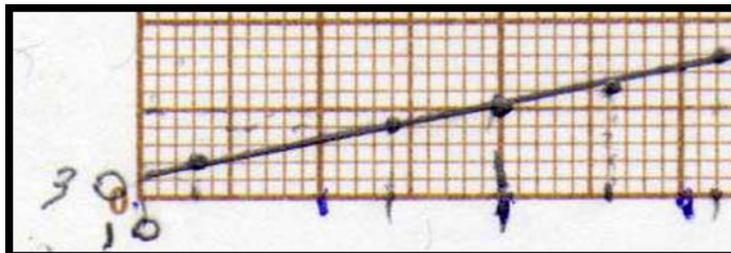


Figura 3.2 – Título do Gráfico

Distância X tempo

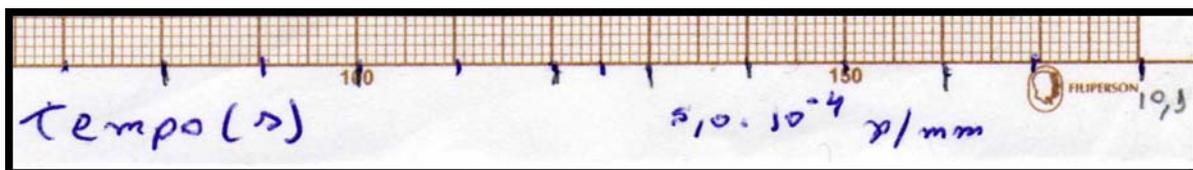
Acrescenta-se que as tabelas de referência fornecidas para este estudante não iniciavam no ponto (0; 0), por esse motivo o mesmo deveria ter realizado um “corte” nos dados e identificado a origem dos pontos. Observa-se na Figura 3.1, tal ação não foi realizada adequadamente, pois o estudante iniciou a escala dos pontos em (10;30). A composição da estrutura gráfica que posteriormente foi complementada pela transformação de elementos da representação tabela para a representação do gráfico cartesiano teve como base as margens do papel milimetrado.

3.3.2 Nível de Processamento da Informação Explícita Atividade Cognitiva de Conversão

Ao analisar o nível de processamento da informação explícita por meio da atividade cognitiva de conversão verificamos que para finalizar a estrutura gráfica o estudante teve de fazer uma um exame minucioso e qualitativo dos signos presentes na representação tabela e transformá-los em signos próprios para a representação do gráfico cartesiano.

O estudante determinou por meio da conversão da tabela para o gráfico cartesiano as variáveis e unidades de medidas nos eixos cartesianos, conforme se observa na Figura 3.3. No entanto, não processou a ação de determinação da escala da forma mais adequada, resultando em um gráfico mal distribuído no espaço de papel determinado para tal realização.

Figura 3.3 – Detalhe do eixo cartesiano horizontal e fator de escala

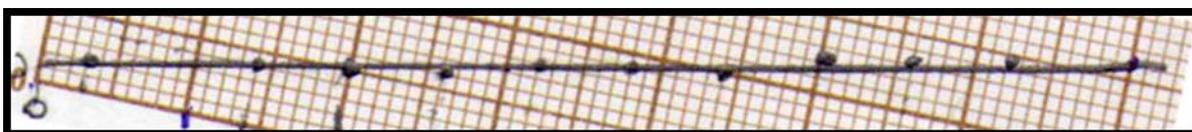


Observa-se também na Figura 3.3 que o mesmo indicou os fatores multiplicativos sem associá-los aos eixos cartesianos, além disso, não indicou os valores principais da escala e a seta de crescimento dos valores. Finalmente, o estudante completou a estrutura gráfica convertendo os valores das células da tabela em pares ordenados no gráfico cartesiano.

3.3.3 Nível de Processamento da Informação Implícita Atividade Cognitiva de Tratamento

Para a construção da estrutura numérica o estudante teve de recorrer à atividade cognitiva de tratamento no nível de processamento da informação implícita. A construção de tal estrutura reporta-se às ações relativas à expansão informacional que tem sob si a estrutura gráfica anteriormente elaborada. Dessa forma, o estudante traçou a reta média que julgou mais adequada, considerando para isso o aspecto regular dos pares ordenados, conforme se observa na figura 2.4.

Figura 3.4 - Detalhe da reta média traçada por E3



Pela análise das ações relativas às atividades de tratamento para a construção da reta média, verificamos que a reta determinada pelo estudante foi processada de forma adequada. Tendo em vista a Figura 3.4, a distribuição regular dos pontos foi equivalente em torno da mesma, no entanto o seu traçado ficou muito espesso, reduzindo, assim, a sua precisão. A reta média traçada por meio da atividade cognitiva de tratamento

possibilitou a determinação de novos pares ordenados, resultando nos valores representados na tabela 3.

Tabela 3 – Novos pares ordenados obtidos por E3

Tempo (s)	Posição (m)
10,000	30,071
10,0015	30,490
10,0030	31,130

Para processar a ação de determinação da velocidade escalar média o estudante não escolheu pares ordenados pertencentes à reta média traçada. O mesmo calculou inclinação da curva no por meio de pontos estabelecidos na tabela, sendo que os mesmos não fazem parte da reta traçada determinou a taxa de variação no intervalo de tempo estabelecido no gráfico, tal desenvolvimento pode ser verificado na Figura 3.5.

Figura 3.5 - Determinação da velocidade escalar média

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{30,23 - 30,15}{10,007 - 10,004}$$

$$v \approx 40 \text{ m/s}$$

A escolha de pontos pertencentes à tabela para determinar uma propriedade científica do fenômeno demonstra que o estudante não articula as novas informações com as demais anteriores do gráfico cartesiano, o mesmo articula apenas com a variação regular do fenômeno, permitindo o mesmo chegar a conclusões posteriores a respeito do conteúdo representado, mas não demonstrando coordenação dos signos da representação do gráfico cartesiano.

3.3.4 Nível de Processamento da Informação Conceitual Atividade Cognitiva de Conversão

A investigação das ações relativas ao nível de processamento da informação conceitual por meio da atividade cognitiva de conversão para outras representações semióticas resultou na generalização das relações conceituais aportadas pelo gráfico cartesiano. Isto ficou evidente quando o estudante foi capaz de elaborar uma legenda que expressou por meio da escrita literal o movimento uniforme, cuja característica, neste caso, foi a velocidade constante. Para tal elaboração o estudante se baseou nas relações numéricas desenvolvidas no nível de processamento da informação implícita por meio das atividades de tratamento. Com base nas mesmas relações, o estudante foi capaz de descrever o fenômeno utilizando a linguagem formal, expressando por meio de uma equação as mesmas relações de dependência das variáveis. Sendo assim, o tratamento efetuado pelo estudante no nível anterior possibilitou a conversão para outras representações semióticas mantendo as informações que caracterizam o fenômeno físico.

Figura 3.6 – Legenda referente ao gráfico produzido por E03

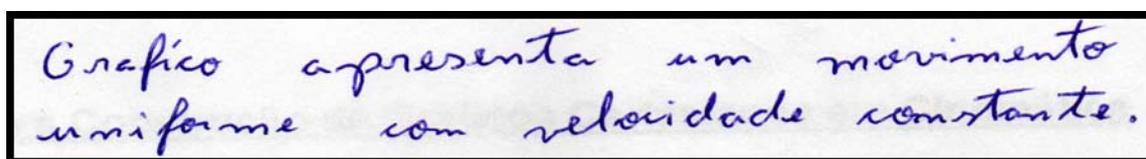


Gráfico apresenta um movimento uniforme com velocidade constante.

Por meio da análise do nível de processamento da informação conceitual evidenciou-se que o significado que o estudante atribui à reta média não é o mais adequado, pois o estudante confundiu a relação entre posição e tempo com a média estatística dos pontos coordenados ao declarar em entrevista que a reta média significa a “*variação da distância em função do tempo, como a distância está variando em função do tempo*”. Além do mais o estudante demonstrou não diferenciar posição e distância.

3.3.5 Discussão dos Resultados

Com base no Quadro Analítico proposto teoricamente verificamos que este estudante não processa algumas regras de formação e de conversão dos signos da tabela para o gráfico cartesiano. Isto foi evidenciado na análise das ações de construção da estrutura

gráfica que o estudante realizou, pois o mesmo apresentou dificuldades para o processamento da informação explícita. O estudante demonstrou dificuldades em seguir regras elementares da formação gráfica quando não só deixou de traçar os eixos, os valores principais da escala e as setas que indicariam o crescimento dos valores, mas também de não indicar a origem dos pontos (0;0), não realizando dessa forma, o ajuste mais adequado dos dados. O estudante também teve dificuldades na conversão dos valores da tabela para o gráfico cartesiano e na produção da escala que melhor distribuía os pontos ao longo dos eixos cartesianos. As dificuldades citadas fazem parte do conjunto de ações responsáveis pela formação da estrutura gráfica, a qual seria a base para a elaboração das estruturas superiores do gráfico e também responsável pela visualização, comunicação e compreensão do gráfico cartesiano. Ao investigarmos o título produzido verificamos que o estudante demonstra uma dificuldade conceitual relativa ao fenômeno estudado, pois o mesmo confunde posição e distância.

Dificuldades também foram encontradas na análise das atividades cognitivas de tratamento. A reta média traçada é pouco adequada, pois seu traçado ficou muito espesso, causando uma maior imprecisão da mesma. Para calcular a inclinação da reta o estudante recorreu aos valores da tabela demonstrando que o mesmo não usa as informações aportadas por meio da reta média com as demais anteriores, articulando apenas a variação regular do fenômeno com a equação para o cálculo da taxa de variação, o que permitiu determinar conclusões posteriores a respeito do conteúdo representado, no entanto o mesmo não demonstrou coordenação dos signos da representação gráfica cartesiana.

Pela análise das ações responsáveis pela conversão para outras representações no nível de processamento da informação conceitual pode-se verificar o domínio semântico do fenômeno representado, pois o estudante foi capaz de articular a escrita literal e linguagem formal para representar o fenômeno presente no estudo e explicar as relações entre as variáveis.

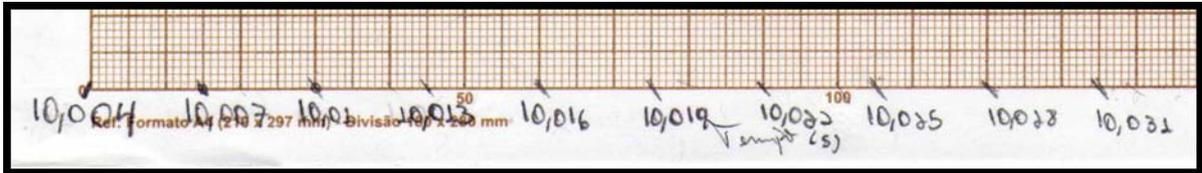
3.4 ANÁLISE – ESTUDANTE 04

3.4.1 Nível de Processamento da Informação Explícita Atividade Cognitiva de Formação

O estudante ao traçar a estrutura gráfica recorreu à atividade cognitiva de formação no nível de processamento da informação explícita. No entanto, tal estudante não processou algumas ações referentes à referida estrutura, tais como o traço dos eixos cartesianos, a seta que aponta o crescimento dos valores e a indicação da origem dos pontos. Observa-se na

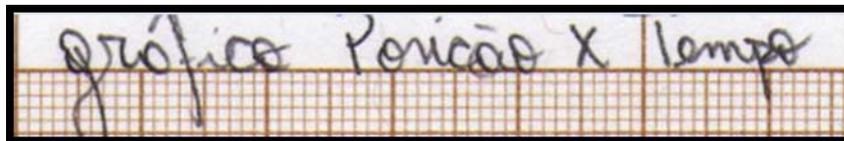
Figura 4.1, que tais ações não foram processadas, pois o estudante iniciou a escala dos pontos em (10,004 ;0).

Figura 4.1 - Detalhe do eixo cartesiano horizontal e origem dos pontos.



Acrescenta-se que as tabelas de referência fornecidas para este estudante não iniciavam no ponto (0; 0), por esse motivo o mesmo deveria ter realizado um “corte” nos dados e identificado a origem dos pontos. O estudante ao escrever o título do gráfico cartesiano valeu-se da atividade cognitiva de formação no nível de processamento da informação explícita. O registro do aluno relativo à tal atividade cognitiva pode ser visto na Figura 4.2.

Figura 4.2 – Título do Gráfico.



