UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
INTERUNIDADES EM ENSINO DE CIÊNCIAS

JULIO CESAR QUEIROZ DE CARVALHO

Ensino de Física e deficiência visual: Possibilidades do uso do computador no desenvolvimento da autonomia de alunos com deficiência visual no processo de inclusão escolar

São Paulo

2015

JULIO CESAR QUEIROZ DE CARVALHO

Ensino de Física e deficiência visual: Possibilidades do uso do computador no desenvolvimento da autonomia de alunos com deficiência visual no processo de inclusão escolar

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação Interunidades em Ensino de Ciências do Instituto de Física, da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Ensino de Física. Beneficiado pelo **Programa de Cotas da Pós-Graduação**, concedido pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), de 03/2011 à 02/2015.

Área de concentração: Ensino de Física

Orientador: Prof. Dr. Eder Pires de Camargo

São Paulo

2015

*Aos meus queridos pais José e Sônia, meus
verdadeiros mestres, pelo amor incondicional com
o qual acompanham todas as etapas da minha
vida*

e

*À minha amada esposa Sheila, minha
inspiração, pelo amor, companheirismo,
cumplicidade, compreensão e paciência com que
cuida de mim.*

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, por acreditarem na relevância de meu trabalho, em especial aos professores Cristiano Mattos, presidente da pós-graduação na época de meu ingresso, e Alberto Villani, meu orientador por seis meses, antes do credenciamento do prof. Eder. Ao secretário Thomaz pela competência com que conduz seus trabalhos. Em especial aos alunos Jucivagno, Luciano e Leica pela amizade e troca de experiências;

Ao prof. Dr. Eder Pires de Camargo, meu orientador e amigo, pela confiança depositada em meu trabalho e dedicação com que acompanhou cada etapa de sua realização;

Aos membros do grupo ENCINE, pela amizade e apoio ao longo de minha jornada, em especial ao André, ao Douglas, ao Edval e à Fabiana, pela imensa contribuição nas discussões sobre meu trabalho, durante as reuniões do grupo;

Ao Centro de Apoio aos deficientes visuais, ao Colégio Isaac Newton, aos alunos Gustavo e Luana, cujos nomes verdadeiros foram preservados, por darem sentido a nossa pesquisa;

Aos meus queridos pais José e Sônia, pela presença constante, pelo amor incondicional, pelo incentivo e compreensão, a quem devo tudo o que sou e aonde cheguei;

Aos meus avós paternos José (em memória) e Francisca, aos meus avós maternos Silas (em memória) e Lídia (em memória), que muito me ensinaram com sua experiência, que muito me alegraram com sua companhia, suas Histórias, que levarei sempre comigo;

À Sheila, minha esposa, companheira, amiga, o amor da minha vida, meu maior presente, a quem agradeço por estar ao meu lado em todos os momentos;

Às minhas irmãs Juciney, Jucilene, Jucimara e Jussara e seus respectivos maridos Antonio, Leandro, Hudson e Maximilian, pela atenção e preocupação que sempre tivemos ao cuidarmos uns dos outros;

Aos meus sogros José e Maria, por me acolherem como um filho, sempre com uma palavra de incentivo e aconselhamento para me oferecer;

Às minhas cunhadas Kátia e Chirley e meu concunhado Roberto pela amizade e companheirismo em todos os momentos;

Aos meus sobrinhos Filipe, Bruno, André, Bruna, Julia, Caio, Cauê, Sarah, Octávio, Lara e Ronaldo por encherem minha vida de alegria e esperança;

Aos amigos da velha guarda José Luis, Joci Neuby, Assuero, Andressa, Fernando Lima, Suzana, Julio Damálio, Ana Isabel, Débora, Luiz, Leandro, Luiz Guilherme, Fernanda, pela eterna amizade;

Ao CNPq e a Capes pelo apoio financeiro.

*"Só me sinto digna das minhas asas se eu as utilizar para
fazer os outros voarem."*

Augusto Cury

RESUMO

CARVALHO, J. C. Q. Ensino de Física e deficiência visual: Possibilidades do uso do computador no desenvolvimento da autonomia de alunos com deficiência visual no processo de inclusão escolar. 2015. 256f. Tese de doutorado – Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

Ao pensarmos no Ensino de Física voltado aos alunos com deficiência visual, a linguagem matemática mostra-se desafiadora, pois sua sintaxe bidimensional, essencialmente simbólica, restringe-a a uma “cultura de videntes”. Com o desenvolvimento dos leitores de tela, tornou-se possível o acesso ao computador por pessoas com deficiência visual. No entanto a linguagem matemática convencional oferece certas barreiras à acessibilidade. O problema central de nossa investigação foi: *Quais as possibilidades e limitações ao se introduzir a linguagem LaTeX, associada à softwares leitores de tela, na mediação de processos ativos de leitura e resolução de problemas de Física, por meio do computador, que envolvam expressões matemáticas?* Segundo Vigotski, a *mediação simbólica* é o pilar central da relação do homem com o meio ambiente e com próprio homem, por meio da qual as funções psicológicas superiores se desenvolvem. Vigotski caracteriza o processo de mediação por meio de dois elementos: O *instrumento*, que regula as ações sobre os objetos, e o *signo*, que regula as ações sobre o intelecto das pessoas. O trabalho foi estruturado sob as bases da pesquisa qualitativa, sendo a interpretação dos dados baseada na Análise do Discurso em Bakhtin. Para Bakhtin, o processo da comunicação passa pela “compreensão” e posteriormente pela “resposta”, cujos interlocutores saem da condição de somente ouvintes e passam a ter uma atitude “responsiva ativa”, devendo considerar como “unidade real da comunicação verbal”, não a palavra, mas o “enunciado”. Para a primeira etapa, em que submetemos quatro softwares leitores de tela (NVDA, ORCA, JAWS e VIRTUAL VISION) à leitura de sentenças matemáticas presentes em textos de Física, os resultados mostraram que as principais barreiras à acessibilidade estavam concentradas em elementos gráficos e na linguagem matemática. Ao testarmos a acessibilidade dos leitores de tela com expressões matemáticas baseada no padrão QWERTY, o resultado foi a leitura integral de cada caractere por parte deles. Assim, o problema central da acessibilidade a conteúdos matemáticos presentes em textos de Física, não estava nos leitores de tela, mas na própria linguagem matemática. O objetivo foi chamar a atenção para uma linguagem de programação bastante difundida no meio acadêmico, principalmente na Física e Matemática, a Linguagem LaTeX, na diminuição de barreiras no uso do computador por alunos com deficiência visual em aulas de Física. Na segunda etapa, em que introduzimos a Linguagem LaTeX no contexto do processo ativo de leitura e resolução de problemas de Física por

dois alunos do ensino médio de uma escola pública, a nova linguagem não somente mostrou-se acessível como compreensível por parte deles. Assim, destacamos como potencialidades da linguagem LaTeX: Compor-se de caracteres textuais, acessíveis aos dispositivos OCR; Possuir padrão de escrita linear, portanto simplificado; Possuir códigos curtos e intuitivos, facilitando sua memorização e utilização. Em se tratando de uma linguagem padronizada, suas limitações estavam relacionadas à sua estrutura, ou seja, o fato de os códigos serem escritos em Inglês e as expressões matemáticas escritas dentro de ambientes matemáticos, o que dificulta o processo de interiorização e aplicação dessa nova linguagem por parte dos alunos.

Palavras chave: Linguagem LaTeX, deficiência visual, Ensino de Física, computador, leitores de tela.

ABSTRACT

CARVALHO, J. C. Q. Physics Teaching and visual impairment: Possibilities of computer use in the autonomy developing of visually impaired students in the school inclusion process. 2015. 256f. Doctoral thesis – Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

When we think about the Physics Teaching facing students with visual impairments, the mathematical language show it challenging because its two-dimensional syntax, essentially symbolic, it's restricted to a "sighted people culture". With the development of screen readers, it became possible computer access by people with visual impairments. However the conventional mathematical language offers certain barriers to accessibility. The central problem of our research was: What are the possibilities and limitations to introduce the LaTeX language associated with screen reader softwares, in the mediation of active processes of reading and solving physics problems, via computer, involving mathematical expressions? According to Vygotsky, the symbolic mediation is the central pillar of human's relationship with the environment and human himself, through which the higher mental functions develop. Vygotsky characterizes the mediation process by means of two elements: The instrument, which regulates the actions on objects, and the sign, which regulates the actions of the people intellect. The work was structured under the qualitative research basis, with data interpretation based on the discourse analysis on Bakhtin. For Bakhtin, the communication process involves the "understanding" and later the "answer", whose interlocutors leave the condition of hearers only and he starts to have an "active responsive" attitude and should be considered as "real unity of verbal communication," not the word, but the "enunciation". For the first step, when we submit four screen readers software (NVDA, ORCA, JAWS and VIRTUAL VISION) the reading of mathematical sentences inserted in physics texts, the results showed that the main barriers to accessibility were concentrated in graphics and mathematics language. In testing the accessibility of screen readers with mathematical expressions based on the standard QWERTY, the result was the complete reading of each character from them. Thus, the central problem of accessibility to mathematical contents in physics texts, was not in the screen readers, but in the mathematical language. The objective was to attract attention to a widespread programming language in academia, especially in physics and mathematics, the LaTeX language, to reduce the barriers to computer use by students with visual impairment in Physics classes. In the second stage, when we introduce the LaTeX language in the context of the active process of reading and solving physics problems by two high school students from a public school, the new language not only proved to be accessible as understandable by them.

Thus, we highlight as potential of LaTeX language: it's composed of textual characters, accessible to OCR devices; Owning linear writing standard, thus simplified; Have shorter and intuitive codes, making it easy to memorize and use. In the case of a standardized language, its limitations were related to its structure, for example, the fact that the codes were written in English and mathematical expressions written in mathematical environments, which complicates the process of internalization and application of this new language by the students.

Key words: LaTeX language, visual impairment, Physics teaching, computer, screen-readers.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
Capítulo 1 – O Problema de Pesquisa	19
Capítulo 2 – A Psicologia Histórico-Cultural de Vigotski e o ensino da pessoa com deficiência visual	25
2.1 O desenvolvimento do pensamento e da linguagem	27
2.1.1 A interiorização da linguagem e o desenvolvimento do pensamento	27
2.2 O processo de mediação simbólica e o ensino da pessoa com deficiência visual	30
Capítulo 3 – O problema de pesquisa	38
3.1 Um panorama da Educação Especial no Brasil, na perspectiva da Educação Inclusiva: O que dizem as base legais.....	38
3.2 Marcos históricos da Educação voltada às pessoas com deficiência visual.....	43
3.3 Do Braille ao computador: Tecnologias Assistivas associadas ao Ensino de alunos com deficiência visual	45
3.3.1 O Sistema Braille	45
3.3.2 Explorando a multissensorialidade	45
3.3.3 O uso do computador	47
3.3.3.1 DOSVOX	47
3.3.3.2 JAWS	48
3.3.3.3 VIRTUAL VISION	48
3.3.3.4 ORCA.....	49
3.3.3.5 NVDA	49
3.4 O Ensino de Física para alunos com deficiência visual	50
Capítulo 4 – Metodologia de pesquisa	53
4.1 A abordagem qualitativa associada à pesquisa em ensino	53
4.1.1 Instrumentos de coleta de dados e forma de análise dos resultados	54
4.2 Descrição das etapas da pesquisa	56
4.2.1 Etapa 1: Levantamento dos pontos de tensão de ferramentas de interface auditiva quando submetidas a leitura de textos de Ensino de Física	56
4.2.2 Etapa 2: Pesquisa de campo.....	58
4.2.2.1 A escolha da escola e dos sujeitos de pesquisa	58
Capítulo 5 – Resultados e Discussões.....	61
5.1 Levantamento dos pontos de tensão de ferramentas de interface auditiva submetidas à leitura de textos de Ensino de Física.....	61

5.1.1 Teste 1: Elementos textuais e gráficos.....	61
5.1.2 Teste 2A: Unidades de medida	62
5.1.3 Teste 2B: Ordens de grandeza	63
5.1.4 Teste 2C: Símbolos matemáticos	64
5.2 Etapa 2: Pesquisa de Campo – Introdução da linguagem LaTeX no contexto do Ensino de Física para alunos com deficiência visual.....	67
5.2.1 Primeiro Momento.....	67
5.2.2 Segundo Momento	71
5.2.2.1 A entrada em campo	71
5.2.2.2 Oficina de LaTeX – O primeiro contato dos alunos com a linguagem.....	73
5.2.2.3 As observações em sala.....	74
5.2.2.4 O oferecimento de apoio pedagógico na forma de AEE	77
5.2.2.5 O processo ativo de leitura/resolução de problemas utilizando o LaTeX.....	82
Capítulo 6 – Conclusões	138
REFERÊNCIAS.....	141
APÊNDICE A.....	149
APÊNDICE B.....	153
APÊNDICE C.....	155
APÊNDICE D.....	157
APÊNDICE E	159
APÊNDICE F	160
APÊNDICE G.....	177
APÊNDICE H.....	184
APÊNDICE I.....	189
APÊNDICE J.....	195
APÊNDICE k.....	199
APÊNDICE l.....	207
APÊNDICE M.....	221
APÊNDICE N.....	230
APÊNDICE O	245

INTRODUÇÃO

São dois os pilares centrais que deram origem e sentido e acima de tudo inspiração para a proposição desta tese de doutorado, sendo o primeiro deles com raízes emocionais e o segundo com influência acadêmica.