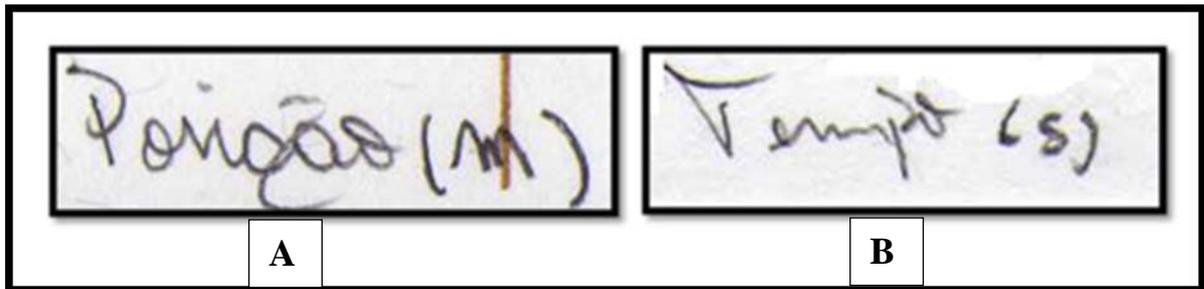
Ao não evidenciar o conjunto de eixos ortogonais, a seta que indica o crescimento dos valores e a origem dos pontos, o estudante deixou de seguir regras de formação as quais garante o reconhecimento de uma unidade de representação gráfica. Portanto, o estudante ao não processar ais elementos gráficos, fez com que os demais elementos que compõe a estrutura gráfica fossem elaborados com base nas margens da folha de papel milimetrado por meio da transformação desses elementos presentes na representação tabela para a representação do gráfico cartesiano.

3.4.2 Nível de Processamento da Informação Explícita Atividade Cognitiva de Conversão

Ao analisar o nível de processamento da informação explícita por meio da atividade cognitiva de conversão verificamos que para finalizar a estrutura gráfica o estudante teve de fazer uma um exame minucioso e qualitativo dos signos presentes na representação

tabela e transformá-los em signos próprios para a representação do gráfico cartesiano. Dessa forma, o estudante determinou por meio da conversão da tabela para o gráfico cartesiano as variáveis, unidades de medidas e fatores de escala nos eixos cartesianos, conforme observado na Figura 4.3A e 4.3B.

Figura 4.3A e 4.3B – Detalhe das variáveis e unidades de medidas dos eixos coordenados correspondentes à formação da estrutura gráfica.



Para determinar o tipo mais adequado de escala o estudante teve de fazer uma análise global dos valores numéricos presentes em cada coluna da representação tabela. Por fim, a estrutura gráfica foi completada quando houve a transformação dos valores numéricos da tabela em pares ordenados no gráfico cartesiano por meio da atividade cognitiva de conversão.

3.4.3 Nível de Processamento da Informação Implícita Atividade Cognitiva de Tratamento

A estrutura numérica foi desenvolvida por meio da atividade cognitiva de tratamento no nível de processamento da informação implícita. Com base na estrutura gráfica determinada previamente, o estudante traçou a reta média que julgou mais adequada, considerando para isso o aspecto regular dos pares ordenados, conforme se verifica na figura 4.4.

Figura 4.4 - Detalhe da reta média traçada por E4



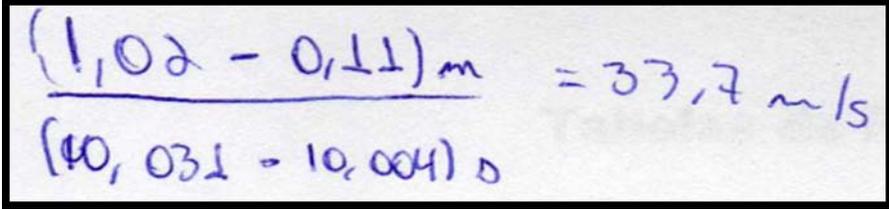
A reta média traçada por meio da atividade cognitiva de tratamento possibilitou a determinação de novos pares ordenados, resultando nos valores representados na tabela 4.

Tabela 4 - Novos pares ordenados obtidos por E4

Tempo (s)	Posição (m)
10,000	- 0,05
10,0015	0,4904
10,0030	1,18

Para determinar a velocidade escalar média o estudante também recorreu á atividade cognitiva de tratamento no nível de processamento da informação implícita quando lançou mão de pares ordenados pertencentes à reta média traçada e determinou a taxa de variação no intervalo de tempo estabelecido no gráfico, tal desenvolvimento pode ser verificado na Figura 4.5.

Figura 4.5 - Determinação da velocidade escalar média



$$\frac{(1,02 - 0,11) \text{ m}}{(10,031 - 10,004) \text{ s}} = 33,7 \text{ m/s}$$

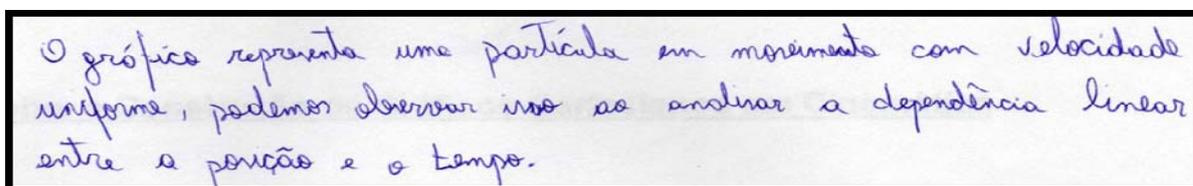
Ao escolher de pontos pertencentes à reta para determinar uma propriedade científica do fenômeno o estudante teve de articular as novas informações desenvolvidas pelas atividades de tratamento com as demais anteriores, permitindo o mesmo converter, posteriormente, o conteúdo representado graficamente para outros registros representacionais.

3.1.4 Nível de Processamento da Informação Conceitual Atividade Cognitiva de Conversão

Ao analisarmos as atividades cognitivas de conversão para outras representações no nível de processamento da informação conceitual, verificamos que o

estudante elaborou a legenda generalizando as relações expressas pelo gráfico e relacionando a mesma com o fenômeno físico. Tal elaboração foi realizada com base nas relações numéricas desenvolvidas pelo estudante no nível de processamento da informação implícita por meio das atividades de tratamento. Com base nas mesmas relações, o estudante foi capaz de descrever o fenômeno utilizando a linguagem formal, expressando por meio de uma equação as mesmas relações de dependência das variáveis. Sendo assim, o tratamento efetuado pelo estudante no nível anterior possibilitou a conversão para outras representações semióticas mantendo as informações originais do fenômeno físico.

Figura 4.6 – Legenda referente ao gráfico produzido por E04



O gráfico representa uma partícula em movimento com velocidade uniforme, podemos observar isso ao analisar a dependência linear entre a posição e o tempo.

Ao elaborar a legenda, conforme pode ser visto na Figura 4.6, o estudante converteu para uma escrita literal o comportamento regular apresentado pelo fenômeno representado graficamente. Assim, a atividade de conversão para outras representações mostrou-se fundamental, pois evidenciou a capacidade do estudante em elaborar uma legenda coerente com o fenômeno físico. Isto só foi possível mediante a análise do nível de processamento da informação conceitual por meio da atividade cognitiva de conversão. Dessa forma, a explicação do significado da reta média foi satisfatório, pois o estudante articula a relação entre posição e tempo com a média estatística dos pontos coordenados, conforme o mesmo escreve na Figura 4.6 que “podemos observar isso ao analisar a dependência linear entre a posição e o tempo”. Assim, por meio da atividade de conversão pode-se verificar o domínio semântico da representação gráfica quando o estudante é capaz de articular diferentes formas representacionais para complementar ou explicar as relações expostas no gráfico produzido por ele.

3.1.5 Discussão dos Resultados

Baseado no Quadro Analítico se verificou que este estudante não processa algumas regras de formação e de conversão dos signos da tabela para o gráfico cartesiano.

Isto foi evidenciado na análise das ações de construção da estrutura gráfica que o estudante realizou, pois o mesmo apresentou dificuldades para o processamento da informação explícita. O estudante demonstrou dificuldades processar regras elementares da formação gráfica quando não só deixou de traçar os eixos, os valores principais da escala e as setas que indicariam o crescimento dos valores, mas também de não indicar a origem dos pontos (0;0), não realizando dessa forma, o ajuste mais adequado dos dados.

A capacidade de processamento das transformações internas ao gráfico foram demonstradas no nível de processamento da informação implícita, quando o estudante desenvolve as ações relativas à construção da estrutura numérica, sendo capaz de identificar padrões e tendências por meio do estabelecimento de relações entre as variáveis.

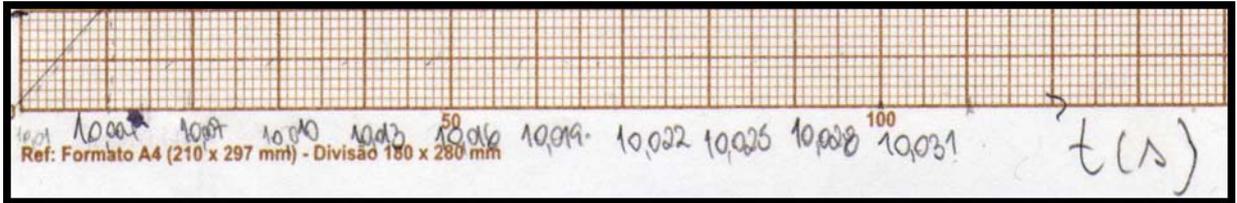
Pela análise das ações responsáveis pela conversão para outras representações no nível de processamento da informação conceitual pode-se verificar o domínio semântico do fenômeno representado, pois o estudante foi capaz de articular a escrita literal e linguagem formal para representar o fenômeno presente no estudo e explicar as relações entre as variáveis. Assim, o domínio do conteúdo é evidenciado quando o estudante generaliza as relações expressas pelo gráfico cartesiano para outras formas representacionais, demonstrando não confundir o objeto científico com sua forma de representação gráfica. Conclui-se, portanto, que o estudante é capaz de processar a transformação da tabela para o gráfico cartesiano e neste último, é capaz de desenvolver todos seus níveis de elaboração.

3.5 ESTUDO DE CASO – ESTUDANTE 05

3.5.1 Nível de Processamento da Informação Explícita Atividade Cognitiva de Formação

O estudante ao compor a estrutura gráfica recorreu à atividade cognitiva de formação no nível de processamento da informação explícita. No entanto, tal estudante não processou algumas ações referentes à referida estrutura, tais como o traço dos eixos cartesianos e a indicação da origem dos pontos. Observa-se na Figura 5.1, que tais ações não foram processadas pelo estudante.

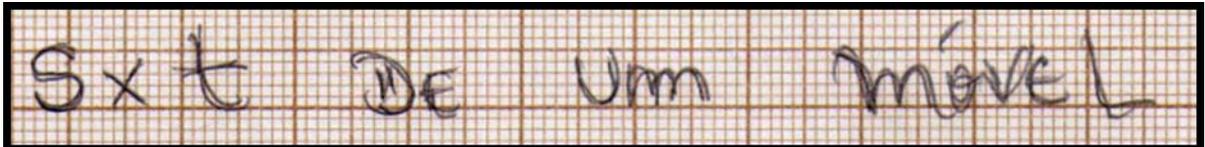
Figura 5.1 - Detalhe do eixo cartesiano horizontal e origem dos pontos.



Acrescenta-se que as tabelas de referência fornecidas para este estudante não iniciavam no ponto (0; 0), por esse motivo o mesmo deveria ter realizado um “corte” nos dados e identificado a origem dos pontos. Observa-se na Figura 3.1, tal ação não foi realizada adequadamente, pois o estudante iniciou a escala dos pontos em (10;30).

O estudante ao escrever o título do gráfico cartesiano valeu-se da atividade cognitiva de formação no nível de processamento da informação explícita. O registro do aluno relativo à tal atividade cognitiva pode ser visto na Figura 4.2.

Figura 5.2 – Título do Gráfico



Ao não evidenciar o conjunto de eixos ortogonais e a origem dos pontos, o estudante deixou de seguir regras de formação as quais garante o reconhecimento de uma unidade de representação gráfica. Portanto, o estudante ao não processar a elementos gráficos, fez com que os demais elementos que compõe a estrutura gráfica fossem elaborados com base nas margens da folha de papel milimetrado por meio da transformação desses elementos presentes na representação tabela para a representação do gráfico cartesiano.

3.5.2 Nível de Processamento da Informação Explícita Atividade Cognitiva de Conversão

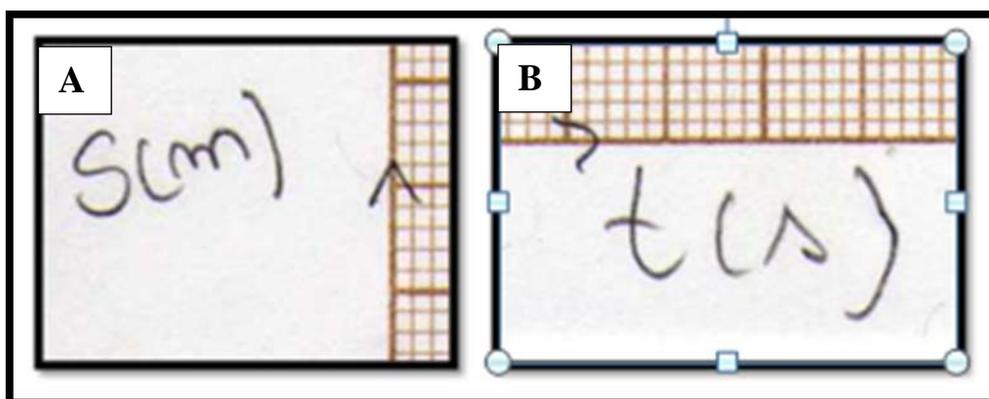
Ao analisar o nível de processamento da informação explícita por meio da atividade cognitiva de conversão verificamos que para finalizar a estrutura gráfica o estudante

teve de fazer uma um exame minucioso e qualitativo dos signos presentes na representação tabela e transformá-los em signos próprios para a representação do gráfico cartesiana.

Na construção da estrutura gráfica o mesmo não processou a ação relativa à indicação do fator multiplicativo de escala e não indicou os valores principais da escala. Para o processamento da informação explícita referente indicação dos valores na escala, o estudante recorreu aos pontos coordenados, conforme pode ser observado na Figura 5.1, na subseção anterior.

O estudante determinou por meio da conversão da tabela para o gráfico cartesiano as variáveis e unidades de medidas nos eixos cartesianos correspondentes, conforme observado na Figura 5.3A e 5.3B.

Figura 5.3A e 5.3B – Detalhe das variáveis e unidades de medidas dos eixos coordenados correspondentes à formação da estrutura gráfica.



Para determinar o tipo mais adequado de escala o estudante teve de fazer uma análise global dos valores numéricos presentes em cada coluna da representação tabela. Por fim, a estrutura gráfica foi completada quando houve a transformação dos valores numéricos da tabela em pares ordenados no gráfico cartesiano por meio da atividade cognitiva de conversão.

3.5.3 Nível de Processamento da Informação Implícita Atividade Cognitiva de Tratamento

A estrutura numérica é desenvolvida por meio da atividade cognitiva de tratamento no nível de processamento da informação implícita. A construção de tal estrutura reporta-se às ações relativas à expansão informacional que tem sob si a estrutura gráfica

anteriormente elaborada. Dessa forma, o estudante traçou a reta média que julgou mais adequada, considerando para isso o aspecto regular dos pares ordenados, conforme se verifica na figura 5.4.

Figura 5.4 - Detalhe da reta média traçada por E5



A reta média traçada por meio da atividade cognitiva de tratamento possibilitou a determinação de novos pares ordenados, resultando nos valores representados na tabela 5.

Tabela 5 - Novos pares ordenados obtidos por E5

Tempo (s)	Posição (m)
10,000	30,000
10,0015	30,051
10,0030	31,090

Para determinar a velocidade escalar média o estudante também recorreu á atividade cognitiva de tratamento no nível de processamento da informação implícita quando lançou mão de pares ordenados pertencentes à reta média traçada e determinou a taxa de variação no intervalo de tempo estabelecido no gráfico, tal desenvolvimento pode ser verificado na Figura 5.5.

Figura 5.5 - Determinação da velocidade escalar média

$$Sim, \quad V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{31,02 - 30,11}{10,031 - 10,004}$$

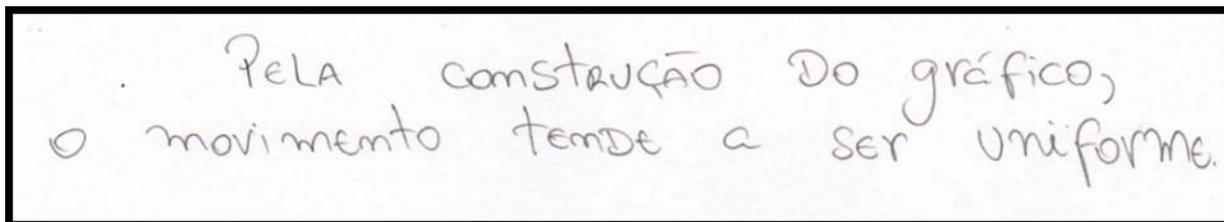
$$V_m = \frac{0,91}{0,027} \approx 33,70 \text{ m/s}$$

Ao escolher de pontos pertencentes à reta para determinar uma propriedade científica do fenômeno o estudante teve de articular as novas informações desenvolvidas pelas atividades de tratamento com as demais anteriores, permitindo o mesmo converter, posteriormente, o conteúdo representado graficamente para outros registros representacionais.

3.5.4 Nível de Processamento da Informação Conceitual Atividade Cognitiva de Conversão

O estudo das ações relacionadas com a generalização das relações conceituais aportadas pelo gráfico cartesiano por meio da atividade cognitiva de conversão no nível de processamento da informação conceitual mostrou que ao elaborar a legenda, conforme pode ser visto na Figura 5.6, o estudante converteu para uma escrita literal o comportamento regular apresentado pelo fenômeno representado graficamente. Tal elaboração foi realizada com base nas relações numéricas desenvolvidas pelo estudante no nível de processamento da informação implícita por meio das atividades de tratamento. No mesmo nível de processamento da informação, o estudante foi capaz de descrever o fenômeno utilizando a linguagem formal, expressando por meio de uma equação as mesmas relações de dependência das variáveis. Sendo assim, o tratamento efetuado pelo estudante no nível anterior possibilitou a conversão para outras representações semióticas mantendo as informações originais do fenômeno físico.

Figura 5.6 – Legenda referente ao gráfico produzido por E5



A pouca sofisticação desta elaboração não permitiu que fosse investigada a atribuição de significado aos signos pertencentes ao gráfico cartesiano pelo estudante, como a explicação da reta média. No entanto, por meio da entrevista posteriormente realizada, o estudante declarou que “a inclinação da reta é a velocidade, neste caso a posição é diretamente proporcional ao tempo”. A entrevista completou as ações de construção/interpretação do gráfico cartesiano por meio da atividade cognitiva de conversão no nível de processamento da informação conceitual quando o estudante traduz os significados dos signos presentes no gráfico cartesiano para a linguagem natural. Concluímos que, por meio da atividade de conversão, pode-se verificar o processamento do conteúdo semântico da representação gráfica quando o estudante é capaz de articular diferentes formas representacionais para complementar ou explicar as relações expostas no gráfico produzido por ele.

3.5.5 Discussão dos Resultados

Com base no Quadro Analítico proposto teoricamente verificamos que este estudante não processa algumas regras de formação e de conversão dos signos da tabela para o gráfico cartesiano. Isto foi evidenciado na análise das ações de construção da estrutura gráfica que o estudante realizou, pois o mesmo apresentou dificuldades para o processamento da informação explícita. O estudante demonstrou dificuldades em seguir regras elementares da formação gráfica quando não só deixou de traçar os eixos, os fatores de escala e os valores principais da escala, mas também de não indicou a origem dos pontos (0;0), não realizando dessa forma, o ajuste mais adequado dos dados. O estudante também teve dificuldades na conversão dos valores da tabela para o gráfico cartesiano e na produção da escala que melhor distribuía os pontos ao longo dos eixos cartesianos. As dificuldades citadas fazem parte do conjunto de ações responsáveis pela formação da estrutura gráfica, a qual seria a base para a

elaboração das estruturas superiores do gráfico e também responsável pela visualização, comunicação e compreensão do gráfico cartesiano. A capacidade de processamento das transformações internas ao gráfico foram demonstradas no nível de processamento da informação implícita, quando o estudante desenvolve as ações relativas à construção da estrutura numérica, sendo capaz de identificar padrões e tendências por meio do estabelecimento de relações entre as variáveis.

Pela análise das ações responsáveis pela conversão para outras representações no nível de processamento da informação conceitual pode-se verificar o domínio semântico do fenômeno representado, pois o estudante foi capaz de articular a escrita literal e linguagem formal para representar o fenômeno presente no estudo e explicar as relações entre as variáveis. Assim, o domínio do conteúdo é evidenciado quando o estudante generaliza as relações expressas pelo gráfico cartesiano para outras formas representacionais, demonstrando não confundir o objeto científico com sua forma de representação gráfica. Conclui-se, portanto, que o estudante é capaz de processar a transformação da tabela para o gráfico cartesiano e neste último, é capaz de desenvolver todos seus níveis de elaboração.

CAPÍTULO IV

DIFICULDADES SEMIÓTICAS NA CONSTRUÇÃO DE GRÁFICOS CARTESIANOS

Neste capítulo discutimos as dificuldades semióticas apresentadas pelos estudantes na construção manual de gráficos cartesianos de cinemática, por meio do acompanhamento das atividades cognitivas semióticas realizado no capítulo anterior. Além do mais, verificamos as dificuldades de realização das ações de construção da estrutura gráfica, numérica e conceitual.

Para compreendermos as dificuldades da elaboração do gráfico cartesiano, temos de centrar os estudos, a princípio, na compreensão dos elementos da tabela, que posteriormente serão convertidos no gráfico cartesiano. Para isso, os estudantes responderam a três questões de interpretação de tais elementos. Os resultados mostram que os cinco sujeitos da pesquisa, nos três primeiros itens relativos à compreensão das tabelas de referência, não possuem dificuldades em identificar e classificar as variáveis e unidades de medidas presentes nas mesmas, conforme é mostrado na tabela 6.

Tabela 6 - Atividade sobre a compreensão dos elementos da tabela

TABELA	VARIÁVEL INDEPENDENTE	VARIÁVEL DEPENDENTE
A	Tempo (s)	Posição (m)
B	Tempo (s)	Velocidade (m/s)
C	Tempo (s)	Aceleração (m/s ²)

Todos os estudantes demonstraram domínio dos signos específicos da representação investigada ao associar corretamente a relação de dependência entre as variáveis e as unidades de medida às quais pertencem.

No nível de processamento da informação explícita, estudadas por meio das atividades cognitivas de formação, as dificuldades apresentadas pelos estudantes estão relacionadas à elaboração do título, ao traço dos eixos cartesianos e a indicação da origem dos pontos. Ao elaborar o título, E3 demonstrou uma dificuldade conceitual relativa ao fenômeno estudado quando não distinguiu posição e distância, os quais possuem significados científicos distintos. Os estudantes E2, E3, E4 e E5 utilizaram as margens do papel milimetrado

fornecido como referência aos eixos cartesianos, ao invés de destacá-los com um traço, de acordo com as regras de formação. Ressaltamos que, apesar de não apresentar-se como uma dificuldade de produção de um gráfico, ausência do traçado dos eixos revela que tais estudantes não processam da forma mais adequada as regra básica de formação gráfica. Relacionamos, no Quadro 02, as dificuldades apresentadas por cada estudante no nível de processamento da informação explícita nas atividades cognitivas de formação.

Quadro 2 - Dificuldades semióticas relativas ao nível de processamento da informação explícita e atividades cognitivas de formação.

NÍVEL DE PROCESSAMENTO DA INFORMAÇÃO EXPLÍCITA ATIVIDADE COGNITIVA DE FORMAÇÃO			
ESTUDANTE	TÍTULO	EIXOS CARTESIANOS	INDICAÇÃO DA ORIGEM
01			
02		X	
03	X	X	X
04		X	X
05		X	X

No nível de processamento da informação explícita, estudadas por meio das atividades cognitivas de conversão, as dificuldades apresentadas pelos estudantes estão relacionados com a escala, os fatores de escala, valores principais da escala, indicação do crescimento dos dados, as variáveis envolvidas e a transformação de valores das células da tabela em pares ordenados no gráfico cartesiano. O estudante 03 não foi capaz de processar a análise de cada coluna da tabela para sua transformação em uma escala adequada ao espaço escolhido para a elaboração do gráfico cartesiano. Os estudantes 02, 03, 04 e 05 não colocaram os valores principais da escala e nenhum dos estudantes pesquisados articulou coordenadamente os fatores de escala com os eixos cartesianos, sendo assim, a produção destes elementos isolados dos demais no gráfico cartesiano evidenciou uma dificuldade dos estudantes em dar sentido a este signo específico. Os estudantes 03 e 04 não indicaram o crescimento dos dados por meio da seta indicativa nos eixos cartesianos. E3 não converteu adequadamente as informações da tabela em pontos coordenados, pois os mesmos foram

feitos com uma espessura que não condiz com o tipo de escala adotado, resultando numa imprecisão dos valores do gráfico. E2 não processou a informação do elemento gráfico que permite associar corretamente a variável dependente e independente aos cartesianos aos eixos cartesianos horizontais e verticais. Tal transformação resultou em um gráfico que não possui equivalência física nos estudos da cinemática, pois representa a dependência do tempo com relação ao espaço. Relacionamos no Quadro 03 as dificuldades apresentadas por cada estudante no nível de processamento da informação explícita nas atividades cognitivas de conversão.