O primeiro pilar está relacionado ao fato de minha esposa ter baixa visão, em detrimento de uma soma de fatores, dentre eles uma catarata congênita e uveíte. Embora bastante autônoma, a convivência com ela me ensinou a lidar com suas limitações, a ter paciência e muitas vezes “ser os seus olhos”, me levando a conhecer outro universo, o universo das pessoas com deficiência visual. Mais do que isso, aguçou minha sensibilidade em conviver com as diferenças, sem, contudo, ser indiferente. Mesmo com tantas barreiras, graduou-se em Física, titulou-se mestre e doutora na área de Biofísica, trabalhando com a técnica de Ressonância Paramagnética Eletrônica (EPR) aplicada a sistemas biológicos e atualmente é professora junto ao Instituto de Física da Universidade de Goiás.

O segundo pilar foi erguido quando percebi que minha predisposição em me preocupar com as causas das pessoas com deficiência visual poderia ganhar amplitude, em termos de uma linha de pesquisa. Isto aconteceu em meados de 2008, quando recebi curiosamente um *e-mail* informativo da Sociedade Brasileira de Física (SBF) com a chamada para uma série de artigos da Revista Brasileira de Ensino de Física, que versavam sobre o tema “Ensino de Física para deficientes visuais”, do prof. Dr. Eder Pires de Camargo e colaboradores. Na ocasião achei interessante e um tanto curioso, pois não fazia ideia que pudesse existir uma linha de pesquisa com este tema. Como estava prestes a defender o mestrado, vi no doutorado uma oportunidade de unir duas áreas de meu interesse: O Ensino de Física e o conhecimento da pessoa com deficiência visual. Foi quando, após trocado e-mails, lido seus livros e artigos, tive a oportunidade de conhecer o prof. Eder e convidá-lo para ser meu orientador no doutorado. Formado em Física, com mestrado,

doutorado e pós-doutorado na área de Ensino de Física para alunos com deficiência visual, somam-se mais de 10 anos de pesquisa nessa área. Atualmente é professor junto ao Departamento de Física e Química da UNESP de Ilha Solteira.

Dentre as maiores dificuldades enfrentadas por alunos com deficiência visual em sala de aula, podemos citar: (1) predominância de estruturas audiovisuais interdependentes em aulas de Física, por meio do uso excessivo da lousa, retroprojektor ou data-show, cujo acesso à linguagem dependa simultaneamente dos códigos auditivos e visuais (CAMARGO, 2012). Ou seja, nas palavras de Camargo (2008), há um excesso de atividades diretivas/passivas em detrimento de atividades dialógicas/participativas, não criando canais de comunicação adequados que permitam que todos os alunos participem em sala de aula e criando no aluno com deficiência visual um sentimento de estrangeiro;

(2) Carência de livros didáticos e/ou paradidáticos acessíveis. Segundo o Decreto 7084/2010 em seu artigo 28, o MEC prevê a adoção de “mecanismos para promoção da acessibilidade nos programas de material didático destinados aos alunos da educação especial”, cujo parágrafo único trata especificamente dos editais dos programas de material didático, que “poderão prever obrigações para os participantes relativas a apresentação de formatos acessíveis para atendimento do público da educação especial” (BRASIL, 2010). No entanto, se analisarmos o edital de convocação 02/2014, para o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2016, ele estabelece dois tipos de obras didáticas a serem aceitas: Do Tipo 1, composta pelo Livro do Aluno impresso e Manual do Professor impresso, Livro do Aluno em PDF e Manual do Professor digital e do Tipo 2, composta pelo Livro do Aluno impresso e Manual do Professor impresso e Livro do Aluno em PDF e Manual do Professor em PDF. Nenhum tópico do referido edital versa sobre a disponibilização de materiais em formato Dayse, por exemplo.

(3) Baixo rendimento em tópicos como Óptica e Eletromagnetismo, por exemplo, por falta muitas vezes de saberes dos professores em como lidar com alunos com necessidades educacionais especiais. Neste caso, segundo Camargo (2012), podemos destacar a ausência de dois desses saberes: “Saber que significados indissociáveis de representações não visuais, de relacionabilidade sensorial secundária e sem relação sensorial não necessitam de referencial visual para serem compreendidos” (p. 252) e; “Saber que existem fenômenos físicos que não podem ser observados empiricamente, e que, nesse caso, a visão ou qualquer outro sentido não contribui à compreensão deles” (p. 253).

(4) Sentimento de insegurança e isolamento, por não conseguir participar com plenitude de todas as atividades em sala de aula, como

laboratórios, por exemplo e; (5) Sentimento de incapacidade gerado pela falta de autonomia, uma vez que na maioria das atividades precisa da ajuda de outras pessoas, seja para ler ou escrever um texto ou descrever uma imagem ou situação.

Nesse contexto de intenso avanço na área de Tecnologia da Informação e seu importante papel no processo de ensino-aprendizagem de Física, devemos refletir *“como tornar o computador, para o ensino de Física, uma aliada ferramenta também de inclusão escolar de alunos com deficiência visual?”*. Refletindo sobre as dificuldades enfrentadas por alunos cegos ou com baixa visão em sala de aula e as possibilidades que o computador pode trazer para o processo de ensino-aprendizagem de Física, a presente pesquisa tem por finalidade investigar as relações que os alunos com deficiência visual estabelecem com o computador enquanto um instrumento, um mediador e consequentemente com os softwares de interface auditiva, comumente usados pelos alunos para o acesso ao computador (JAWS, VIRTUAL VISION, ORCA e NVDA). Da mesma forma, estudar as potencialidades e limitações destes softwares na integração com os diferentes modos de veiculação de textos de ensino de Física, sugerindo estratégias alternativas para a inclusão desses alunos ao mundo da Física e mais do que isso, contribuir para o resgate de sua autonomia.

O projeto começou a ser construído entre 2008 e 2009, quando me preparava para o processo seletivo para o doutorado na UNESP de Bauru, ao qual não fui aprovado. O título do projeto foi **“DOSVOX, JAWS e VIRTUAL VISION: Investigação sobre suas potencialidades e limitações como ferramentas auxiliares no Ensino de Física”** (CARVALHO, 2008). O foco da pesquisa era investigar as potencialidades e limitações de ferramentas de interface auditiva no que se referia ao acesso de alunos com deficiência visual aos conteúdos veiculados nas mais variadas modalidades de Ensino de Física, desde expositivas, demonstrativas, práticas e ambientes virtuais. Embora abrangente, a raiz de nosso problema de pesquisa estava nos elementos textuais e gráficos que poderiam oferecer barreiras ao acesso das ferramentas de interface auditiva, tais como tabelas, figuras, gráficos e a linguagem matemática. Buscando soluções para a transposição de tais barreiras.

Em 2011, quando ingressei no Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da USP, a ideia que nascera em 2008 pode ser concretizada. O projeto sofreu pequenas alterações estéticas, mas preservando sua essência. Em outras palavras, embora o título tenha sido modificado para **“As ferramentas DOSVOX, JAWS e VIRTUAL VISION e os Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVAs): Uma proposta para a inclusão social de deficientes visuais – O caso do Ensino de Física”**, o problema de pesquisa continuava vivo: Como transpor as barreiras impostas por elementos textuais e gráficos, principalmente a linguagem matemática,

para o acesso de ferramentas de interface auditiva a textos de Ensino de Física? (CARVALHO, 2011).

Em 2011 tive a oportunidade de apresentar a temática do projeto em dois congressos da área, no VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, com o título **“Uma proposta do uso do computador como ferramenta inclusiva de deficientes visuais em aulas de Física”** e no XIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, com o trabalho intitulado **“Do Braille ao computador: Tecnologias Inclusivas associadas aos alunos deficientes visuais”** (CARVALHO *et. al.*, 2011a, 2011b). O objetivo foi poder expor o problema de pesquisa à comunidade acadêmica na busca por críticas que pudessem contribuir para o seu enriquecimento. Dessa forma, em 2012, durante o VII Encontro da Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, em que os alunos ingressantes em 2011 foram convidados a expor seus projetos de pesquisa, apresentei um projeto bem mais maduro. O título do trabalho foi **“O processo de ensino-aprendizagem de Física e os deficientes visuais: Possibilidades do uso do computador no desenvolvimento da autonomia de alunos deficientes visuais no processo de inclusão escolar”**. Houve uma alteração no título, em relação ao título original, devido a uma mudança de foco. Ao analisarmos o título original, o foco estava nas ferramentas de interface auditiva e não no aluno com deficiência visual. O objetivo da pesquisa passou a ser não somente conhecer as potencialidades e limitações dos softwares de interface auditiva quando submetidos à leitura de textos da área de Física, como também entender relações mais profundas, como a questão da linguagem dentro do processo de mediação entre a escrita e a dinâmica de leitura de tais ferramentas.

A figura 1 mostra, na forma de um diagrama “V”, uma visão geral do projeto de pesquisa. Na parte inferior do “V” temos a descrição dos sujeitos de pesquisa. No centro apresentamos questões centrais do projeto de pesquisa. À esquerda do diagrama temos o “Domínio Conceitual” e a direita do diagrama, o “Domínio Metodológico”. Nos capítulos posteriores descreveremos com mais detalhes cada parte apresentada neste diagrama.

Figura 1 – Diagrama “V” mostrando uma visão geral do projeto de pesquisa e seus desdobramentos.

Fonte: CARVALHO, J.C.Q.

A presente tese está organizada de forma que no capítulo 1 apresentamos nosso problema de pesquisa, inserido dentro do contexto sócio-histórico que a gerou.

O capítulo 2 traz uma descrição do referencial teórico adotado, centrado na “Teoria Histórico-Cultural” de Vygotsky, discutindo questões como a construção do pensamento e da linguagem, o papel do signo e do instrumento no processo de mediação simbólica e o ensino voltado à pessoa com deficiência visual.

No capítulo 3 traçamos um panorama da Educação especial de um modo geral e do ensino voltado aos alunos com deficiência visual no Brasil, com base na legislação e nas estatísticas. Baseado em revisões bibliográficas, mostramos exemplos de tecnologias assistivas voltadas aos alunos com deficiência visual, desde o sistema Braille, ferramentas de interface multissensorial até o uso do computador, por meio de softwares de interface auditiva. Por fim mostramos um panorama do ensino de Física voltado aos alunos com deficiência visual.

O capítulo 4 foi destinado a descrição da metodologia empregada, tanto para a coleta de dados (diário de campo e gravações de áudio e vídeo) quanto para sua análise, pautada na análise do discurso em Bakhtin.

No capítulo 5 apresentamos os resultados oriundos dos testes com os leitores de tela, relativos à primeira parte da pesquisa, bem como as observações feitas durante a segunda parte do projeto, o trabalho de campo. Os resultados estão acompanhados de discussões à luz dos referenciais teórico e metodológico.

E por fim, no capítulo 6 retomamos nosso problema de pesquisa. Com base nas discussões dos resultados e respaldados nos referenciais, tanto teórico quanto metodológico, apresentamos nossas conclusões.

Capítulo 1

O problema de pesquisa

Física, do grego *physis*, quer dizer “natureza”. Dessa forma, é uma área do conhecimento que busca compreender cientificamente os comportamentos naturais e gerais que nos rodeiam: De partículas elementares a corpos celestes, valendo-se tanto de modelos conceituais e imagéticos, quanto matemáticos.

Partimos da premissa de que tão importante quanto entender os conceitos físicos presentes nos mais diversos fenômenos ao nosso redor, é entender a linguagem matemática que os descrevem. Tanto os conceitos quanto a matemática por trás deles, tratam-se de modelos representativos da realidade observada, numa relação de complementaridade, de forma que uma Física puramente conceitual se tornaria superficial e uma Física puramente matemática, tornar-se-ia a própria Matemática.

O grande desafio ao se ensinar Física para alunos com deficiência visual é sem dúvida quando inserimos a linguagem matemática. Karshmer e Bledsoe (2007) diferenciam a leitura e escrita matemática da leitura e escrita de um texto, levando em consideração sua representação gráfica. Enquanto um texto é naturalmente representado de forma linear, por meio da combinação de um número limitado de caracteres, entre letras, números, sinais representativos de pontuação e alguns caracteres especiais, a linguagem matemática é representada de forma bidimensional (sobrescritos, subscritos, frações, sinais representativos de operações como radiciação, somatório, integral, dentre outros) e pode conter todos os elementos de um texto mais um grande número de símbolos especiais, como letras gregas, por exemplo.

Essa forma de representação da linguagem matemática, bidimensional e essencialmente simbólica, é própria de uma “cultura de videntes”. Na linguagem Braille, por exemplo, tanto o texto quanto a matemática são lineares e partilham do

mesmo sistema de representação, “*six-dots*”, por exemplo. Outra diferença entre alunos sem e com deficiência visual pode ser percebida na dinâmica de resolução de um problema que envolve notação matemática. Segundo Tato (2009) os alunos videntes, ao resolverem um problema, podem perceber todas as constantes e variáveis envolvidas com uma simples “varredura” com os olhos. De modo que podem planejar, traçar estratégias de resolução e de como proceder do início ao fim do exercício, além de poder rapidamente retomar a qualquer informação anterior. Já para os alunos com deficiência visual, usuários do Sistema Braille, por exemplo, a leitura e escrita é feita caractere a caractere, que para Parry (1997), ao serem simplificadas para a leitura sequencial, principalmente equações fracionárias, dificultam o entendimento do todo e a retomada de alguma parcela da equação.

A dificuldade encontrada por Tato (2009) estava no uso, por parte da maioria dos alunos, de uma ferramenta convencional de escrita em Braille, a reglete com punção, devido ao alto custo na aquisição e manutenção de uma máquina Braille. Conhecida como “reglete negativa”, com esta ferramenta a escrita era feita de um lado da folha, da direita para a esquerda, para que a leitura pudesse ser feita da esquerda para a direita, no verso da folha. Com isso o aluno com deficiência visual não conseguia escrever e ler concomitantemente enquanto resolvia um exercício, além de muitas vezes acarretar em erro, devido ao fato de escrever de forma invertida. Sua proposta consistiu no desenvolvimento de um sistema de equacionamento tátil para facilitar a construção e manipulação de equações por parte de alunos com deficiência visual. O sistema permitiu a leitura e escrita simultaneamente. O material compunha-se de uma placa metálica e objetos com símbolos em Braille colados a imãs, de forma a possibilitar autonomia ao usuário em não somente montar as equações, mas retomá-las, similarmente aos alunos videntes (Ver figura 1.1).

Figura 1.1 – Material de equacionamento tátil, proposto por Tato (2009). Consiste de objetos em Braille impressos em uma chapa de metal e colados a imãs, permitindo que os alunos com deficiência visual montem equações em uma lousa metálica da mesma forma que um aluno vidente o faz.

Fonte: Tato (2009)

Ainda com relação à escrita Braille, outra iniciativa importante (contornando uma das problemáticas levantadas por Tato (2009)) partiu de uma indústria brasileira, a Tece, apoiada pelo Programa Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (PIPE), da FAPESP, que desenvolveu uma tecnologia revolucionária. Batizada de “reglete positiva” (figura 1.2), aparentemente parece uma reglete comum, composta de duas placas paralelas presas em uma extremidade por uma dobradiça, sendo a placa superior vazada no formato de celas e a placa inferior formada por “esferas” em relevo. Ao encaixar uma folha de papel entre as duas placas, o usuário, com o auxílio de uma punção, pode escrever em Braille.

Figura 1.2 – Desenho esquemático do processo de escrita Braille com o auxílio de uma reglete positiva. Foi batizada com este nome, pois com as regletes convencionais a escrita é feita da direita para a esquerda de um lado do papel para que a leitura possa ser feita no verso do papel da esquerda para a direita (inversa ou de forma “negativa” em relação a forma natural de leitura e escrita). Com esta nova reglete a escrita e a leitura são feitas do mesmo lado do papel, ambas da esquerda para a direita (positiva).

Fonte: Tece (2014)

A inovação está na placa inferior, que ao invés de esferas em baixo relevo (reglete convencional) foram desenvolvidas em alto relevo, e a extremidade da punção, que ao invés de ser abaulada, possui uma cava. Dessa forma o usuário pode escrever da esquerda para a direita e a leitura também poderá ser feita da esquerda para a direita do mesmo lado do papel e não de forma invertida, como as regletes convencionais. Por isso que a nova reglete foi batizada de “reglete positiva” (ALISSON, 2013).

Para o acesso de pessoas com deficiência visual a conteúdos imagéticos, uma técnica que tem sido bastante difundida é a “audiodescrição” (MOTTA, ROMEU FILHO, 2010). Na TV, no cinema ou no teatro, é utilizada na descrição de cenas com pouco ou sem diálogo e no fornecimento de informações adicionais importantes para o melhor entendimento das mesmas. No caso de obras de arte, fotografias e gravuras, pode ser utilizada para uma descrição. Na área de ensino podemos utilizar na descrição de figuras e gráficos (SANT’ANNA, 2010; VILARONGA, 2010).

Com o advento do computador e o desenvolvimento de ferramentas de interface auditiva, tornou-se possível o acesso de pessoas com deficiência visual ao mundo da informática e o computador passou a ser mais um aliado na transposição das barreiras da acessibilidade. Dentre as ferramentas de interface auditiva mais utilizadas atualmente temos o NVDA, o JAWS, o VIRTUAL VISION, o ORCA e o DosVox.

Neste sentido temos iniciativas como a de um grupo de pesquisadores da Unicamp que desenvolveu um software para ajudar crianças entre 6 e 8 anos a aprender matemática. Batizado de MiniMatecaVox, encontra-se em fase experimental e é composto por 20 aulas com 300 atividades, podendo ser inicializado pela plataforma DosVox, permitindo a realização de diversas tarefas por meio de um dispositivo de voz (TEIXEIRA, 2014)

Ferreira e Freitas (2006) desenvolveram um pacote de ferramentas computacionais denominado “AudioMath”, capazes de “falar fórmulas matemáticas”. Neste caso, analisam, interpretam e convertem fórmulas matemáticas do formato MathML (Mathematical Markup Language) em uma forma de texto por extenso. Do mesmo modo, Meira *et. al.* (2008) apresentaram a proposta de uma ferramenta de autoria em que o professor pode digitar um texto, incluindo expressões matemáticas e o software permite que ele salve em dois formatos diferentes: um formato acessível aos leitores de tela e outro arquivo em formato XHTML, com conteúdo MathML, para alunos videntes.

Porém, quando pensamos no uso do computador no ensino de Física para alunos com deficiência visual, não somente para o acesso a materiais didáticos, mas também como um instrumento de autoria, no que se refere à produção de textos, como notas de aula, relatórios, pesquisa e na resolução de problemas, trabalhos como os anteriormente citados deixam uma lacuna, pois embora representem um passo importante na transposição das barreiras da acessibilidade, resolvem apenas uma das vias do processo, o da leitura.

Baldwin (2011), um professor de Tecnologia da Informação de Austin, nos Estados Unidos, nos chamou a atenção para uma metodologia interessante. Enquanto lecionava a disciplina de programação em JAVA que contemplava uma aluna com deficiência visual, se voluntariou para acompanhá-la em suas disciplinas de Física, em outro departamento. Foi então que percebeu uma das maiores

barreiras enfrentada pela aluna: A versão eletrônica de seu livro-texto não era acessível (tanto a versão *.pdf*, quanto a versão *.doc*) aos softwares leitores de tela, nem a linha Braille. Dentre os principais elementos que dificultavam o acesso por meio das ferramentas citadas acima, o autor destacou: O grande número de figuras e diagramas presentes no livro-texto, que em sua maioria continham pouca ou nenhuma explicação; Uso de caracteres especiais como letras gregas, subscrito, sobrescrito, notação vetorial, dentre outros e o formato da linguagem matemática presente nas inúmeras equações contidas em um texto de Física. Sendo assim, Baldwin se propôs a desenvolver um curso de Física em módulos (contemplando alguns dos principais conceitos físicos), todo baseado em *JavaScript*, uma linguagem de programação. Embora não estivesse entre as preferidas por Baldwin, segundo ele se tratava da linguagem mais acessível aos alunos com deficiência visual.

Veja que o problema central enfrentado por Baldwin (2011) foi a linguagem matemática, vindo em uma linguagem de programação, o JAVA, uma alternativa para a linguagem matemática convencional. Neste caso, ao invés de se pensar em novas ferramentas que garantam a leitura de expressões matemáticas, sua preocupação estava em propor uma linguagem que permitisse não somente a leitura, por meio de um software de interface auditiva, mas que desse autonomia aos alunos.

Partindo do mesmo problema central de Baldwin, mas discordando quando afirma que o JAVA seria a linguagem mais acessível aos alunos com deficiência visual, nosso objetivo foi o de chamar a atenção para uma linguagem de programação bastante difundida no meio acadêmico, principalmente na Física e Matemática, a Linguagem LaTeX, na diminuição de barreiras no uso do computador por alunos com deficiência visual em aulas de Física. Diferentemente da linguagem JAVA e até mesmo do MathML, a linguagem LaTeX possui uma sintaxe mais intuitiva e própria para a escrita de textos que envolvam expressões matemáticas.

Primeiramente, na década de 70, Donald Knuth (1984) desenvolveu o TeX, um sofisticado programa de escrita de textos de alto padrão de qualidade tipográfica. Segundo Paes e Ferreira (2008) o TeX “é popular no meio acadêmico, principalmente entre os físicos, matemáticos e cientistas da computação, devido a sua capacidade de produzir fórmulas e símbolos matemáticos de uma maneira elegante”. O LaTeX foi desenvolvido por Leslie Lamport (1994), na década de 80. Trata-se não de um processador de textos, mas uma linguagem que permite preparar automaticamente um documento de forma profissional e de alta qualidade. Neste caso, só precisamos editar o texto e alguns comandos, o LaTeX se encarrega de compilá-lo (FLORES & BORBÓN, 2009).

Em outras palavras, o LaTeX é uma linguagem de marcação de texto, uma sintaxe na qual você escreve os conteúdos já com as indicações da formatação

final. Seu processamento é feito em duas etapas distintas: 1. O texto a ser impresso e os comandos de formatação são escritos em um arquivo fonte com o uso de um *software* de edição; 2. Em seguida o arquivo fonte é submetido a um *software* formatador, neste caso o *LaTeX*, que gera um arquivo de saída, que pode ser impresso ou visualizado na tela (SANTOS, 2011).

O exemplo 1.1 nos mostra como as expressões matemáticas, equações e fórmulas são escritas em *LaTeX*:

Exemplo 1.1

No Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRU), a expressão que descreve como o espaço varia em função do tempo, também chamada de função horária do espaço, pode ser escrita como: $S = S_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$. Sendo S o espaço final, S_0 o espaço inicial, v_0 a velocidade inicial e a aceleração do sistema.

Em escrita *LaTeX*:

No Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRU), a expressão que descreve como o espaço varia em função do tempo, também chamada de função horária do espaço, pode ser escrita como: $S = S_0 + v_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$. Sendo S o espaço final, S_0 o espaço inicial, v_0 a velocidade inicial e a a aceleração do sistema.

Percebam que os elementos utilizados na linguagem *LaTeX* são totalmente textuais, desprovidos de qualquer elemento gráfico, predominantemente visual, que possa oferecer barreira aos *softwares* leitores de tela.