Quadro 3 - Dificuldades semióticas relativas ao nível de processamento da informação explícita e atividades cognitivas de conversão.

NÍVEL DE PROCESSAMENTO DA INFORMAÇÃO EXPLÍCITA ATIVIDADE COGNITIVA DE CONVERSÃO						
ESTUDANTE	ESCALA	FATOR DE ESCALA	VALORES PRINCIPAIS	INDICAÇÃO DO CRESCIMENTO	VARIÁVEIS	PARES ORDENADOS
01		X				
02		X	X	X	X	
03	X	X	X	X	X	X
04		X	X	X		
05		X	X			

No nível de processamento da informação implícita, estudadas por meio da atividade cognitiva de tratamento, as dificuldades estão centradas no traço da reta média e na determinação da velocidade média. Com relação à determinação da reta média, verifica-se que todos os estudantes buscaram traçar a reta distribuindo-a regularmente em torno dos pares ordenados, mas o traçado da reta média de E2 e E3 não foi processado da forma mais adequada, sendo o traço de E2 não contínuo e o traço de E3 muito espesso com relação à

escala adotada. Na determinação da velocidade média E2, E3 e E5 apresentaram distintas dificuldades. E2 não foi capaz processar tal informação, pois no cálculo da inclinação da reta média os valores estavam invertidos e não apresentaram resultados coerentes. A dificuldade que impossibilitou a determinação da reta média está relacionada com a inversão dos eixos cartesianos. Assim, a designação correta dos eixos mostrou-se fundamental para a elaboração de níveis superiores da estrutura do gráfico cartesiano. E3 e E5 escolheram valores da tabela para calcular a velocidade média, assim, a escolha de pontos pertencentes à tabela para determinar uma propriedade científica do fenômeno demonstra que os estudantes não articulam as novas informações evidenciadas pela reta média com as demais estruturas anteriores. Os mesmos compreendem a reta média como a variação regular do fenômeno, permitindo ao mesmo chegar a conclusões posteriores a respeito do conteúdo representado, porém não demonstram coordenar os signos da representação do gráfico cartesiano, para o cálculo da velocidade média. Relacionamos, no Quadro 04, as dificuldades apresentadas por cada estudante no nível de processamento da informação implícita nas atividades cognitivas de tratamento.

Quadro 4 - Dificuldades semióticas relativas ao nível de processamento da informação implícita e atividades cognitivas de transformação.

NÍVEL DE PROCESSAMENTO DA INFORMAÇÃO IMPLÍCITA ATIVIDADE COGNITIVA DE TRATAMENTO		
ESTUDANTE	RETA MÉDIA	INCLINAÇÃO DA RETA
01		
02	X	
03	X	X
04		X
05		X

No nível de processamento da informação conceitual, estudadas por meio da atividade cognitiva de conversão, as dificuldades estão relacionadas com a produção da legenda. O estudo das ações relacionadas com a generalização das relações conceituais

aportadas pelo gráfico cartesiano mostrou que os estudantes não têm dificuldades em articular outras representações semióticas com o fenômeno físico representado graficamente.

A conversão para uma escrita literal do comportamento regular apresentado pelo fenômeno no gráfico cartesiano dos estudantes 01, 02, 03 e 05, não foi a mais completa. A falta de sofisticação das legendas produzidas por tais estudantes não permitiram que fosse investigado o domínio dos signos pertencentes ao gráfico cartesiano, como a explicação da reta média.

Por meio da entrevista posteriormente realizada, os estudantes 01, 02 e 03 atribuíram significados científicos para a reta média, diferentes da explicação literal, que seria a média estatística do comportamento dos pontos :

- E1 declarou que “representa a velocidade de um objeto”.
- E2 declarou que “*representa o movimento uniforme*”.
- E3 declarou que “*variação da velocidade em função do tempo, como a distância esta variando em função do tempo*”.

Assim, a entrevista semi-estruturada mostrou-se fundamental para esta investigação, pois evidenciou que os estudantes atribuem o significado científico à reta média produzida pelos mesmos no gráfico cartesiano. Isto só foi possível mediante a análise do nível de processamento da informação conceitual por meio da entrevista. Dessa forma, a explicação do significado da reta média foi satisfatória, pois os estudantes foram além da explicação do elemento gráfico da reta e relacionaram as variáveis físicas que por meio do gráfico se expressa.

Quadro 5 - Dificuldades semióticas relativas ao nível de processamento da informação conceitual e atividades cognitivas de conversão.

NÍVEL DE PROCESSAMENTO DA INFORMAÇÃO CONCEITUAL ATIVIDADE COGNITIVA DE CONVERSÃO	
ESTUDANTE	ELABORAÇÃO DA LEGENDA
01	X
02	X
03	X
04	
05	X

Conforme observado pelos Quadros 02, 03, 04 e 05, os estudantes apresentaram dificuldades em todos os níveis de elaboração gráfica. No entanto, as principais dificuldades estão relacionadas com a estrutura gráfica, que é a responsável pela formação da base que permite a elaboração de níveis superiores. A estrutura gráfica também é responsável por produzir os elementos que favorecem a clareza na comunicação das informações relativas ao fenômeno representado graficamente, por meio das variáveis em cada eixo, da escala adequada, dos fatores de escala, entre outros elementos.

Apresentaram-se também dificuldades que somente foram salientadas por meio da conversão para representação escrita. Os aspectos semióticos das dificuldades dos estudantes que apresentamos nos quadros desta seção mostram o sentido atribuído aos signos do gráfico cartesiano, que constituiu um avanço nas investigações a respeito desta representação e permitiu compreender outros aspectos relativos ao seu modo de produção. Tal modo de produção está relacionado ao domínio das estruturas que compõe o gráfico cartesiano e está vinculado a exigências cognitivas da situação de cada ação construtiva.

Neste sentido, as proposições de Duval (2004) relativas à ligação semiósis/noésis e seu papel na construção de conhecimentos científicos, permitiram melhor adentrar na complexidade dos níveis de processamento da informação gráfica. As representações de natureza semiótica, tais como a língua escrita para a descrição de uma legenda, assim como a linguagem formal, não foram importantes apenas para complementar o gráfico cartesiano, mas são, sobretudo, importantes para a análise das dificuldades semióticas inerentes ao funcionamento do pensamento e ao desenvolvimento de conhecimentos científicos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso do referencial analítico proposto para a análise do trabalho permitiu que fossem acompanhadas as atividades cognitivas do estudante ao transformar a tabela em gráfico cartesiano segundo o referencial da semiótica. Por meio de tal referencial foi possível verificar o grau de domínio da representação gráfica acompanhada pelas etapas de formação e transformação, podendo categorizá-las em níveis de processamento da informação gráfica, crescentes e mais complexos. Além do mais, no processo de análise revelaram-se dificuldades que não seriam evidenciadas se não fosse solicitada a produção de legendas e entrevistas que, por meio delas, conhecemos as explicações dos estudantes sobre os signos presente no gráfico cartesiano.

Configurou-se de modo mais preciso, para o estudo que foi desenvolvido, uma abordagem voltada para o trânsito entre as duas formas de registros de representação gráfica, a tabela e o gráfico cartesiano, visto que eles explicitam de modos diferenciados o mesmo fenômeno físico. Levaram-se em conta resultados de pesquisas que indicaram as dificuldades de compreensão das estruturas que formam a representação gráfica cartesiana. Tal abordagem implicou em uma forma de interpretar mais apurada para enfrentar a problemática proposta, de modo a buscar as relações dos dados pertinentes desse campo conceitual específico.

Pode-se diagnosticar as convergências entre as linhas de pesquisa da Psicologia Cognitiva de Duval e de Postigo e Pozo, as quais resultaram na constituição do quadro teórico de análise. Assim, fomos capazes de compreender o processo de construção do gráfico cartesiano em sua totalidade, pois cada elemento gráfico estava englobado em um todo maior e ilustraram as relações entre todos os níveis de processamento da informação gráfica por meio das atividades cognitivas semióticas.

Neste sentido, as proposições de Duval relativas à ligação semiósis/noésis e seu papel na construção de conhecimentos científicos, permitiram melhor adentrar na complexidade dos níveis de processamento da informação gráfica. Na perspectiva adotada, a elaboração das atividades para desenvolver a pesquisa implicou em compreender as estruturas, relações e inferências pertinentes ao sistema tabela e gráfico cartesiano aos quais estão subordinadas às ações de construção realizadas pelos estudantes e subjacentes às diferentes formas de tratamento cognitivo.

As representações de natureza semiótica, tais como a língua escrita para a descrição de uma legenda, assim como a linguagem formal, não foram importantes apenas

para complementar o gráfico cartesiano, mas são, sobretudo, importantes para a análise das dificuldades semióticas inerentes ao funcionamento do pensamento e ao desenvolvimento de conhecimentos científicos. Esse desenvolvimento só se torna possível com a diferenciação progressiva de outros registros de representação diferentes da linguagem gráfica.

As atividades cognitivas de formação e conversão da tabela para o gráfico cartesiano no nível de processamento da informação explícita apresentaram-se eficazes para examinar o domínio das ações responsáveis pela construção da estrutura gráfica realizada pelos estudantes e pode-se evidenciar dificuldades comuns a todos os sujeitos da pesquisa, tais como o uso dos fatores de escala e a presença dos valores principais da escala.

As atividades cognitivas de tratamento, as quais permearam as ações de construção da estrutura numérica no nível de processamento da informação implícita, proporcionaram uma ponte entre a estrutura gráfica e a estrutura conceitual ao determinar a relação entre as variáveis presentes no gráfico cartesiano e verificamos por meio desta, dificuldades de articulação entre o signo da reta média e o cálculo da velocidade escalar média, no qual os estudantes recorriam aos valores da tabela para fazer tal operação.

Nas atividades cognitivas de conversão da representação gráfica para outro sistema semiótico no nível de processamento da informação conceitual houve uma operação cognitiva que pode ser descrita como uma mudança de forma do registro. Traçar a curva correspondente ao melhor ajuste dos pontos e transformar a relação encontrada à escrita literal ou formal é equivalente a determinar outras formas pelas quais um conhecimento é representado. Complementar a tais mudanças de registro, as entrevistas semi-estruturadas fizeram com que os estudantes transformassem as relações e signos presentes no gráfico cartesiano para a linguagem natural e possibilitaram a recolha de dados em profundidade e um maior número de respostas ricas e complexas, oferecendo ao pesquisador maior flexibilidade durante a análise, evidenciando a significação de determinados elementos gráficos, como a reta média.

As exigências propostas nas atividades de construção/interpretação ressaltaram a necessidade do estudante de se comunicar cientificamente, impondo níveis de elaboração e complexidade mais profundos conforme avançavam na construção gráfica. Os registros articulados revelaram as atividades cognitivas por meio de procedimentos adotados para formar e transformar a representação gráfica.

As ações relacionadas com compreensão de signos próprios da representação gráfica possibilitaram não apenas evidenciar o domínio do conteúdo científico, mas também o seu modo de produção. Dessa forma, podemos concluir que as dificuldades

centraram-se no registro de representação e não no fenômeno físico. As dificuldades apresentadas pelos sujeitos da pesquisa têm características essencialmente semióticas, ou seja, estão relacionadas com o modo com que os estudantes constroem e dão sentido aos signos presentes no gráfico cartesiano.

Por fim, o quadro teórico de análise que apresentamos não tem a pretensão de ser o único instrumento de análise de gráficos cartesianos, pois ainda há questões importantes que englobam o processo de ensino-aprendizagem de tais representações que não foram foco nessa pesquisa, tais como a validade do quadro proposto para a aplicação em outros conteúdos diferentes da cinemática, como gráficos cartesianos de termodinâmica ou eletromagnetismo e o contexto em que os gráficos cartesianos são ensinados na graduação em Física.

Lembramos que, durante a graduação em física, os estudantes são, com frequência, levados a transitar de um registro de representação a outro, vivenciando problemas relacionados à aprendizagem do funcionamento representacional de cada um dos registros que pertencem a sistemas semióticos com especificidades e particularidades próprias e a conversão de uma representação produzida num registro em uma representação do objeto em outro registro. Essa conversão não significa simples reconhecimento. Por ter um sentido específico, esse reconhecimento deve permitir o estabelecimento de correspondências entre os diferentes elementos que compõem as duas representações identificadas como representações do mesmo objeto.