Neste contexto, o problema central de nossa investigação foi: *Quais as possibilidades e limitações ao se introduzir a linguagem LaTeX, associada a ferramentas de interface auditiva, na mediação de processos ativos de leitura e resolução de problemas de Física, por meio do computador, que envolvam expressões matemáticas?*

Capítulo 2

A Psicologia Histórico-Cultural de Vigotski e o ensino da pessoa com deficiência visual

A importância da obra de Vigotski está relacionada às dimensões alcançadas devido à diversidade de assuntos abordados por ele e seu programa de pesquisa. Vigotski dedicou-se a questões como a crise da psicologia, o psiquismo humano versus o psiquismo animal, a origem social das funções psicológicas superiores, a relação entre pensamento e linguagem, a mediação simbólica, as relações entre aprendizagem e desenvolvimento, a defectologia (deficiência física e mental), o papel das diferenças culturais no desenvolvimento da psique, o brinquedo, a evolução da escrita na criança e a psicologia da arte (REGO, 2011, p. 37). De certa forma os assuntos convergem para a ideia central dos trabalhos de Vigotski, que foi estudar o homem enquanto parte integrante e ativa de um processo sócio-histórico.

Rego (2011) destaca as principais ideias deixadas pelo legado de Vigotski em cinco teses, a saber:

1. Diz respeito à *relação indivíduo/sociedade*, em que para Vigotski as características tipicamente humanas não nascem com o indivíduo e nem tampouco são o resultado de pressões externas. Elas se desenvolvem mediante uma interação dialética do homem com seu meio sociocultural. “Ao mesmo tempo em que o ser humano transforma o seu meio para atender suas necessidades básicas, transforma-se a si mesmo”¹;
2. Refere-se à *origem cultural das funções psíquicas*. Segundo Rego² “as funções psicológicas especificamente humanas se originam nas relações do indivíduo e seu contexto cultural e social”;

¹ *Ibid.*, p. 41

² *Idem*

3. Refere-se ao cérebro como a *base biológica do funcionamento psicológico*. O mesmo se adapta às evoluções sócio-históricas de cada indivíduo, tanto no âmbito da ontogênese quanto da filogênese, sem que seja necessária qualquer transformação física no órgão.
4. Diz respeito à *mediação como norteadora das atividades humanas*. Dessa forma entende-se que “a relação do homem com o mundo não é uma relação direta”, ou seja, “é através dos instrumentos e signos que os processos de funcionamento psicológico são fornecidos pela cultura”³;
5. Referente à diferença entre “*processos psicológicos complexos*”, exclusivamente humanos, cujo desenvolvimento está ligado a um processo histórico, e “*mecanismos mais elementares*”, como uma “*cadeia de reflexos*”.

Os alicerces para a presente pesquisa, que buscou compreender, no contexto do ensino de Física para alunos com deficiência visual, a questão da linguagem como mediadora entre a escrita matemática e a dinâmica de leitura de ferramentas de interface auditiva e as relações estabelecidas entre o aluno com deficiência visual e o computador enquanto um instrumento de ensino e aprendizagem, foram construídos com base nos entendimentos de Vigotski a respeito da linguagem como um instrumento psicológico no processo de mediação simbólica e seus estudos sobre a deficiência visual, lançando as bases para uma educação inclusiva.

Assim o presente capítulo possui a seguinte organização: Na seção 2.1 buscamos demonstrar de que forma o pensamento e a linguagem, embora possuindo raízes genéticas diferentes, se inter-relacionam durante todo o processo de desenvolvimento do indivíduo, passando por vários estágios desde a fase da linguagem pré-intelectual e do pensamento pré-verbal até o processo de interiorização da linguagem e sua contribuição para o desenvolvimento do pensamento; Na seção 2.2 discutimos aspectos como o uso do instrumento e o processo de mediação simbólica, mostrando que a relação do indivíduo com o mundo a sua volta não é uma relação direta e sim mediada e acima de tudo que o desenvolvimento interno do indivíduo é influenciado por fatores externos; Na seção 2.3 mostramos uma visão sócio-histórica acerca da deficiência visual, culminando com a visão da pessoa com deficiência visual enquanto um ser social, lançando as bases para uma educação inclusiva.

³ *Ibid*, p. 42, 43

2.1 O desenvolvimento do pensamento e da linguagem

Do ponto de vista da análise genética, a relação entre pensamento e linguagem não é constante nem imutável, ao longo de todo o desenvolvimento, seja ele filogenético (da espécie) ou ontogenético (do indivíduo), pelo contrário, é uma grandeza variável. Para Vigotski (2010, p. 111) “o desenvolvimento da linguagem e do pensamento realiza-se de forma não paralela e desigual”, concluindo que: pensamento e linguagem possuem diferentes raízes genéticas; que o desenvolvimento de ambas se dá por linhas diferentes e independentes entre si; a grandeza que representa a relação entre pensamento e linguagem não é constante ao longo do desenvolvimento filogenético; e que na filogênese do pensamento e da linguagem pode-se “constatar uma fase pré-fala no desenvolvimento do intelecto e uma fase pré-intelectual no desenvolvimento da fala”⁴.

Vigotski (2010) nos mostra que nos primeiros meses de vida, os gritos, balbucios, estão relacionados a comportamentos tipicamente emocionais, sem relação com o desenvolvimento do pensamento. No primeiro ano de vida, ao reagir à voz humana, comprova-se a função social da fala, chamada de “fase pré-intelectual”. Aproximadamente aos dois anos de idade “as curvas da evolução do pensamento e da fala, até então separadas, cruzam-se e coincidem para iniciar uma nova forma de comportamento muito característica do homem”⁵. A criança descobre então que cada coisa tem seu nome. Neste momento “a fala se torna intelectual e o pensamento verbalizado”⁶. Ao mergulhar nesse universo de signos e significados, ou seja, ao descobrir um mundo em que cada coisa possui um nome que a representa, desencadeia na criança um processo de apropriação desse vocabulário, cuja ampliação se dá exponencialmente.

2.1.1 A interiorização da linguagem e o desenvolvimento do pensamento

Para Vigotski (2010) esse processo de interiorização da linguagem, ou seja, o processo de transformação em que a linguagem, inicialmente exterior, torna-se interior, não se dá de forma física (diminuição do tom de voz) e gradual: fala em voz alta – sussurro – linguagem interior. Segundo ele, quanto à estrutura e função, não se percebeu nenhuma diferença entre falar alto e sussurrar e muito menos a tendência do sussurro se tornar uma linguagem interior. Do ponto de vista genético, Vigotski⁷ mostrou que a fala sussurrada pode ser suscitada ainda muito cedo na criança, mas não de forma espontânea

⁴ *Ibid.*, p. 128

⁵ *Ibid.*, p. 130

⁶ *Ibid.*, p. 131

⁷ *Idem*

e sim por pressão social, ou seja, quando algum adulto pede para que ela abaixe o tom de voz. Segundo ele, somente a partir da fase escolar que a criança começa a desenvolver essa fala sussurrada de forma mais natural, por entender sua importância quando se convive socialmente.

Os estudos de Vigotski⁸ sobre o sussurro na criança não conseguiram dar suporte a tese de Watson⁹ (1926, Apud VIGOTSKI, 2010) de que ele seria uma fase intermediária, um elo entre a linguagem exterior e a interior. No entanto, Vigotski não descartou a hipótese de existir esse elo, encontrando sentido na “linguagem egocêntrica”, descrita por Levina e medida pelo método de Piaget, devendo ser “vista como uma forma de transição entre a fala exterior e a fala interior. Funcionalmente, a fala egocêntrica é a base para a fala interior, enquanto na sua forma externa está incluída na fala comunicativa (VIGOTSKI, 2007, p. 15).

Para Vigotski (2010, p. 131) “a linguagem se torna psicologicamente interior antes de tornar-se fisiologicamente interior”. Neste contexto, Vigotski explica que a linguagem egocêntrica, por sua função, é uma linguagem interior que se encontra no processo de sua interiorização, em que parte dela já é ininteligível, mas que é fisiologicamente exterior pelo simples fato de não apresentar nenhuma tendência em transformar-se em sussurro ou algo do tipo. Dessa forma, ao invés de etapas sugeridas por Watson¹⁰ : fala alta – sussurro – fala surda, segundo Vigotski (2010) as etapas seriam: linguagem exterior – linguagem egocêntrica – linguagem interior.

Vigotski¹¹ demonstrou experimentalmente que o desenvolvimento da linguagem e do pensamento passa por quatro estágios básicos: O primeiro, chamado de natural ou primitivo, correspondente à linguagem pré-intelectual e ao pensamento pré-verbal; O segundo, denominado de “Psicologia ingênua”, fase em que a criança toma conhecimento, experimenta, das propriedades físicas de seu corpo e dos objetos ao seu redor. É nessa fase também que ela aplica essa experiência ao uso de instrumentos; é na terceira fase que a criança lança mão de signos exteriores e operações exteriores, para auxiliá-las na resolução de problemas interiores, como o processo de memorização, o processo de contar com os dedos, etc. Com respeito ao desenvolvimento da fala, corresponde a linguagem egocêntrica; o quarto estágio corresponde ao processo de interiorização ou denominado de “crescimento para dentro”. É neste momento que a criança começa a usar a chamada “memória lógica”. Ela começa então a contar mentalmente. Relacionando-se a fala, corresponde a “fala interior ou silenciosa”.

⁸ *Idem*

⁹ WATSON, J. A. A psicologia como ciência do comportamento (Psikhológuica kak naúka o povedénie), 1926.

¹⁰ *Op. cit.*

¹¹ *Idem*

Para além da gênese do pensamento e da linguagem, Vigotski e seus colaboradores ao se questionarem se os dois processos estavam interligados no comportamento do adulto, se era possível identificar os dois processos, responderam negativamente, baseados em tudo o que sabiam a respeito. Esquemáticamente, segundo Vigotski¹², poderíamos imaginar o pensamento e a linguagem como dois círculos que se cruzam, como mostrado na figura 2.1.

Figura 2.1 – Pensamento e Linguagem sendo representados como dois conjuntos que se interseccionam, mostrando que em parte do processo de desenvolvimento os dois fenômenos se coincidem para formar o chamado campo do pensamento verbalizado.

Fonte: CARVALHO, J. C. Q.

A figura mostra que nem toda manifestação do pensamento está relacionado à linguagem e vice-versa. Assim, “há uma vasta área do pensamento que não mantém relação direta com o pensamento verbal”, da mesma forma que “não há nenhum fundamento psicológico para se considerar que todas as formas de atividade verbal sejam derivadas do pensamento” (VIGOTSKI, 2010, p. 139, 140).

Dessa forma, segundo Vigotski (2010), a fusão do pensamento e da linguagem, no adulto, também é parcial, que se aplica somente no campo do pensamento verbalizado, sendo que tanto o campo do pensamento não-verbalizado e da linguagem não-intelectual não sofrem influência direta dessa fusão nem tão pouco mantém com ela qualquer relação causal.

Independentemente das questões levantadas até aqui, Vigotski¹³ conclui que

a linguagem interior se desenvolve mediante um lento acúmulo de mudanças estruturais e funcionais; que ela se separa da linguagem exterior das crianças ao mesmo tempo que ocorre a diferenciação das funções social e egocêntrica da linguagem; por último, que as

¹² *Idem*

¹³ *Ibid.*, p. 148

estruturas da linguagem dominada pela criança tornam-se estruturas básicas de seu pensamento.

Notemos que Vigotski fala que à medida que o indivíduo se desenvolve, a linguagem interior se separa daquela exterior das crianças, ao mesmo tempo em que ocorre uma diferenciação entre o que ele chamou de funções da linguagem, a social e a egocêntrica. Fica claro seu entendimento quanto à natureza da linguagem egocêntrica, ou seja, não se trata simplesmente de uma fase transitória entre a linguagem exterior e a interior, ela acompanha todos os estágios de desenvolvimento.

Outra conclusão importante diz respeito aos fatores preponderantes no desenvolvimento do pensamento e da linguagem, em que para Vigotski (2010, p. 149) “depende *dos instrumentos de pensamento* e da experiência sociocultural da criança”, ou em outras palavras “o desenvolvimento da linguagem interior depende de fatores externos”. Dessa forma fica claro o papel das relações sociais no desenvolvimento do indivíduo, não de forma linear e progressiva, mas uma mudança em relação ao “tipo de desenvolvimento – do biológico para o histórico-social”¹⁴.

Nesse contexto, o pensamento verbal ou verbalizado não é uma forma natural de comportamento e sim histórico-social, devendo “estender a essa forma de comportamento todas as teses metodológicas que o materialismo histórico estabelece para todos os fenômenos históricos na sociedade humana”¹⁵. Seria o desenvolvimento histórico-social do homem influenciando o seu desenvolvimento pessoal.

2.2 O processo de mediação simbólica e o ensino da pessoa com deficiência visual

“gato escaldado tem medo de água fria”
ditado popular brasileiro

No ditado popular podemos analisar a relação gato-água em dois momentos distintos. Num primeiro momento o gato foge ao sentir a queimadura provocada por um “banho”, proposital ou por acidente, de água fervente. Neste caso houve o estabelecimento de uma relação direta entre o “calor da água fervente”¹⁶ e o ato de fuga do gato (reflexo). Num segundo momento percebemos um gato com medo de água, mesmo fria. Aqui a relação foi

¹⁴ *Idem*

¹⁵ *Idem*

¹⁶ Utilizamos “calor da água fervente” entre aspas, para facilitar a comunicação com o interlocutor de áreas distintas da Física, entretanto, esclarecemos que sistemas isolados não possuem calor. Fisicamente, o correto seria dizer: Energia térmica da água.

mediada pela memória da dor, provocada pela queimadura com a água quente, ou seja, pela lembrança de uma experiência anterior.

Vigotski (2007, p. 31), em seus estudos sobre a memória humana, revelou que “mesmo nos estágios mais primitivos do desenvolvimento social, existem dois tipos fundamentalmente diferentes de memória”. O que ele chamou de “memória natural”, influenciada diretamente por estímulos externos, ligadas às funções elementares e àquelas ligadas às funções superiores, em que o indivíduo cria e faz uso de estímulos artificiais, ou seja, a relação entre estímulo e resposta deixa de ser um processo simples para tornar-se um ato complexo, que depende de um elemento mediador, representado pela figura 2.2, em que “S” está relacionado ao estímulo, “R” à resposta e “X” ao que Vigotski chamou “elemento mediador”.

Figura 2.2 – Esquema representativo da relação entre estímulo (S) e resposta (R), sendo “X” um elemento mediador. A linha tracejada remete a um processo simples, direto, de estímulo-resposta, enquanto a linha contínua um ato complexo, mediado.

Fonte: Vigotski (2007, p. 33)

Em nosso exemplo hipotético, o estímulo (S) seria o “calor da água fervente” e a resposta (R) a fuga do gato. Num primeiro momento a água fervente precisou queimá-lo, causar dor, para que pudesse fugir, numa relação direta entre estímulo-resposta (S–R). Num segundo momento, a memória da dor mostra-se como um elemento mediador (X) entre o estímulo e a resposta, fazendo com que o gato tema qualquer porção de água, mesmo estando fria.

Vigotski parte da ideia de que a relação do homem com a natureza não é direta, mas essencialmente mediada. Vigotski caracteriza o processo de mediação por meio de dois elementos: O *instrumento*, que regula as ações sobre os objetos, e o *signo*, que regula as ações sobre o intelecto das pessoas (OLIVEIRA, 2010; REGO, 2011).

O uso de instrumentos, tanto por parte dos seres humanos quanto dos animais, possibilitam aos indivíduos a ampliação de suas ações sobre a natureza, ao imaginarmos que com o auxílio de uma vara, um macaco pode alcançar uma fruta de difícil acesso ou a descoberta por parte do homem que para rasgar a pele de uma caça, um objeto cortante é mais eficiente do que as mãos. Em contrapartida, o homem se difere dos animais por ser capaz não somente de produzir instrumentos para uso específico, como o conservar para

uso futuro, o compartilhar com outros membros do grupo, o aperfeiçoar, além de ser capaz de criar novos instrumentos¹⁷.

Os signos, chamados por Vigotski de “instrumentos psicológicos”, auxiliam o homem a “ampliar sua capacidade de atenção, memória e acúmulo de informações”¹⁸. Os mesmos estão intimamente ligados à linguagem, entendida por Vigotski como um “sistema simbólico que organiza os signos em estruturas complexas”¹⁹ (REGO, 2011, p. 53). Segundo Rego (2011), a linguagem, este “sistema de signos”, nos permite estabelecer relações e conexões com objetos, mesmo quando não estão presentes; possibilita-nos generalizar as características de um objeto e; está associada à função de comunicação, conseqüentemente permite a “transmissão e assimilação de informações e experiências acumuladas pela humanidade ao longo da história”²⁰. Esta última diz respeito à importância da linguagem no estabelecimento de interações sociais que nos levam a incorporação de formas de comportamento consolidadas pela experiência humana. Neste contexto, Vigotski diz que

O momento de maior significado no curso do desenvolvimento intelectual, que dá origem às formas puramente humanas de inteligência prática e abstrata, acontece quando a fala e a atividade prática, então duas linhas completamente independentes de desenvolvimento, convergem. (VIGOTSKI, 2007, p. 11)

É por meio das atividades práticas, ou seja, das experiências vividas pelas crianças em seus primeiros anos de vida, mais precisamente após o desenvolvimento da fala, que ela percebe algo muito valioso: cada coisa tem um nome (signo). Isso fica claro quando Vigotski (2010) conclui, baseado nas ideias de Stern²¹ (1922, Apud VIGOTSKI, 2010), que aproximadamente aos dois anos de idade

As curvas da evolução do pensamento e da fala, até então separadas, cruzam-se e coincidem para iniciar uma nova forma de comportamento muito característica do homem. [...] a fala se torna intelectual e o pensamento verbalizado. (VIGOTSKI, 2010, p. 131)

Antes de a criança desenvolver a fala, denominada de “período pré-verbal”, o uso de instrumentos é comparável aos animais antropóides. É com o desenvolvimento da fala e a incorporação desta com os signos a qualquer ação que o ser humano se diferencia dos demais animais.

Antes de controlar o próprio comportamento, a criança começa a controlar o ambiente com a ajuda da fala. Isso produz novas relações

¹⁷ *Idem*

¹⁸ *Idem*

¹⁹ *Ibid.*, p. 53

²⁰ *Ibid.*, p. 53, 54

²¹ STERN, W. Psicologia da tenra infância (Psikhológuiya ránnevo diétstva), 1922.

com o ambiente, além de uma nova organização do próprio comportamento. A criação dessas formas caracteristicamente humanas de comportamento produz, mais tarde, o intelecto e constitui a base do trabalho produtivo: a forma especificamente humana do uso de instrumentos. (VIGOTSKI, 2007, p.12)

Vigotski e seus colaboradores perceberam, experimentalmente, que a fala para a criança tem um papel fundamental na resolução de problemas, aumentando seu grau de importância à medida que os problemas a serem resolvidos aumentam seu grau de complexidade. A criança sente a necessidade de falar enquanto age, como se narrasse cada passo que deve tomar para atingir seus objetivos ou resolver seus problemas. Essa fala é descrita por Vigotski (2007, 2010) como “pensamento verbalizado” ou “fala egocêntrica”. Aos poucos essa fala egocêntrica que, inicialmente, tinha o papel apenas de verbalizar, ou seja, descrever e analisar uma determinada situação passa a ter um caráter de “planejamento”, indicando possíveis maneiras de se resolver um problema. Finalmente ela passa a ser incluída como parte da própria solução (VIGOTSKI, 2007).

Às vezes a fala adquire uma importância tão vital que, se não for permitido seu uso, as crianças pequenas não são capazes de resolver a situação. (VIGOTSKI, 2007, p. 13)

Uma conclusão interessante é que “as crianças resolvem suas tarefas com a ajuda da fala, assim como dos olhos e das mãos”²².

A importância da fala fica nítida também ao acompanharmos os trabalhos feitos com macacos antropóides. As crianças em idade verbal, que passam a usar a fala como um instrumento auxiliar no planejamento de suas ações, “criam maiores possibilidades do que aquelas que os macacos podem realizar com a ação” (VIGOTSKI, 2007, p, 14). Dessa forma, ela amplia seus horizontes ao ser capaz de incluir estímulos que estão fora de seu campo visual na resolução de problemas. Um segundo ponto a ser destacado nessa diferença entre uma criança em idade verbal e um macaco antropóide, é que em consequência da fala, as ações da criança tendem a ser menos impulsivas e espontâneas que as dos macacos (VIGOTSKI, 2007). Dizendo Vigotski que

a manipulação direta é substituída por um processo psicológico complexo através do qual a motivação interior e as intensões, postergadas no tempo, estimulam seu próprio desenvolvimento e realização. (VIGOTSKI, 2007, p. 14)

A importância da fala não está ligada somente enquanto uma ferramenta auxiliar na manipulação de objetos, por parte das crianças, como também “controla o comportamento da própria criança” [...] “com a ajuda da

²² *Idem*

fala, as crianças, diferentemente dos macacos, adquirem a capacidade de ser tanto sujeito como objeto de seu próprio comportamento”²³.

Vigotski (2007) e seus colaboradores perceberam, experimentalmente, que a fala egocêntrica aumenta diretamente com a dificuldade da atividade a ser desenvolvida pela criança. Vigotski²⁴ destaca as várias formas que a fala egocêntrica e social podem se inter-relacionar: Quando as crianças estão diante de um problema de difícil solução. Neste caso utilizam a linguagem para se dirigirem a um adulto ou parceiro, descrevendo o método que utilizaram para tentar solucionar o problema; Quando a fala socializada, utilizada na comunicação entre a criança e o adulto, é internalizada. Neste estágio, a criança passa a apelar para si mesma na resolução de um problema. A linguagem passa a ser encarada como um instrumento na resolução de problemas. O indivíduo se torna capaz de planejar.

Em outras palavras, num primeiro momento a fala acompanha as ações da criança, refletindo todo o processo de solução de um problema, de uma forma caótica. A medida que se desenvolve, a fala se desloca cada vez mais para o início desse processo, até que a mesma preceda a própria ação. Neste caso a fala é utilizada para planejar uma ação futura (VIGOTSKI, 2007).

Neste instante a fala dirige, determina e domina o curso da ação; surge a função planejadora da fala, além da função já existente da linguagem, de refletir o mundo exterior. (VIGOTSKI, 2007, p. 17)

Em síntese, quando a criança se defronta com um problema cuja solução não parece trivial, ela pode seguir vários caminhos que vão desde métodos de tentativa e erro, apropriação de instrumentos, fala dirigida ao condutor do experimento (alguém que ela julga mais capaz) ou fala que simplesmente acompanha a ação e apelos diretos ao foco de sua investigação. Não podemos esquecer que todo esse processo acontece, é estimulado, é proporcionado, por meio do ambiente da criança, suas interações sociais, de modo que “o caminho do objeto até a criança e desta até o objeto passa através de outra pessoa”, de natureza complexa, cujo processo de desenvolvimento está ligado a sua história individual e social (VIGOTSKI, 2007, p. 18).

Quando buscamos compreender o universo por trás das relações do homem com a natureza e o meio social, na perspectiva das pessoas com deficiência visual, o conceito de que tais relações são essencialmente mediadas, seja por instrumentos, signos ou uma combinação desses dois elementos, fica bastante evidente, ganhando uma dimensão ainda maior. Para Vigotski (1997) a deficiência visual é mais que um fenômeno biológico, é um fenômeno social.

²³ *Ibid.*, p. 15

²⁴ *Idem*

As concepções a cerca da deficiência visual ao longo da História, segundo Vigotski (1997), em sua obra intitulada *“El niño ciego”* (O menino cego), podem ser divididas em três fases: mística, biológica e científica ou sócio-psicológica. A **fase mística** compreende a Antiguidade, a Idade Média e grande parte da história moderna. Nessa fase, paralelamente a visão do cego como uma pessoa indefesa, inválida e abandonada, surge a ideia geral de que os cegos desenvolvem as forças místicas superiores da alma, resultando no acesso ao conhecimento espiritual e a visão espiritual, em substituição à visão física perdida. A denominação ‘mística’ não se deve somente a noções e crenças religiosas, como a de que os cegos estão ligados de todos os modos a Deus (“estão com Aquele que vê, porém é invisível”), essencialmente porque as características que atribuíam aos cegos forças supra sensoriais da alma, cujos vínculos com a cegueira pareciam enigmáticos, milagrosos e incompreensíveis. Essas concepções não se baseavam nas experiências e testemunhos dos próprios cegos sobre si mesmos nem de estudos científicos e sim em teorias a cerca da alma e do corpo e a crença em um espírito incorpóreo²⁵.