Salientamos que a aprendizagem da representação gráfica deve direcionar a atenção não somente sobre o conteúdo, mas também para a forma com que se representa, enfatizando suas regras de formação e transformação. Considerando que o objeto científico apresentado nesta pesquisa só pode ser acessado por meio de representações, e o seu tratamento depende da realização da conversão da tabela para o gráfico, a aprendizagem de construção e articulação coordenada dos mesmos não deve ser considerada secundária em relação ao objeto científico propriamente dito. Dessa forma, as instruções que salientamos se impõe de forma significativa na estruturação didática das disciplinas nas quais se ensinam as regras que permeiam a produção da representação gráfica, pois as propostas não apenas devem estar contemplando o conteúdo da representação, mas também a aquisição do significado dos signos presentes em tal representação. Portanto, se deve lidar simultaneamente com a compreensão do conteúdo do registro de representação e com a sua forma, de modo a explicitar o seu conteúdo e comunicar-se cientificamente de forma efetiva.

REFERÊNCIAS

- AGRELLO, D. A.; GARG, R.. Compreensão de gráficos em cinemática em física introdutória. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 21, n. 4, março 1999.
- ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A.; MOREIRA, M. A.. Atividades de modelagem computacional no auxílio à interpretação de gráficos da Cinemática. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 2, pp. 179-184, março 2004.
- ARAÚJO, J. L.; BORBA, M. C. Construindo pesquisas coletivamente em educação matemática. In: BORBA, M. C.; ARAÚJO, J. L. (Org.) **Pesquisa qualitativa em educação matemática**, Belo Horizonte: Autêntica, 2004.
- BELLUCO A.; CARVALHO A. M. Construindo a linguagem gráfica em uma aula experimental de Física. **Ciência & Educação**, v.15, n.1, p. 61-84, 2009.
- BOGDAN, R.C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação matemática**: uma introdução à teoria e aos métodos. Lisboa: Porto Editora, 1994.
- DAMM, R. F. Registros de representação. In: Machado, S. A et al. **Educação matemática**: uma introdução. São Paulo: Educ, 1999.
- DEMBO, M. H. **Applying educational psychology**. 5ª ed. Nova Iorque: Longman, 1994.
- DUARTE, R. Entrevistas em pesquisas qualitativas. **Educar em Revista**, Curitiba, v. 24, p. 213-225, 2004.
- DUVAL, R. **Registros de representações semióticas e funcionamento cognitivo da compreensão em matemática**. In: Machado, S. A (Org.). **Aprendizagem em matemática**: registros de representação semiótica. Campinas: Papiros, 2003.
- DUVAL, R. **Semiosis y pensamiento humano**. Registros semióticos y Aprendizajes Intelectuales. Cali, Colômbia: Merlín, I.D. 2004. Título do original: Sémiosis et pensée humaine. Registres sémiotiques et apprentissages intellectuels.
- DUVAL, R. Comment analyser Le fonctionnement reoresetationnel dès tableaux et leur diversité? **SPIRALE - Revue de Recherches en Éducation**. Faculdade de Ciências da Educação da Universidade Charles de Gaulle, Lille-3, n. 23, 2003.
- EYSENCK, Michael W., KEANE, Mark T. **Manual de psicologia cognitiva**. 5ª ed. Tradução de Magda França Lopes. Porto Alegre: Artmed, 2007.
- FLORES C. R.; MORETTI, M. T. O funcionamento cognitivo e semiótico das Representações gráficas: ponto de análise para a aprendizagem matemática. **GT: Educação Matemática/n.19**. Disponível em:
http://www.ufrj.br/emanped/paginas/conteudo_producoes/docs_28/funcionamento.pdf.
 Acesso em 20/05/10.
- GARCÍA, J. J. G.; PALACIOS F. J. P. Comprenden los estudiantes las gráficas cartesianas usadas en los textos de ciencias? **Enseñanza de Las Ciencias**. Revista de investigación y experiencias didácticas, Barcelona, v. 25, n. 1, p. 107-132, 2007.

GARDNER, H. **A nova ciência da mente**. São Paulo: EDUSP, 2003.

GARNICA, A. V. M. História oral e educação matemática. In: BORBA, M. C.; ARAÚJO, J. L. (Org.) **Pesquisa qualitativa em educação matemática**. Belo Horizonte: Autêntica, 2004.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1999.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

GOLDENBERG, M., **A arte de Pesquisar**: como fazer pesquisa qualitativa em ciências sociais. 3 ed., Rio de Janeiro: Record, 1999.

JONES, M.G.; Taylor, A.; MINOGUE, J.; WIEBE, E; CARTER, G. Understanding scale: powers of ten. **Journal of Science Education and Technology**. Revista de investigación y experiencias didácticas, Barcelona, v. 16, p. 191-202, 2007.

JULIO, J.; VAZ, A.; BORGES T. Construção de gráficos em atividade de investigação: microanálise de aulas de física. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, Curitiba, 11., 2008.

KETELE, J.; ROEGIERS, X. **Metodologia da recolha de dados**. Lisboa: Instituto Piaget, 1999.

MANZINI, E. J. **A entrevista na pesquisa social**. Didática, São Paulo, v. 26/27, p. 149-158, 1991.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M.. **Técnicas de pesquisa**: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados. 5ª ed. São Paulo: Editora Atlas, 2000.

MIRANDA, L.; RADFORD, L.; GÚZMAN, J. Interpretación de gráficas cartesianas sobre el movimiento desde el punto de vista de la teoría de la objetivación. **Educación Matemática**, v. 19, n. 3, 2007.

POSTIGO, Y.; POZO, J.I. Cuando una gráfica vale más que 1.000 datos: la interpretación de gráficas por alumnos adolescentes. **Infancia y Aprendizaje**, Salamanca, v. 90, p. 89-110, 2000.

SHAH,P; HOEFNNER, J. Review of Graph Comprehension Research: Implications for Instruction. **Educational Psychology Review**, v. 14, n. 1, 2002.

SHARMA S. High School students interpreting tables and graphs: implications for research. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 4, p. 241-168, 2005.

TESTA, I.; MONROY, G.; SASSI, E. Students' reading images in kinematics: the case of real-time graphs. **International Journal of Science Education**, v. 24, p.235-256, 2002.

WU, H.; KRAJCIK, J. S.. Inscriptional practices in two inquiry-based classrooms: a case study of seventh graders' use of data tables and graphs. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 43, n. 1, pp. 63-95, 2006.

APÊNDICES

APÊNCICE A – PRODUÇÃO COMPLETA DO ESTUDANTE 01

APÊNCICE A.1 – ATIVIDADE E GRÁFICO



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA



Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática

Sobre a Construção de Gráficos Cartesianos em Cinemática

Física: Bacharelado Série: 2º Ano
 Licenciatura 3º Ano Ano de Ingresso: [2008]
 4º Ano

Esta pesquisa consiste em identificar as dificuldades de realização da construção manual de gráficos cartesianos a partir de tabelas, aplicados em Cinemática. Os resultados obtidos a partir desta tarefa são confidenciais e apenas serão utilizados com fins de investigação científica. Depois de analisar três informações distintas de uma partícula representada nas tabelas de referência incluídas no texto abaixo, responda todas as perguntas, justificando suas respostas e não passe a pergunta seguinte sem haver respondido a anterior.

Lembre-se: sempre que acreditar não ter a resposta da pergunta, pode responder [não sei].

Agradecemos sua colaboração.

Tabelas de Referência

A		B		C	
Tempo (s)	Posição (m)	Tempo (s)	Vel. (m.s ⁻¹)	Tempo (s)	Acel. (m.s ⁻²)
0,004	0,11	0,031	105	1,54	1,14
0,007	0,23	0,037	104	1,65	1,25
0,01	0,31	0,045	102	1,76	1,37
0,013	0,42	0,055	100	1,85	1,55
0,016	0,53	0,066	98	1,93	1,8
0,019	0,62	0,072	97	2,02	2,05
0,022	0,73	0,078	96	2,06	2,38
0,025	0,84	0,09	94	2,18	3,58
0,028	0,93	0,095	93	2,24	4,92
0,031	1,02	0,12	89	2,29	6,23

1. Identifique nas tabelas A, B e C qual é a variável dependente e qual a variável independente em cada uma delas;

Tabela	Variável Independente	Variável Dependente
A	Tempo	Posição
B	Tempo	Velocidade
C	Tempo	aceleração

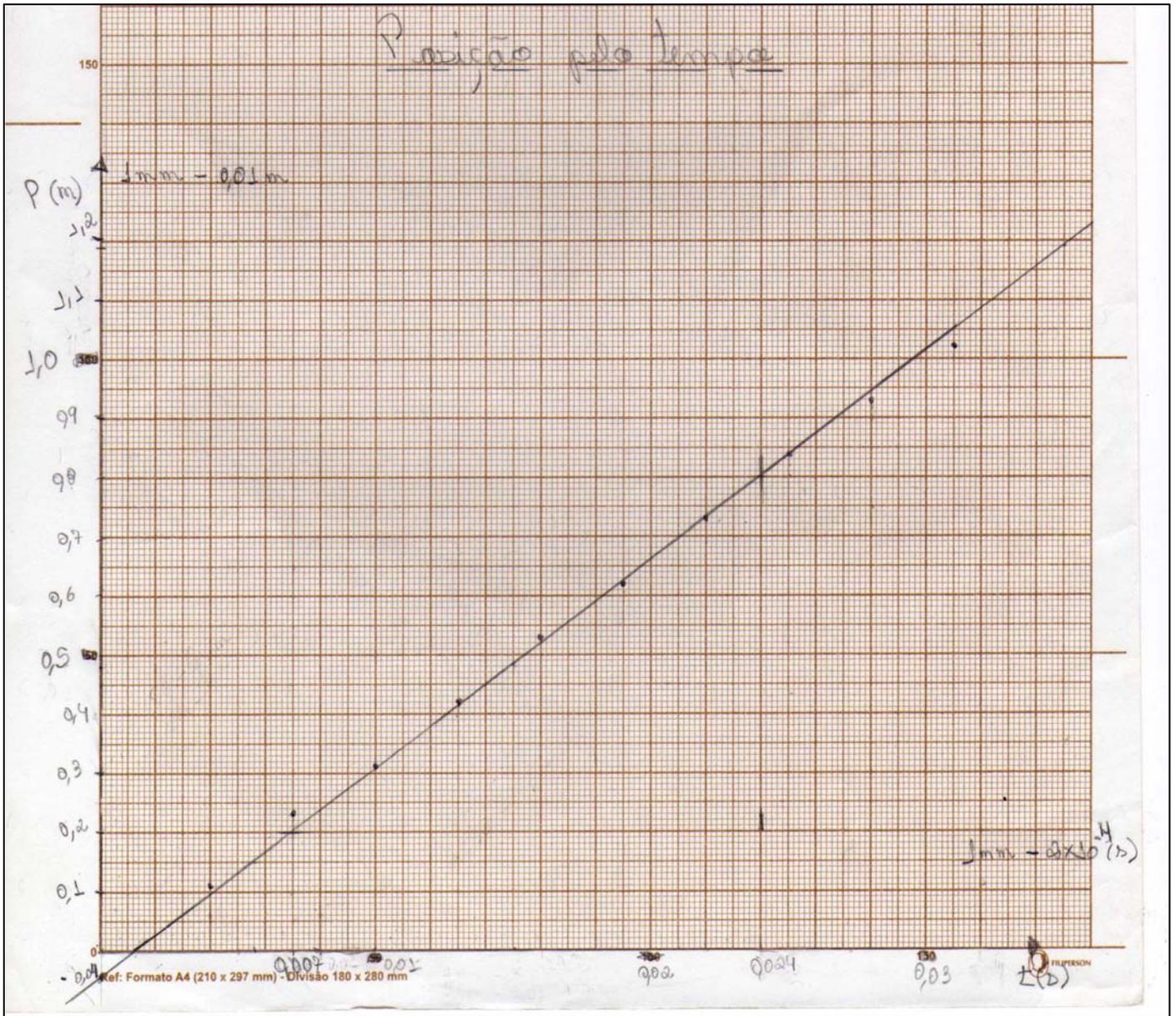
2. Quais as unidades de medidas utilizadas nas tabelas?

Tabela	Unidade I	Unidade II
A	(s)	(m)
B	(s)	(m/s)
C	(s)	(m/s ²)

3. Você acredita ser capaz de descrever o movimento observando a Tabela A? Como você descreveria esse movimento?

Não, não sei.

4. Produza um gráfico cartesiano com base na tabela A em papel milimetrado (fornecido), identificando as grandezas em cada eixo e o fator de escala correspondente;
5. Trace a curva que julga mais adequada aos pontos determinados no gráfico realizado;
6. Escreva um título que corresponda ao gráfico apresentado;



7. A partir das informações proporcionadas pelo gráfico construído e das relações que nele se expõe, elabore uma legenda que seja de caráter geral sobre o comportamento do movimento representado;

- Movimento constante (uniforme).
- A curva representa a velocidade de um corpo em movimento.