No século XVIII, com a **fase biológica**, em que o místico foi substituído pela ciência, a crença pela experiência e o estudo e o cego foi incorporado a vida social e cultural através da educação, surge a ideia de que a perda da visão seria compensada pelo desenvolvimento acentuado dos outros órgãos do sentido. K. Bürklen (apud Vigotski, 1997, p.101), reunindo vários trabalhos demonstrou que essa compensação não surge a partir de uma compensação fisiológica direta da deficiência visual e sim uma compensação sócio psicológica geral que segue um curso complexo e indireto, sem substituir a função suprimida nem ocupar o órgão insuficiente.

A **fase científica**, surgida na Idade Moderna, é também chamada de sócio-psicológica devido a importância e o papel psicológico do defeito orgânico no processo de desenvolvimento e formação da personalidade da pessoa com deficiência visual. Dessa forma, segundo Vigotski (1997, p. 103), se um órgão encontra-se debilitado devido a insuficiências de ordem morfológica ou funcional, o sistema nervoso central e a mente assumem sua função no sentido de compensar sua deficiência. Em outras palavras, no sentido de superar, de ultrapassar as barreiras da deficiência, o organismo do indivíduo inicia uma ‘luta’ interna, mas que pode leva-lo a dois caminhos: o da debilidade, devido ao fracasso desse mecanismo de compensação interno e o da supercompensação, em que o organismo não somente vence as dificuldades, mas eleva o indivíduo a um nível superior, transformando a deficiência em um talento, o defeito em capacidade, a debilidade em força e a insuficiência em elevada autoestima.

²⁵ *Ibid.*, p. 99

A figura 2.3 traz um esquema, baseado no modelo apresentado na figura 2.2, que mostra as relações entre estímulo e resposta e o papel dos mecanismos de compensação como elementos mediadores no processo de desenvolvimento cognitivo de pessoas com deficiência visual. Assim “S” representa os estímulos do meio externo, provenientes dos órgãos do sentido (neste caso, tato, audição, paladar e olfato) e “X” representa os elementos mediadores, neste caso os mecanismos de compensação. Dependendo do desempenho em “X”, o indivíduo pode ter dois tipos de resposta: Fracasso (R_1) ou supercompensação (R_2).

Figura 2.3 – Estrutura da relação entre estímulo (S) e resposta (R) para uma pessoa com deficiência visual. Neste caso, “X”, o elemento mediador, representa os mecanismos de compensação. A linha tracejada remete a um processo simples, direto, de estímulo-resposta, enquanto a linha contínua um ato complexo, mediado. Quando há uma falha no mecanismo de compensação, o processo de mediação pode levar o indivíduo a uma relação de fracasso (R_1). Em contrapartida, o sucesso no mecanismo de compensação pode o levar a uma relação de supercompensação (R_2).

Fonte: Adaptado de Vigotski (2007, p. 33)

Mas para Vigotski (1997), não se trata de uma compensação do ponto de vista fisiológico, como se a falta de um dos sentidos fosse compensada pelos demais, ou seja, o desenvolvimento do tato não fará o indivíduo “ver com as mãos”. Trata-se, portanto, de uma compensação sócio-psicológica. Neste sentido, para a pessoa com deficiência visual, o mais importante não seria o desenvolvimento do tato ou uma maior sensibilidade do ouvido, mas a linguagem, a experiência social, a comunicação com os videntes.

As ideias de Vigotski²⁶ apontam os rumos para uma sociedade inclusiva, em que para ele “a educação do menino cego deve ser organizada como a educação dos meninos videntes”, sem estereótipos. Concluindo que

“a ciência contemporânea deve conceder ao deficiente visual o direito a um trabalho social, não em suas formas humilhantes, filantrópicas e sim em formas que respondam a autêntica essência do trabalho, a única capaz de criar para a personalidade a necessária posição social”.

²⁶ *Ibid.*, p. 112

Nesse contexto, segundo Camargo (2008a, p. 16), “a deficiência visual é mais que um fenômeno orgânico, sensorial. Ela é, definitivamente, um fenômeno social”, sendo importante entendermos o significado da expressão *‘Inclusão Social’*. Aranha (2002) define *‘Inclusão Social’* como um processo bidirecional em que cabe ao deficiente a manifestação de suas necessidades e à sociedade as providências e ajustes necessários para o acesso e a convivência deste ao espaço comum. Dessa forma a autora destaca como necessidade básica para a construção de uma sociedade inclusiva,

“efetivar os ajustes, na sociedade, de forma a garantir, imediata e definitivamente, o acesso desses cidadãos a todo e qualquer recurso, serviço, equipamento, processo disponível na comunidade, independente do tipo de deficiência”.

Para Camargo²⁷, deve-se garantir ao cidadão não somente o acesso aos bens coletivos materiais, mas também à ciência, à língua, à literatura, etc., e sendo um dos papéis da educação construir a inclusão social, “faz-se necessário garantir condições para que a democratização do ensino de qualidade se efetue real e concretamente para todos”.

²⁷ op. cit., p. 17

Capítulo 3

A Educação Especial e o Ensino voltado aos alunos com deficiência visual – O caso do Ensino de Física

3.1 Um panorama da Educação Especial no Brasil, na perspectiva da Educação Inclusiva: O que dizem as estatísticas e as bases legais?

No Brasil, a iniciativa do atendimento às pessoas com deficiência, teve início ainda no período Imperial, com a criação do Imperial Instituto dos Meninos Cegos, em 1854, atual Instituto Benjamim Constant (IBC) e o Instituto dos Surdos Mudos, em 1857, hoje denominado Instituto Nacional da Educação dos Surdos (INES), ambos no Rio de Janeiro. Em 1926 foi fundado o Instituto Pestalozzi, especializado no atendimento às pessoas com deficiência mental. Em 1954 foi fundada a primeira Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais (APAE) e em 1945 criou-se o primeiro atendimento educacional especializado às pessoas com superdotação na Sociedade Pestalozzi, por Helena Antipoff (BRASIL, 2007).

Segundo dados do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) sobre a matrícula de alunos com deficiência em escolas regulares, em detrimento às matrículas em escolas especiais (figura 3.1), percebe-se que no período que compreende os anos de 2007 a 2012 houve um aumento bastante significativo no número de matrículas de alunos com deficiência em escolas regulares e uma diminuição no número de matrículas em escolas especiais. Esse fato pode ser atribuído à política de educação especial na perspectiva da educação inclusiva adotada pelo Ministério da Educação (INEP, 2013). Veremos mais adiante que em 2007 tivemos o lançamento do Plano de Desenvolvimento da Educação (PDE), que dentre as medidas, tivemos a implantação de salas multifuncionais para o Atendimento Educacional Especializado em escolas regulares que atendessem alunos com deficiência. Entre 2005 e 2012, foram 52.801 salas de recursos multifuncionais concedidas, sendo 68,91% do tipo I (múltiplas deficiências),

2,68% do tipo II (com recursos adicionais para alunos com deficiência visual) e 28,41% referente a kits de atualização²⁷.

Figura 3.1 – Dados do Censo Escolar da Educação Especial, referente ao número de matrículas no Ensino Fundamental (a) e Ensino Médio (b) no período de 2007-2012.

(a)

(b)

Fonte: INEP (2013)

Em 1988, com a promulgação da Constituição Federal, a educação foi concebida, em seu artigo 205, como um direito de todos e um dever do Estado, com vistas ao desenvolvimento pessoal do indivíduo, seu preparo enquanto cidadão e qualificação para o trabalho. Educação essa que, de acordo com o inciso I do artigo 206, deve garantir a “igualdade de condições para o acesso e permanência na escola”. No que se refere exclusivamente à Educação Especial, o inciso III do artigo 208, reforça o dever do Estado com respeito à garantia de “atendimento educacional especializado aos portadores de deficiência, preferencialmente na rede regular de ensino” (BRASIL, 1988).

²⁷ <http://painel.mec.gov.br/painel/detalhamentoIndicador/detalhes/pais/acaaid/54>. Acesso em 19/05/2013.

Em 1989 a Lei 7.853/89, embora se utilize o termo “integração” ao invés de “inclusão”, em seu artigo 1º, assegura o exercício dos direitos das pessoas com deficiência, garantindo sua “efetiva integração social”. Dentre os direitos assegurados por essa Lei, o inciso I do artigo 2º discorre sobre o direito à educação, destacando-se: Oferta de Educação Especial como modalidade educativa em todos os níveis de escolaridade; “Oferta, obrigatória e gratuita, da Educação Especial em estabelecimento público de ensino” (BRASIL, 1989).

A visão de educação, assim como as garantias citadas anteriormente também foram contempladas, em 1990, no artigo 53 da Lei 8069/90, referente ao Estatuto da Criança e do adolescente, incisos I e III (BRASIL, 1990).

De âmbito internacional, outro documento bastante importante para a Educação Especial foi adotado durante a conferência Mundial em Educação Especial, organizada pelo governo da Espanha em parceria com a UNESCO, na cidade de Salamanca em 1994, nomeado de Declaração de Salamanca. O mesmo dispõe sobre os princípios, políticas e práticas em Educação Especial.

Em 1996 foi lançada a Lei de diretrizes e bases da educação nacional (LDBN) nº 9394/96, cujo capítulo V destina-se exclusivamente à educação especial (BRASIL, 1996). Em seu artigo 58 (parágrafo 1º), assegura ao aluno especial, “serviços de apoio especializado na escola regular”, que segundo Aranha (2002) não se trata de atendimento exclusivo em classe especial ou classe comum, mas a flexibilidade de planos de apoio intermediários ou combinados. Segundo o artigo 59, são direitos assegurados aos alunos com necessidades especiais:

- Currículos, métodos, técnicas, recursos educativos e organização específicos, para atender às suas necessidades;
- Professores com especialização adequada em nível médio ou superior, para atendimento especializado, bem como professores do ensino regular capacitados para a integração desses educandos as classes comuns;
- Educação especial para o trabalho, visando a sua efetiva integração na vida em sociedade, inclusive condições adequadas para os que revelarem capacidade de inserção no trabalho competitivo, mediante articulação com órgãos oficiais afins, bem como aqueles que apresentarem uma habilidade superior nas áreas artística, intelectual ou psicomotora.

Em 1999 foi lançado o decreto nº 3.298/99, que regulamentou a Lei nº 7.853/89, dispondo, em seu artigo 1º, sobre a Política Nacional para a Integração da pessoa Portadora de Deficiência, com o objetivo de “assegurar o pleno exercício dos direitos individuais e sociais das pessoas com deficiência”. Entende-se por deficiência, segundo o artigo 3º, “toda perda ou anormalidade de uma estrutura ou

função psicológica, fisiológica ou anatômica que gere incapacidade para o desempenho de atividade” (BRASIL, 1999a). Neste sentido, a deficiência visual, segundo disposto no artigo 4º, inciso III (cuja redação foi alterada pelo Decreto nº 5.296/04), foi assim regulamentada:

cegueira, na qual a acuidade visual é igual ou menor que 0,05 no melhor olho, com a melhor correção óptica; a baixa visão, que significa acuidade visual entre 0,3 e 0,05 no melhor olho, com a melhor correção óptica; os casos nos quais a somatória da medida do campo visual em ambos os olhos for igual ou menor que 60º; ou a ocorrência simultânea de quaisquer das condições anteriores (BRASIL, 2004).

Ainda em 1999, por meio da Portaria nº 319/99 em seu artigo 1º, ficou “instituída no Ministério da Educação, vinculada à Secretaria de Educação Especial/SEESP e presidida pelo titular desta, a Comissão Brasileira do Braille, de caráter permanente” (BRASIL, 1999b).

Segundo a Resolução CNE/CEB nº 2, de 11 de setembro de 2001, em seu artigo 2º fica instituído que cabe aos sistemas de ensino matricular todos os alunos e à escola a responsabilidade de assegurar o atendimento aos alunos com necessidades educacionais especiais, “assegurando as condições necessárias para uma educação de qualidade para todos” (BRASIL, 2001a). Ainda em 2001, segundo Brasil (2001b), podemos destacar a Lei nº 10.172, que aprova o “Plano Nacional da Educação”, cujo capítulo 8 é dedicado à Educação Especial e o Decreto nº 3.956, que segundo Brasil (2001c) promulga a “Convenção Interamericana para a eliminação de todas as formas de discriminação contra as pessoas com deficiência” (Convenção da Guatemala, 1999).

Em 2002 foi publicada a Portaria nº 2.678/02 do MEC aprovando “diretrizes e normas para o uso, o ensino, a produção e a difusão do Sistema Braille em todas as modalidades de aplicação, compreendendo especialmente a Língua Portuguesa” (BRASIL, 2002a). Ainda em 2002, por meio da portaria nº 657, em seu artigo 1º instituiu-se “no âmbito da Secretaria de Educação Especial/SEESP, a Comissão Brasileira de Estudo e Pesquisa do Soroban”. Um importante parecer dessa comissão diz respeito ao reconhecimento do soroban como um instrumento estritamente vinculado ao uso do raciocínio por seus usuários, não sendo considerado um análogo da calculadora para pessoas videntes, recomendando seu uso em vestibulares e concursos. Dessa forma, com o Decreto nº 5.296, de 2004, o Soroban foi enquadrado na categoria “ajudas técnicas”, em concordância com o que dispõe o artigo 61 do referido decreto (BRASIL, 2004).

Em 2005 tivemos o Decreto nº 5.626/05, que regulamentou a Lei nº 10.436/02 e o art. 18 da Lei 10.098/00, que dispõe da inclusão da LIBRAS como disciplina curricular obrigatória em cursos de formação de professores; da formação

do professor de LIBRAS e do instrutor de LIBRAS; do uso de difusão da LIBRAS e da língua portuguesa, permitindo o acesso das pessoas surdas à educação (BRASIL, 2005).

Ainda em 2005 tivemos a implantação dos Núcleos de Atividades de Altas Habilidades/Superdotação (NAAH/S) em todo território nacional, para o atendimento educacional especializado, orientação às famílias, formação continuada de professores (BRASIL, 2007).

Em 2006, segundo a portaria nº 1.010, em seu artigo 1º o Soroban é reconhecido como um “recurso educativo específico imprescindível para a execução de cálculos matemáticos por alunos com deficiência visual” (BRASIL, 2006).

Em 2007 o governo lançou o Plano de Desenvolvimento da Educação (PDE), tendo como principais compromissos: formação de professores para a educação especial; implantação de salas multifuncionais; acessibilidade arquitetônica dos prédios escolares; e garantia do acesso e permanência das pessoas com deficiência no ensino superior (BRASIL, 2007).

Em 2009, o Decreto nº 6.949 promulga a Convenção Internacional sobre os Direitos das pessoas com deficiência, cujo propósito é “promover, proteger e assegurar o exercício pleno e equitativo de todos os direitos humanos e liberdades fundamentais por todas as pessoas com deficiência e promover o respeito pela sua dignidade inerente” (BRASIL, 2009a). Em 2009 ainda tivemos a Resolução nº 4, que estabelece diretrizes para a instituição do Atendimento Educacional Especializado nas escolas. Em seu art. 1º estabelece que os alunos com deficiência, transtornos globais ou altas habilidades devem ser matriculados em sala regular e no AEE, por meio de salas de recursos multifuncionais ou centros de AEE da rede pública ou filantrópicas. No artigo 4º considera como público alvo do AEE: Alunos com deficiência física, intelectual, mental ou sensorial; Alunos com transtornos globais do desenvolvimento; Alunos com altas habilidades/ dotação. Segundo o art. 10º a escola, por meio de seu Projeto Político Pedagógico, deve institucionalizar a oferta de AEE, contemplando: Sala de recursos multifuncionais; Matrícula no AEE de alunos matriculados em ensino regular; Cronograma de atendimento; Plano do AEE; Profissionais da educação no apoio à necessidades dos alunos do AEE; Criar redes de apoio profissional que possam potencializar o AEE (BRASIL, 2009b).

Após traçarmos um panorama geral da educação especial no Brasil, desde a criação das instituições especializadas no atendimento às pessoas com deficiência, na seção posterior destacaremos o caso da Educação voltada às pessoas com deficiência visual, resgatando os momentos históricos que marcaram a trajetória dessa temática até chegar ao Brasil.

3.2 Marcos históricos da Educação voltada às pessoas com deficiência visual

Alguns fatos históricos precederam essa preocupação com o ensino da pessoa com deficiência visual, em especial as tentativas de se desenvolver um método tátil de escrita e leitura para cegos. Em 1517, o espanhol Francisco Lucas desenvolveu um alfabeto esculpido em finas placas de madeira, sendo aperfeiçoada em 1575, na Itália, por Rampansetto, que passou a trabalhar com blocos maiores. Infelizmente as duas tentativas não tiveram muito sucesso devido a sua dificuldade de leitura. No século XVII, na Alemanha, foi desenvolvido um método à base de placas de madeira recobertas por uma camada de cera, sobre a qual as pessoas com deficiência visual podiam escrever com o auxílio de um estilete. Conta-se que em 1741, uma mulher foi alfabetizada por meio de um sistema que consistia de letras recortadas em papel e em meados do século XVIII, uma cantora austríaca chamada Maria Theresa Von Paradis, foi alfabetizada por meio de um método que utilizava alfinetes espetados em almofadas (ABREU, *et.al.*, 2008).

Figura 3.2 – Foto do Instituto Real dos Jovens Cegos, fundado em 1784, em Paris, por Valentin Haüy.

Fonte: <http://www.musimem.com/INJA.htm>

O fato importante e que se tornou um marco no ensino de pessoas com deficiência visual, foi sem dúvida a fundação do Instituto Real dos Jovens Cegos, em Paris, em 1784, por Valentin Haüy (figura 3.2). O método utilizado para alfabetizar os alunos consistia na impressão linear dos caracteres comuns em alto relevo em folhas de papel, desenvolvido pelo próprio Haüy. Foi neste instituto que, em 1819, ingressou o jovem Louis Braille, que posteriormente revolucionaria não somente a escrita, mas a vida das pessoas com deficiência visual, cuja história será descrita mais adiante²⁸.

²⁸ *Idem*

No Brasil, o marco inicial foi a introdução do Sistema Braille em 1834, no Rio de Janeiro (RJ), por José Álvares de Azevedo, que havia estudado no Instituto Real dos Jovens Cegos dos 10 aos 16 anos.

Quando José Álvares de Azevedo retornou ao Brasil, divulgou em diversos jornais artigos que versavam sobre as possibilidades do ensino de crianças com deficiência visual, além de ensinar o próprio Sistema Braille para membros da corte. Ao se reunir com D. Pedro II e fazer demonstrações a ele sobre a leitura e escrita em Braille, que o deixaram impressionados, o mesmo determinou a instalação de uma escola para cegos no Rio de Janeiro (ABREU, *et. al.*, 2008).

Figura 3.3 – Fotos do Instituto Benjamin Constant, no Rio de Janeiro (RJ), inaugurado em 1854 com o nome Imperial Instituto dos Meninos Cegos.

Fonte: Galeria de imagens/IBC (<http://www.ibc.gov.br>)

Dessa forma, em 17 de setembro de 1854, foi fundado o Imperial Instituto dos Meninos Cegos, atualmente o Instituto Benjamin Constant (ver figura 3.3), sendo a primeira escola para cegos de toda a América Latina. A partir de 1857, após a instalação de uma tipografia, iniciou-se a produção de livros em Braille por esta instituição²⁹.

A seguir conheceremos um pouco mais sobre o sistema Braille, essa ferramenta tão importante para o acesso à leitura e escrita das pessoas com deficiência visual e as mais variadas tecnologias que foram surgindo por meio da difusão de pesquisas sobre a temática, para melhorar cada vez mais não somente o ensino das pessoas com deficiência visual, mas acima de tudo sua qualidade de vida e inclusão social.

²⁹ *Idem*

3.3 Do Braille ao computador: Tecnologias Assistivas associadas ao ensino de alunos com deficiência visual

3.3.1 O Sistema Braille

A mais primitiva e eficiente tecnologia assistiva é sem dúvida o sistema *Braille*, inventado pelo francês Louis Braille, em 1824, a partir do sistema de leitura no escuro, para uso militar, de Charles Barbier (USP, 2010).

Charles Barbier de La Serre era um capitão de artilharia do exército francês. Em 1819, com o objetivo de facilitar a transmissão de ordens aos seus soldados, mesmo à noite, desenvolveu um sistema de leitura à base de pontos em alto-relevo. Dessa forma qualquer mensagem transmitida poderia ser lida por meio do tato. Barbier então reconhece a importância de seu sistema para o uso por pessoas com deficiência visual, transformando-o em um sistema que ele chamou de “Grafia Sonora”. O nome vinha do fato de se tratar de um sistema fonético, em que a combinação dos pontos em alto-relevo formava fonemas. Dessa forma poderia formar palavras, mas não soletrá-las (ABREU, et. al., 2008).

Em 1821 Barbier apresentou seu sistema aos alunos do Instituto Real dos Jovens Cegos, no qual estudava Louis Braille. Embora o achassem complicado, todos os alunos se mostraram interessados pelo sistema de Barbier. Louis Braille aprendeu rapidamente o sistema e logo percebeu suas falhas, dedicando-se a criação de um sistema de pontos que realmente atendesse às expectativas de leitura e escrita por parte das pessoas com deficiência visual. Assim, em 1824, Braille apresenta um sistema de leitura tátil simples, podendo ser percebido apenas pela parte mais sensível do dedo indicador. Diferentemente do sistema fonético de Barbier, com o sistema de Braille era possível a representação de letras, números, acentuação, pontuação e símbolos básicos de aritmética. Seu sistema ficou conhecido como “Sistema Braille”, adotado em todo o mundo, sofrendo pequenas variações devido à evolução científica e tecnológica (ABREU, et. al., 2008).

3.3.2 Explorando a multissensorialidade

Com a inclusão de alunos com deficiência visual no ensino regular, em especial o Ensino de Ciências, houve a necessidade de se repensar a maneira de ensinar, de proporcionar aos alunos com deficiência visual o acesso não somente às informações textuais, como também gráficas (imagens, equações e gráficos), uma alternativa ao sistema Braille. Mostraremos a seguir alguns exemplos de pesquisas envolvendo o desenvolvimento de materiais didáticos adaptados, como propostas para o Ensino de Ciências.

Para Parry (1997), uma das maiores dificuldades encontradas pelos alunos com deficiência visual em ensino de ciências diz respeito à álgebra, por que as

equações em Braille são simplificadas para a leitura sequencial, principalmente equações fracionárias, caractere a caractere, dificultando o entendimento do todo e a retomada de alguma parcela da equação. Nesse sentido, Tato (2009) propôs um sistema de equacionamento tátil para facilitar a construção e manipulação de equações por parte dos alunos com deficiência visual. O sistema permitia a leitura e escrita concomitantemente. O material consistiu de uma placa metálica e objetos com símbolos em Braille colados a imãs, de forma a possibilitar autonomia ao usuário em não somente montar as equações, mas retomá-las, similarmente aos alunos videntes.

O estudo das disciplinas científicas requer dos alunos não somente o domínio algébrico, mas a interpretação de esquemas e gráficos. Parry (1997) então desenvolveu uma ferramenta interessante em que, com o auxílio de uma caneta pirográfica, era possível desenhar gráficos em baixo relevo em um papel especial à base de cera. Dessa forma, por meio do tato o aluno podia reconhecer formas e curvas. Uma limitação apontada pela autora foi com relação à impossibilidade de apagar um gráfico desenhado erroneamente. Parry propôs ainda o uso de uma haste flexível capaz de ‘tomar a forma’ de qualquer curva desejada pelo aluno, desde uma linha reta, parábola, círculo ou elipse, por exemplo. Além de permitir discussões a respeito de funções trigonométricas como seno e cosseno ou parâmetros como, velocidade e aceleração.