8. Baseando-se na informação proporcionada pelo gráfico realizado, estime a posição nos instantes:

Tempo (s)	Posição (m)
0,000	-0,04
0,015	0,4866
0,035	1,19

9. É possível determinar a velocidade escalar média desta partícula no intervalo de tempo estabelecido no gráfico construído? Se sim, qual seria?

Sim.

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{(0,8 - 0,2)}{(0,024 - 0,007)} \approx 35,3 \text{ m/s}$$

10. Qual expressão algébrica que você acredita que seja a mais adequada para descrever as relações encontradas no gráfico realizado?

$x = x_0 + v \cdot t^2$

$x = x_0 + v \cdot t^2 - \frac{1}{2} a \cdot t^3$

$x = x_0 + v \cdot t$

$v = v_0^2 + a \cdot t^2$

não sei

APÊNCICE A.2 – ENTREVISTA

Pesquisador (P)

Estudante 01 (E1)

P. Com que frequência é solicitado para você construir manualmente um gráfico cartesiano? Quantas vezes você elaborou sozinho um gráfico cartesiano?

E1. De vez em quando. Poucas vezes. Tem uma matéria de Física Básica, no primeiro ano, algumas vezes nas disciplinas de laboratório e no terceiro (ano) na disciplina de instrumentação.

P. O domínio da construção de um gráfico auxilia na compreensão do mesmo?

E1. Com certeza.

P. Você acredita que as informações contidas nas tabelas e nos gráficos são as mesmas?

Essas representações descrevem o mesmo fenômeno físico?

E1. Sim, são as mesmas informações. Representam o mesmo fenômeno.

P. Existem elementos no gráfico realizado que dificultaram a sua produção?

E1. Não, nenhum.

P. O que a curva traçada no gráfico representa?

E1. Representa a velocidade de um objeto.

P. Qual das duas representações você acredita que ser melhor para representar o fenômeno estudado? Por quê?

E1. O gráfico, pois permite ver se o movimento é uniforme ou não.

P. Em sua opinião, as informações alinhadas em colunas, conforme expressas nas tabelas A, B e C facilitam a busca por uma informação pontual? E quanto a visualização do fenômeno.

E1. Sim, a tabela é bem melhor para localizar uma informação. O gráfico permite visualizar melhor o fenômeno.

1. Identifique nas tabelas A, B e C qual é a variável dependente e qual a variável independente em cada uma delas;

Tabela	Variável Independente	Variável Dependente
A	tempo	Posição
B	tempo	velocidade
C	tempo	Aceleração

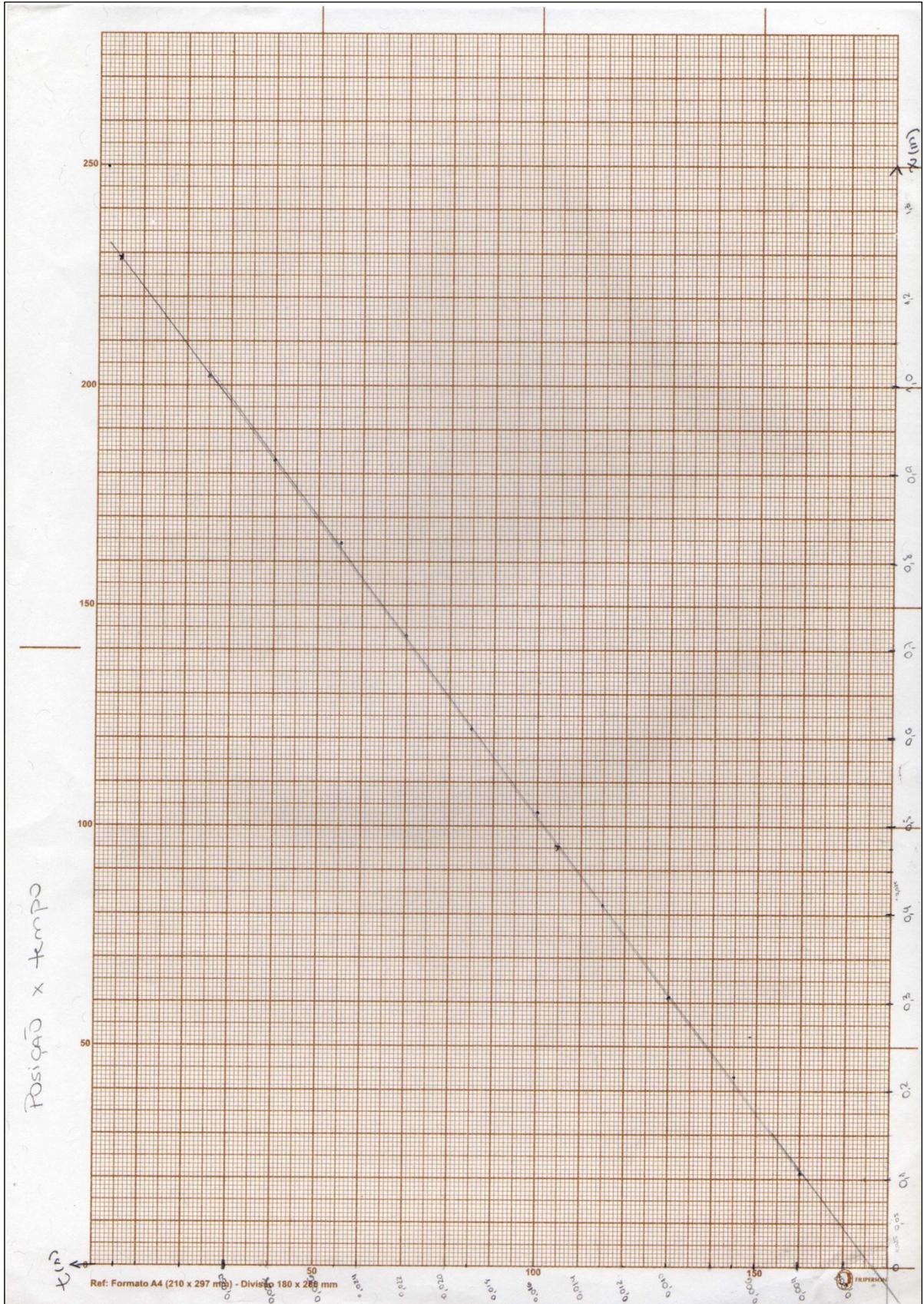
2. Quais as unidades de medidas utilizadas nas tabelas?

Tabela	Unidade I	Unidade II
A	segundo	metro
B	segundo	m/s
C	segundo	m/s ²

3. Você acredita ser capaz de descrever o movimento observando a Tabela A? Como você descreveria esse movimento?

Não sou.

4. Produza um gráfico cartesiano com base na tabela A em papel milimetrado (fornecido), identificando as grandezas em cada eixo e o fator de escala correspondente;
5. Trace a curva que julga mais adequada aos pontos determinados no gráfico realizado;
6. Escreva um título que corresponda ao gráfico apresentado;



7. A partir das informações proporcionadas pelo gráfico construído e das relações que nele se expõe, elabore uma legenda que seja de caráter geral sobre o comportamento do movimento representado;

Movimento uniforme

8. Baseando-se na informação proporcionada pelo gráfico realizado, estime a posição nos instantes:

Tempo (s)	Posição (m)
0,000	$\sim -0,025$
0,015	$\sim 0,475$
0,035	$\sim 1,25$

9. É possível determinar a velocidade escalar média desta partícula no intervalo de tempo estabelecido no gráfico construído? Se sim, qual seria?

10. Qual expressão algébrica que você acredita que seja a mais adequada para descrever as relações encontradas no gráfico realizado?

$x = x_0 + v \cdot t^2$

$x = x_0 + v \cdot t^2 - \frac{1}{2} a \cdot t^3$

$x = x_0 + v \cdot t$

$v = v_0^2 + a \cdot t^2$

não sei

3x

APÊNCICE B.2 – ENTREVISTA

Pesquisador (P)

Estudante 02 (E2)

P. Você notou que inverteu a ordem dos eixos do tempo e da posição?

E2. Eu fiquei intrigada, eu tinha que ter colocado o t (tempo) no eixo x . A variável independente é o t . A variável independente vai no eixo x ? Eu não sabia disso, ninguém nunca me falou. Eu parei para pensar nisso agora, quando fiz a análise dos dados.

P. Com que frequência é solicitado para você construir manualmente um gráfico cartesiano? Quantas vezes você elaborou sozinho um gráfico cartesiano?

E2. Ao longo do curso foi solicitado apenas no primeiro ano, em Física Básica e laboratório. Do resto fiz com o uso do computador.

P. O domínio da construção de um gráfico auxilia na compreensão do mesmo?

E2. Com certeza.

P. Você acredita que as informações contidas nas tabelas e nos gráficos são as mesmas? Essas representações descrevem o mesmo fenômeno físico?

E2. Sim.

P. Existem elementos no gráfico realizado que dificultaram a sua produção?

E2. A parte da escala, porque tentei usar todo o papel.

P. O que a curva traçada no gráfico representa? Por que você não traçou os eixos cartesianos?

E2. Representa o movimento uniforme. Eu achei que poderia usar as margens da folha.

P. Qual das duas representações você acredita que ser melhor para representar o fenômeno estudado? Por quê?

E2. O gráfico, da para ter uma noção melhor do que esta acontecendo.

P. Em sua opinião, as informações alinhadas em colunas, conforme expressas nas tabelas A, B e C facilitam a busca por uma informação pontual? E quanto a visualização do fenômeno.

E2. O gráfico facilita por uma busca pontual e a visualização do fenômeno.

APÊNCICE C – MATERIAL DO ESTUDANTE 03
 APÊNCICE C.1 – ATIVIDADE E GRÁFICO



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática



Sobre a Construção de Gráficos Cartesianos em Cinemática

Física: Bacharelado Série: 2º Ano
 Licenciatura 3º Ano Ano de Ingresso: [2008]
 4º Ano

Esta pesquisa consiste em identificar as dificuldades de realização da construção manual de gráficos cartesianos a partir de tabelas, aplicados em Cinemática. Os resultados obtidos a partir desta tarefa são confidenciais e apenas serão utilizados com fins de investigação científica. Depois de analisar três informações distintas de uma partícula representada nas tabelas de referência incluídas no texto abaixo, responda todas as perguntas, justificando suas respostas e não passe a pergunta seguinte sem haver respondido a anterior.

Lembre-se: sempre que acreditar não ter a resposta da pergunta, pode responder [não sei].

Agradecemos sua colaboração.

Tabelas de Referência

A

Tempo (s)	Posição (m)
10,004	30,11
10,007	30,23
10,01	30,31
10,013	30,42
10,016	30,53
10,019	30,62
10,022	30,73
10,025	30,84
10,028	30,93
10,031	31,02

B

Tempo (s)	Vel. (m.s ⁻¹)
10,031	105
10,037	104
10,045	102
10,055	100
10,066	98
10,072	97
10,078	96
10,09	94
10,095	93
10,12	89

C

Tempo (s)	Acel. (m.s ⁻²)
11,54	1,14
11,65	1,25
11,76	1,37
11,85	1,55
11,93	1,8
12,02	2,05
12,06	2,38
12,18	3,58
12,24	4,92
12,29	6,23

1. Identifique nas tabelas A, B e C qual é a variável dependente e qual a variável independente em cada uma delas;

Tabela	Variável Independente	Variável Dependente
A	tempo	Posição
B	"	velocidade
C	"	aceleração

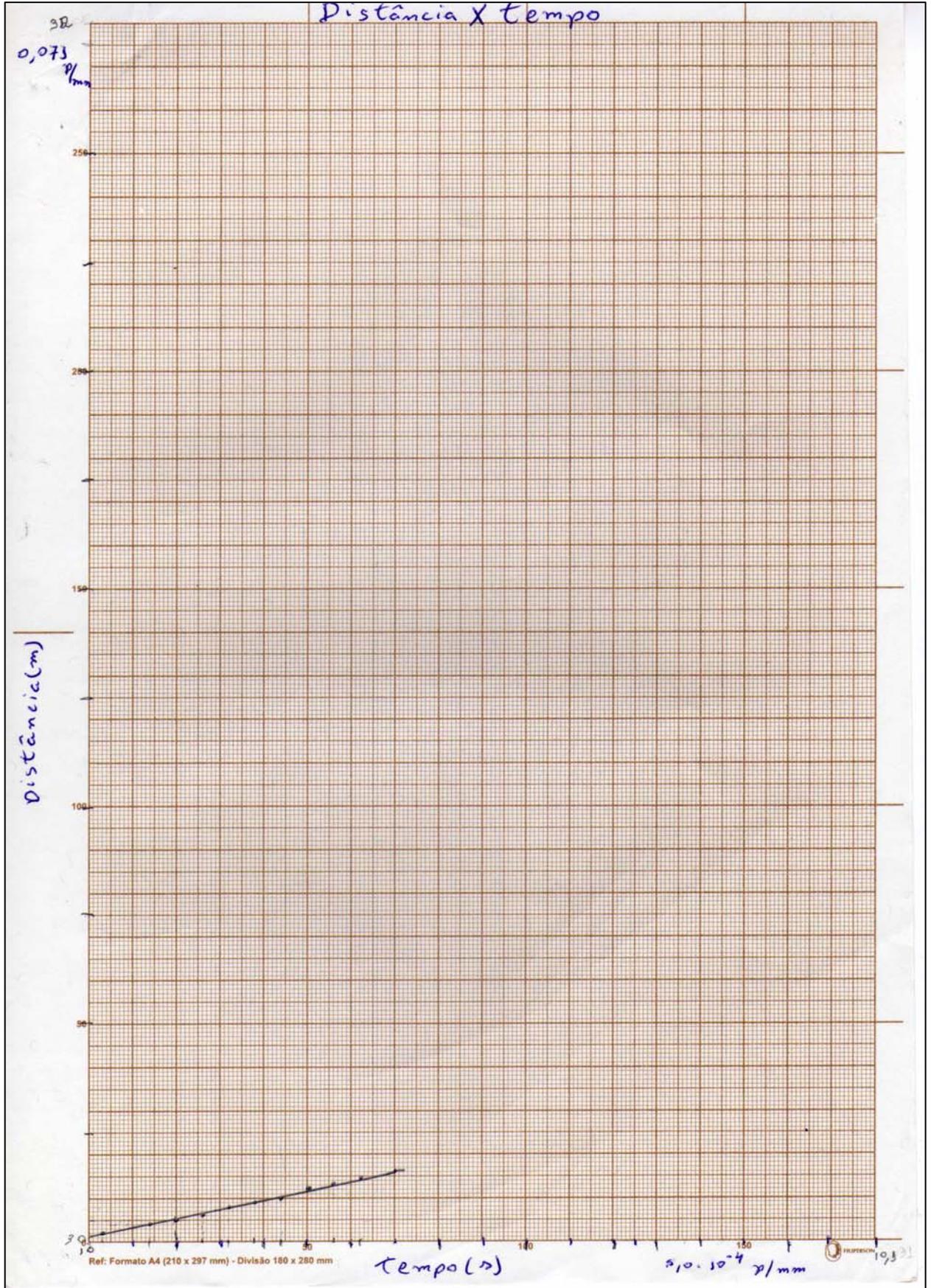
2. Quais as unidades de medidas utilizadas nas tabelas?

Tabela	Unidade I	Unidade II
A	segundo	metro
B	s	m/s
C	s	m/s ²

3. Você acredita ser capaz de descrever o movimento observando a Tabela A? Como você descreveria esse movimento?

Sim, movimento uniforme.

4. Produza um gráfico cartesiano com base na tabela A em papel milimetrado (fornecido), identificando as grandezas em cada eixo e o fator de escala correspondente;
5. Trace a curva que julga mais adequada aos pontos determinados no gráfico realizado;
6. Escreva um título que corresponda ao gráfico apresentado;



7. A partir das informações proporcionadas pelo gráfico construído e das relações que nele se expõe, elabore uma legenda que seja de caráter geral sobre o comportamento do movimento representado;

Gráfico apresenta um movimento uniforme com velocidade constante.

8. Baseando-se na informação proporcionada pelo gráfico realizado, estime a posição nos instantes:

Tempo (s)	Posição (m)
10,000	30,071
10,015	30,49
10,035	31,13

9. É possível determinar a velocidade escalar média desta partícula no intervalo de tempo estabelecido no gráfico construído? Se sim, qual seria?

Sim

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{30,23 - 30,11}{10,007 - 10,004}$$

$$v \approx 40 \text{ m/s}$$

10. Qual expressão algébrica que você acredita que seja a mais adequada para descrever as relações encontradas no gráfico realizado?

$x = x_0 + v \cdot t^2$

$x = x_0 + v \cdot t^2 - \frac{1}{2} a \cdot t^3$

$x = x_0 + v \cdot t$

$v = v_0^2 + a \cdot t^2$

não sei

APÊNCICE C.2 – ENTREVISTA

Pesquisador (P)

Estudante 03 (E3)

P. Com que frequência é solicitado para você construir manualmente um gráfico cartesiano? Quantas vezes você elaborou sozinho um gráfico cartesiano?

E3. Fiz algumas vezes nas disciplinas de laboratório de Física I e II e na disciplina de Instrumentação, quase todas em grupo. Aprendi a fazer na matéria de Física Básica, quando fiz sozinho, mas sem ser em papel milimetrado e sem muito rigor.

P. O domínio da construção de um gráfico auxilia na compreensão do mesmo?

E3. Sim, claro. Ajuda a interpretar o porquê daquele fenômeno.

P. Você acredita que as informações contidas nas tabelas e nos gráficos são as mesmas?

Essas representações descrevem o mesmo fenômeno físico?

E3. Aproximadamente, devido à escala houve uma aproximação, mas é o mesmo fenômeno.

P. Existem elementos no gráfico realizado que dificultaram a sua produção?

E3. A divisão da escala

P. O que a curva traçada no gráfico representa? Por que você não traçou os eixos cartesianos?

E. Variação da distância em função do tempo, como a distância está variando em função do tempo. Os eixos estão feitos na margem do papel.

P. Qual das duas representações você acredita que ser melhor para representar o fenômeno estudado? Por quê?

E3. Gráfico permite uma melhor visualização e mais ferramentas de análise.

P. Em sua opinião, as informações alinhadas em colunas, conforme expressas nas tabelas A, B e C facilitam a busca por uma informação pontual? E quanto a visualização do fenômeno.

E3. O gráfico permite encontrar uma informação mais rapidamente, por meio da tabela não poderia dar informações tão precisas.

1. Identifique nas tabelas A, B e C qual é a variável dependente e qual a variável independente em cada uma delas;

Tabela	Variável Independente	Variável Dependente
A	Tempo	posição
B	Tempo	velocidade
C	Tempo	aceleração

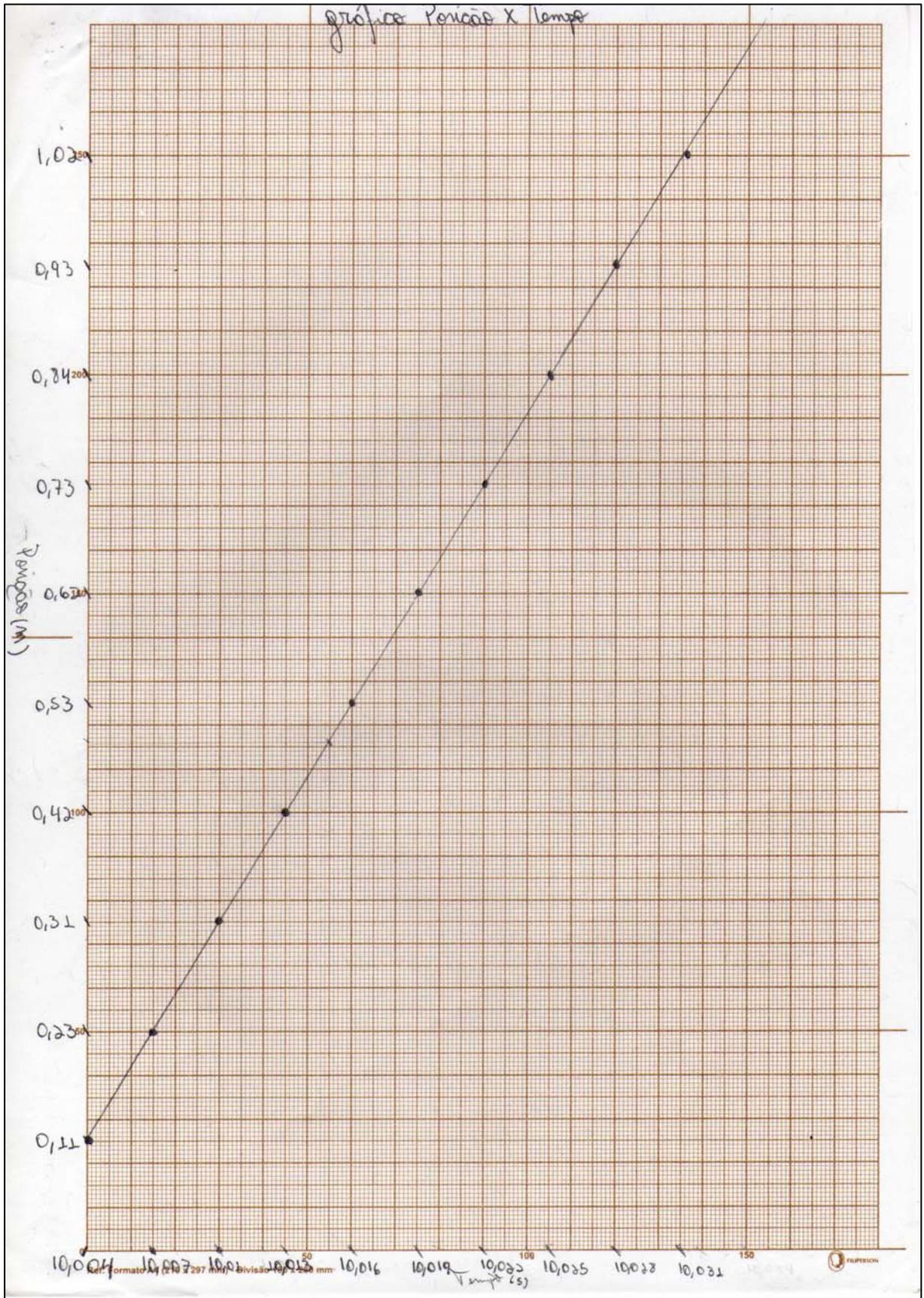
2. Quais as unidades de medidas utilizadas nas tabelas?

Tabela	Unidade I	Unidade II
A	segundo	metro
B	segundo	metro por segundo
C	segundo	metro por segundo ao quadrado

3. Você acredita ser capaz de descrever o movimento observando a Tabela A? Como você descreveria esse movimento?

Acredito que sim, movimento uniforme

4. Produza um gráfico cartesiano com base na tabela A em papel milimetrado (fornecido), identificando as grandezas em cada eixo e o fator de escala correspondente;
5. Trace a curva que julga mais adequada aos pontos determinados no gráfico realizado;
6. Escreva um título que corresponda ao gráfico apresentado;



7. A partir das informações proporcionadas pelo gráfico construído e das relações que nele se expõe, elabore uma legenda que seja de caráter geral sobre o comportamento do movimento representado;

O gráfico representa uma partícula em movimento com velocidade uniforme, podemos observar isso ao analisar a dependência linear entre a posição e o tempo.

8. Baseando-se na informação proporcionada pelo gráfico realizado, estime a posição nos instantes:

Tempo (s)	Posição (m)
10,000	-0,05
10,015	0,4904
10,035	1,18

9. É possível determinar a velocidade escalar média desta partícula no intervalo de tempo estabelecido no gráfico construído? Se sim, qual seria?

Sim, $33,7 \text{ m/s}$

$$\frac{(1,02 - 0,11) \text{ m}}{(10,031 - 10,004) \text{ s}} = 33,7 \text{ m/s}$$

10. Qual expressão algébrica que você acredita que seja a mais adequada para descrever as relações encontradas no gráfico realizado?

$x = x_0 + v \cdot t^2$

$x = x_0 + v \cdot t^2 - \frac{1}{2} a \cdot t^3$

$x = x_0 + v \cdot t$

$v = v_0^2 + a \cdot t^2$

não sei

APÊNCICE D.2 – ENTREVISTA

Pesquisador (P)

Estudante 04 (E4)

P. Com que frequência é solicitado para você construir manualmente um gráfico cartesiano?

Quantas vezes você elaborou sozinho um gráfico cartesiano?

E4. *Só no primeiro ano, no laboratório de Física e Física Básica*

P. O domínio da construção de um gráfico auxilia na compreensão do mesmo?

E4. *Sim, com certeza.*

P. Você acredita que as informações contidas nas tabelas e nos gráficos são as mesmas? Essas representações descrevem o mesmo fenômeno físico?

E4. *Sim, no gráfico você consegue estimar valores.*

P. Existem elementos no gráfico realizado que dificultaram a sua produção?

E4. *A escala ficou muito pequena.*

P. O que a curva traçada no gráfico representa?

E4. *Representa a média dos valores do comportamento da partícula.*

P. qual das duas representações você acredita que ser melhor para representar o fenômeno estudado? Por quê?

E4. *O gráfico cartesiano. Além de representar os pontos, tem a média.*

P. Em sua opinião, as informações alinhadas em colunas, conforme expressas nas tabelas A, B e C facilitam a busca por uma informação pontual? E quanto a visualização do fenômeno.

E4. *O gráfico auxilia a visualizar melhor o fenômeno.*

APÊNCICE D – MATERIAL DO ESTUDANTE 04

APÊNCICE D.1 – ATIVIDADE E GRÁFICO



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA



Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática

Sobre a Construção de Gráficos Cartesianos em Cinemática

Física: [] Bacharelado Série: [] 2º Ano
 [~~X~~] Licenciatura [] 3º Ano Ano de Ingresso: [2005]
 [~~X~~] 4º Ano

Esta pesquisa consiste em identificar as dificuldades de realização da construção manual de gráficos cartesianos a partir de tabelas, aplicados em Cinemática. Os resultados obtidos a partir desta tarefa são confidenciais e apenas serão utilizados com fins de investigação científica. Depois de analisar três informações distintas de uma partícula representada nas tabelas de referência incluídas no texto abaixo, responda todas as perguntas, justificando suas respostas e não passe a pergunta seguinte sem haver respondido a anterior.

Lembre-se: sempre que acreditar não ter a resposta da pergunta, pode responder [não sei].

Agradecemos sua colaboração.

Tabelas de Referência

A

Tempo (s)	Posição (m)
10,004	30,11
10,007	30,23
10,010	30,31
10,013	30,42
10,016	30,53
10,019	30,62
10,022	30,73
10,025	30,84
10,028	30,93
10,031	31,02

B

Tempo (s)	Vel. ($m \cdot s^{-1}$)
10,031	105
10,037	104
10,045	102
10,055	100
10,066	98
10,072	97
10,078	96
10,09	94
10,095	93
10,12	89

C

Tempo (s)	Acel. ($m \cdot s^{-2}$)
11,54	1,14
11,65	1,25
11,76	1,37
11,85	1,55
11,93	1,8
12,02	2,05
12,06	2,38
12,18	3,58
12,24	4,92
12,29	6,23

1. Identifique nas tabelas A, B e C qual é a variável dependente e qual a variável independente em cada uma delas;

Tabela	Variável Independente	Variável Dependente
A	Tempo	Posição
B	Tempo	VELOCIDADE
C	Tempo	ACELERAÇÃO

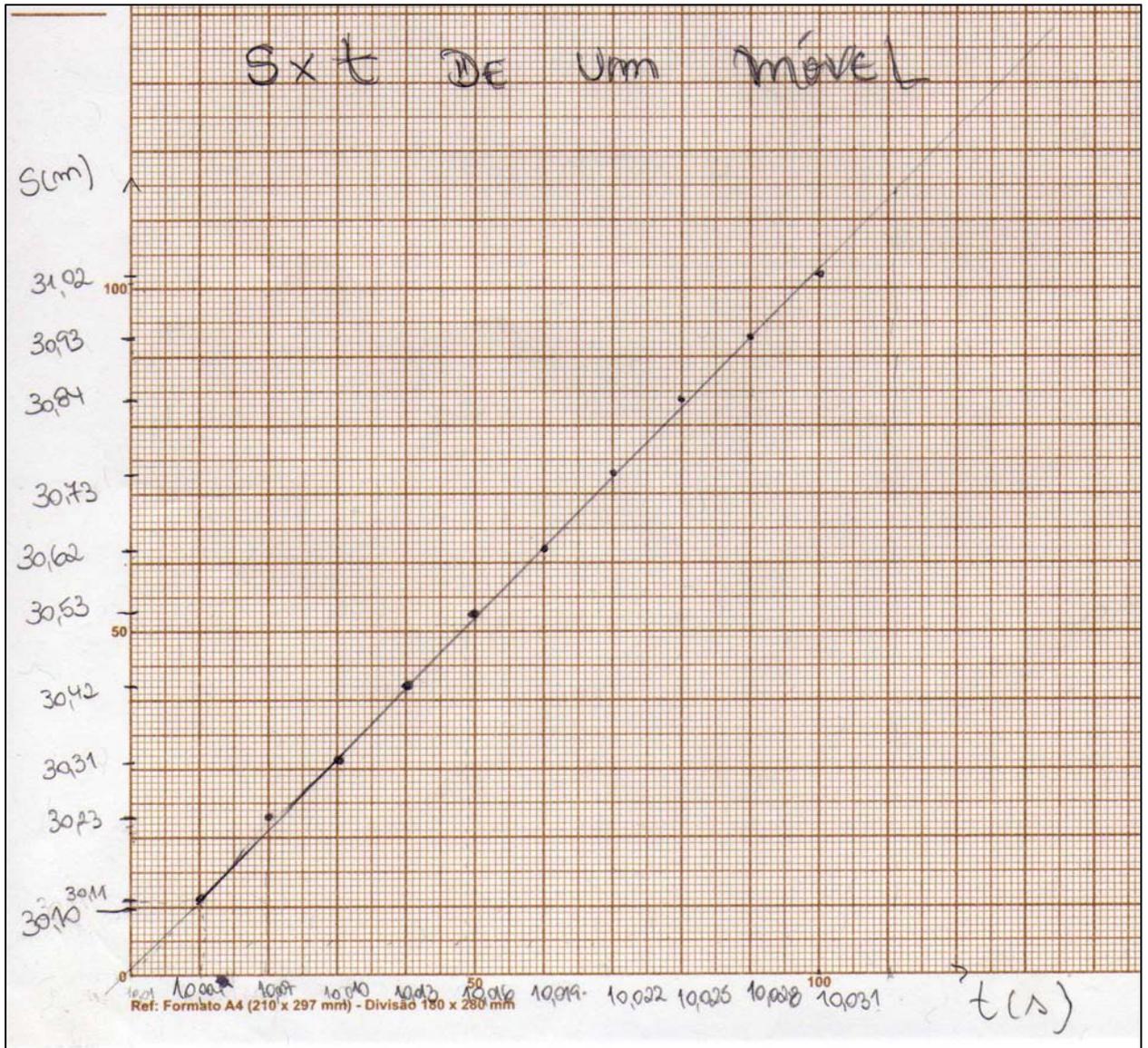
2. Quais as unidades de medidas utilizadas nas tabelas?

Tabela	Unidade I	Unidade II
A	Tempo (s)	Posição (m)
B	tempo (s)	Velocidade (m/s)
C	tempo (s)	ACELERAÇÃO (m/s ²)

3. Você acredita ser capaz de descrever o movimento observando a Tabela A? Como você descreveria esse movimento?

Não, porque me com os dados não podemos definir se as grandezas são diretamente proporcionais.

4. Produza um gráfico cartesiano com base na tabela A em papel milimetrado (fornecido), identificando as grandezas em cada eixo e o fator de escala correspondente;
5. Trace a curva que julga mais adequada aos pontos determinados no gráfico realizado;
6. Escreva um título que corresponda ao gráfico apresentado;



7. A partir das informações proporcionadas pelo gráfico construído e das relações que nele se expõe, elabore uma legenda que seja de caráter geral sobre o comportamento do movimento representado;

Pela construção do gráfico,
o movimento tende a ser uniforme.

8. Baseando-se na informação proporcionada pelo gráfico realizado, estime a posição nos instantes:

Tempo (s)	Posição (m)
10,000	30,00
10,015	30,051
10,035	31,090

9. É possível determinar a velocidade escalar média desta partícula no intervalo de tempo estabelecido no gráfico construído? Se sim, qual seria?

Sim,
$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{31,02 - 30,11}{10,031 - 10,004}$$

$$v_m = \frac{0,91}{0,027} \approx \boxed{33,70 \text{ m/s}}$$

10. Qual expressão algébrica que você acredita que seja a mais adequada para descrever as relações encontradas no gráfico realizado?

$x = x_0 + v \cdot t^2$

$x = x_0 + v \cdot t^2 - \frac{1}{2} a \cdot t^3$

$x = x_0 + v \cdot t$

$v = v_0^2 + a \cdot t^2$

não sei

APÊNCICE E.2 – ENTREVISTA

Pesquisador (P)

Estudante 05 (E5)

P. Com que frequência é solicitado para você construir manualmente um gráfico cartesiano?

Quantas vezes você elaborou sozinho um gráfico cartesiano?

E4. *Raramente. Apenas 3 ou 4 vezes. Física Geral e Laboratório de Física.*

P. O domínio da construção de um gráfico auxilia na compreensão do mesmo?

E4. *Claro.*

P. Você acredita que as informações contidas nas tabelas e nos gráficos são as mesmas? Essas representações descrevem o mesmo fenômeno físico?

E4. *Não, pois existe uma imprecisão na medida. Mas representam o mesmo fenômeno físico.*

P. Existem elementos no gráfico realizado que dificultaram a sua produção?

E4. *Os valores experimentais dificultaram para fazer a escala.*

P. O que a curva traçada no gráfico representa?

E4. *Não é a velocidade, mas a inclinação da reta é a velocidade, neste caso a posição é diretamente proporcional ao tempo.*

P. qual das duas representações você acredita que ser melhor para representar o fenômeno estudado? Por quê?

E4. *O gráfico, porque você visualiza a proporção entre as grandezas, você tem a representação visual do fenômeno, mostrando a dependência de uma variável em relação à outra.*

P. Em sua opinião, as informações alinhadas em colunas, conforme expressas nas tabelas A, B e C facilitam a busca por uma informação pontual? E quanto a visualização do fenômeno.

E4. *Sim, facilitam a localização. Mas com relação à visualização necessita-se do gráfico.*

ANEXOS

ANEXO A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) a participar como voluntário(a) da pesquisa de mestrado: “*Dificuldades Semióticas na Construção Manual de Gráficos Cartesianos de Cinemática*”.

A JUSTIFICATIVA, OS OBJETIVOS E OS PROCEDIMENTOS: O gráfico cartesiano constitui-se numa importante forma de comunicação científica, sendo que seu domínio e compreensão são constantemente requisitados durante a graduação em Física. Nesse sentido, essa pesquisa consiste em identificar as dificuldades de realização da construção manual de gráficos cartesianos a partir de tabelas, usados para representação de conceitos de Cinemática, por estudantes da graduação em Física. A motivação para estudar o problema se estabelece na falta de pesquisas específicas sobre como esta representação gráfica está sendo feita por tais estudantes. Para a realização da investigação científica, os procedimentos de coleta de dados serão: a produção escrita do gráfico cartesiano e entrevistas semi-estruturadas, sendo que todo procedimento será gravado em vídeo.

DESCONFORTOS, RISCOS E BENEFÍCIOS: Para este tipo de pesquisa, não há nenhum risco pré-estabelecido, portanto considera-se o risco mínimo para quem se submete à coleta de dados para esta investigação.

GARANTIA DE ESCLARECIMENTO, LIBERDADE DE RECUSA E GARANTIA DE SIGILO: Você será esclarecido(a) sobre a pesquisa em qualquer aspecto que desejar. Você é livre para recusar-se a participar, retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não irá acarretar qualquer penalidade ou perda de benefícios.

O pesquisador irá tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Seu nome ou o material que indique a sua participação não será liberado sem a sua permissão. Você não será identificado(a) em nenhuma publicação que possa resultar deste estudo. Uma

cópia deste consentimento informado será arquivada com o pesquisador e outra será fornecida a você.

CUSTOS DA PARTICIPAÇÃO: A participação no estudo não acarretará custos para você e não será disponível nenhuma compensação financeira adicional.

DECLARAÇÃO DO PARTICIPANTE:

Eu, _____ fui informado(a) dos objetivos da pesquisa acima de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que em qualquer momento poderei solicitar novas informações e motivar minha decisão se assim o desejar.

O pesquisador Prof. Paulo Sérgio de Camargo Filho, orientado por Prof. Dr. Carlos Eduardo Laburú, certifica-me de que todos os dados desta pesquisa serão confidenciais.

Também sei que caso existam gastos adicionais, estes serão absorvidos pelo orçamento da pesquisa. Em caso de dúvidas poderei chamar o pesquisador, no telefone (43) 8832-7512, e-mail *ps-camargo@bol.com.br*, ou no Departamento de Física, da Universidade Estadual de Londrina, sito à Rod. Celso Garcia Cid, 445 – Londrina, PR.

Declaro que concordo em participar desse estudo. Recebi uma cópia deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Londrina, ____ de _____ de 2010.

Participante

Prof. Paulo Sérgio de Camargo Filho
Pesquisador