Tivemos também o modelo proposto por Windborn (1999), composto por uma placa de plástico e pinos, de forma que o professor podia ‘contornar’ figuras e gráficos com o auxílio dos pinos, para que o aluno pudesse sentir. No mesmo sentido, Roth et al. (2002) propuseram um mecanismo eletrônico que permitia ao usuário a ‘construção mental’ e posterior reprodução de gráficos por meio de três sistemas: um de interface auditiva, outro de interface tátil (com o auxílio do *mouse*) e um terceiro a partir da combinação dos dois primeiros. Os autores também estão adaptando esta ferramenta para uso *on-line*, em ensino à distância.

Outra preocupação quando se pensa em inclusão de um aluno com deficiência visual em sala de aula, principalmente em ensino de ciências, é com relação às práticas de laboratório. Dessa forma, Windelborn (1999) propôs duas ferramentas. A primeira consistia em uma régua com padrões de medida em alto relevo, permitindo ao aluno mensurar dimensões de objetos (com o auxílio de pinos para delimitar seus limites) e pequenas distâncias. A segunda, mais sofisticada, consistia num sistema chamado de “olho elétrico”, que emitia um som quando um objeto passava entre seus sensores, sugerido para experimentos como ‘pêndulo-simples’, ‘queda livre’, por exemplo, entre outros. Numa linha mais futurista, Jones et. al. (2006), criou um sistema de realidade virtual chamado PHANToM[®]. Este sistema, conectado a um computador, utilizava uma caneta especial que permitia a simulação do contato da ponta dos dedos em objetos virtuais. Porém percebe-se duas grandes desvantagens neste sistema: A primeira diz respeito ao alto custo de

sua implementação e manutenção, inviável se comparado à realidade da escola pública brasileira. A segunda consiste no fato de que um aluno com deficiência visual já está privado de um dos sentidos, assim, ao simularmos o tato por meio de um dispositivo eletrônico, neste caso uma ‘caneta’, o aluno ficaria privado de mais um sentido, não nos parecendo muito eficiente.

3.3.3 O uso do computador

De acordo com Campell (2001, apud SONZA; SANTAROSA, 2003), “desde a invenção do código Braille, nada teve tanto impacto nos programas de educação, reabilitação e emprego quanto o recente desenvolvimento da informática para os cegos”. De modo geral, o uso do computador no ensino teve início na década de 1980, quando o americano Seymour Papert criou a linguagem *Logo*, com a qual crianças a partir dos 6 anos de idade podiam programar e desenhar figuras geométricas (PAPERT, 1980 apud FILHOAIS; TRINDADE, 2003). Nos anos 1990 com a popularização da internet, após a criação da *World Wide Web*, o impacto da informática na educação foi enorme. Ainda na década de 1990 houve o aparecimento de processadores mais potentes, resultando em maior capacidade gráfica dos computadores. E com o preço dos computadores cada vez mais baixos, houve uma proliferação entre as escolas e a população em geral (FILHOAIS; TRINDADE, 2003).

O uso do computador por pessoas com deficiência visual só se tornou possível graças ao desenvolvimento de *softwares* de interface auditiva, que reconhecem todo texto exibido na tela do computador pelos mais diversos aplicativos, desde editores de texto, browsers, até ícones e links, e os transformam em voz, por meio do sistema OCR (*Optical Character Recognition*, ou Reconhecimento Óptico de Caracteres). Segundo Valente (1991 apud SONZA; SANTAROSA, 2003), o computador para alunos com deficiência visual configura-se como uma valiosa ferramenta de ensino e aprendizagem ao

propiciar aos sujeitos a oportunidade de desenvolverem atividades interessantes, desafiantes e que tenham propósitos educacionais e de diagnósticos. Estas atividades podem oferecer a eles a chance de adquirir conhecimento e sobrepujar suas deficiências visuais.

Dentre as ferramentas de interface auditiva, as mais utilizadas atualmente no Brasil são: Dosvox, Jaws, Virtual Vision, Orca e NVDA, brevemente descritas a seguir.

3.3.3.1 DOSVOX

Criado pelo Núcleo de Computação Eletrônica (NCE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) em 1993, consiste em um sistema operacional que se comunica com o usuário através de um sintetizador de voz, viabilizando seu

uso por deficientes visuais. Trata-se de um gerenciador de tarefas, permitindo ao usuário, editar e ler textos, imprimir (à tinta ou em Braille), possui ainda ampliador de tela para usuários de baixa visão, diversos jogos e permite o acesso à internet, além de poder operar programas que não foram criados para cegos, por meio de adaptações que permitem leituras sintéticas de telas e interações bidimensionais com o auxílio do *mouse*, como por exemplo programas em ambiente Windows®, com a versão WINVOX (SONZA; SANTAROSA, 2003; BORGES, 2010; DOMINGUES et.al, 2010; GRANDI; NORONHA, 2010).

Porém relatos na literatura apontam para algumas de suas limitações. Devido a maioria das páginas na internet apresentarem figuras, gráficos e frames, o seu acesso ainda é um pouco restrito (SONZA; SANTAROSA, 2003). Para Pinheiro e Bonadiman (2008), um dos maiores obstáculos ao uso dessa ferramenta para o acesso de deficientes visuais ao EaD (ensino à distância) é o encapsulamento de vídeos e imagens em *Applets Java* ou *Flash*. Segundo os autores, esses recursos embora válidos, não são universais e assim não podem garantir que a maioria dos leitores de tela, principalmente o DOSVOX, consiga apresentá-los. Segundo pesquisa feita por Wataya (2006), as dificuldades ao acesso a plataforma de ensino à distância do TelEduc, por meio do DOSVOX, foram com relação a abertura ou *download* de textos, que segundo os usuários só era possível aqueles com extensão *.txt*, e no acesso de certos *links*.

3.3.3.2 JAWS

É um programa desenvolvido pela empresa americana Henter-Joyce e adaptado ao ambiente Windows®, o que possibilita ao usuário o acesso a maioria dos aplicativos existentes, como Office, Internet Explorer, E-mail, Chat, Instant messaging, entre outros. Entre suas vantagens destacamos a flexibilidade em operar com sintetizador de voz próprio ou externo; ‘roda’ aplicativos MS-DOS®; suporta a linguagem *Flash*, utilizada no desenvolvimento de algumas páginas da Internet; melhorias na utilização do Internet Explorer, de *scripts Java* e dos programas *Word*, *Excel*, *Winamp* e *Acrobat Reader*, e compatibilidade com programas de leitura de DVD (SONZA; SANTAROSA, 2003; DOMINGUES et.al, 2010; GRANDI; NORONHA, 2010).

3.3.3.3 VIRTUAL VISION

Desenvolvido por uma empresa brasileira, localizada na cidade de Ribeirão Preto, interior de São Paulo, a MicroPower, foi lançado em janeiro de 1998. Também é totalmente adaptado ao ambiente Windows®, portanto compatível com aplicativos Office, programas para acesso a internet (Internet Explorer), programas de e-mail, programas de OCR (reconhecimento óptico de caracteres). Não requer sintetizador de voz externo. Por meio desse programa também é possível digitalizar um texto para posterior impressão em Braille, caso o scanner utilizado possua um

programa OCR. Ao acessar a internet, o mesmo permite a leitura de páginas, inclusive os *links* para outras páginas, exceto sites que possuem *frames* e tabelas, apresentando certas limitações (SONZA; SANTAROSA, 2003; DOMINGUES et.al, 2010; GRANDI; NORONHA, 2010).

3.3.3.4 ORCA

Trata-se de um sintetizador de voz constituinte do programa **linuxacessivel.org**, que é uma versão personalizada do sistema operacional de código aberto Ubuntu GNU/Linux (versão LTS), especificado para pessoas com deficiência visual (total, parcial ou surdocegueira). O mesmo contém todos os aplicativos necessários para uso – um navegador web, programas de apresentação, edição de texto, planilha eletrônica, comunicador instantâneo e muito mais. Sendo que todos estes aplicativos já estão ajustados para um melhor uso por meio do leitor de telas (Orca) e de linha Braille. pode ser instalado em um CD, pen-drive, cartão de memória, possuindo um sistema operacional que não precisa ser instalado no disco rígido do usuário, garantindo a portabilidade da acessibilidade (DOMINGUES et.al, 2010).

3.3.3.5 NVDA

O *Non Visual Desktop Access* (NVDA) foi criado por volta de 2006, pelo australiano Michael Curran, que na época cursava o segundo ano de bacharelado em Ciência da Computação. Por também ser deficiente visual e depender de softwares leitores de tela para o acesso ao computador, na época somente licenciados, era solidário aos demais usuários que se encontravam na mesma condição que ele. Na sua concepção, os softwares licenciados, apesar de terem um alto rendimento, traziam alguns problemas, como alto custo e licenças que não se adéquam às especificidades de cada usuário. Em virtude disso, Michael resolveu abandonar por completo a faculdade de Ciência da Computação e dedicar-se a um projeto capaz de solucionar esses e outros problemas de quem necessita trabalhar em sistemas Windows, que são dominantes entre os sistemas proprietários atuais. Foi quando criou o NVDA, um software livre que pode ser tanto instalado em um computador quanto em um disco portátil (ULIANA, 2008; DOMINGUES et.al, 2010).

Após mostrarmos um pouco da evolução das tecnologias assistivas, desde a invenção do Sistema Braille até o uso do computador, e sua importância para a inclusão de alunos com deficiência visual, a próxima seção abordará o caso especial do Ensino de Física.

3.4 O ensino de Física para alunos com deficiência visual

Do ponto de vista de Camargo (2008a, p. 154), a inclusão de alunos com deficiência visual em aulas de Física só se tornará possível se superarmos certos aspectos como *“relação entre conhecer fenômenos físicos e ver esses fenômenos”*. Segundo o autor, parece haver uma relação entre conhecer e ver, como se o conhecimento somente se estabelecesse através da representação visual. Ao superarmos tal relação e entendermos que a visão não pode ser utilizada como pré-requisito para o conhecimento de certos fenômenos físicos, implicará em alternativas ao ensino de Física, tornando-o acessível a todos os alunos. Outro aspecto diz respeito ao *“desconhecimento da pessoa com deficiência visual”*. Muitas pessoas, inclusive professores ainda não superaram a visão mística acerca do deficiente visual (VYGOTSKY, 1997). Faz-se necessário ao professor de Física conhecer as reais potencialidades e limitações de seus alunos deficientes visuais, pois dessa forma poderá propor metodologias e meios de ensino mais próximos desses alunos (CAMARGO, 2008a, p. 156).

Outro aspecto que pode oferecer barreira ao processo de inclusão refere-se *“a não superação de procedimentos tradicionais de ensino-aprendizagem”*. Segundo Camargo³⁰, de preferência deve-se predominar atividades “dialógicas/participativas” em relação às “diretivas/passivas”, permitindo maior participação dos alunos. Para isso devem-se criar canais adequados de comunicação entre os alunos e condições para obtenção de resposta. Ao contrário poderá causar no deficiente visual uma “condição de estrangeiro”, ou seja, quando a veiculação da comunicação se dá por meio de estrutura áudio-visual interdependente (CAMARGO, 2008b).

Cozendey (2011) e colaboradores realizaram um levantamento de artigos publicados com a temática “Ensino de Física para alunos com deficiência visual” no Brasil, entre o período de janeiro de 1999 a janeiro de 2011. O objetivo foi encontrar propostas ao processo de inclusão de alunos com deficiência visual. Os trabalhos foram classificados de acordo com a área da Física que abordavam: Astronomia, Eletricidade, Física Moderna, Mecânica, Ondulatória, Óptica, Termologia e Física de forma geral (Tabela 3.1).

³⁰ *Ibid.*, p. 158

Tabela 3.1 – Quantidade de artigos segundo os conteúdos de Física abrangidos (1999-2011)

Área da Física	Referências
Astronomia	5
Eletricidade	9
Física Moderna	1
Mecânica	9
Ondulatória	2
Óptica	6
Termologia	4
Física de forma geral	15

Fonte: Adaptado de Cozendey et. al. (2011)

Embora não represente o “estado da arte” da temática em questão, por se tratar de um estudo pontual envolvendo o levantamento somente por artigos e artigos nacionais, podemos perceber o quanto as discussões entorno da temática que envolve a educação voltada a alunos com deficiência visual em aulas de Física, no que se refere à preocupação com o desenvolvimento de práticas que facilitem cada vez mais o acesso dos mesmos aos mais variados tópicos de Ensino de Física, tem crescido.

Dos 51 trabalhos analisados por Cozendey et. al. (2011), 24 deles referem-se a atividades com materiais de interface tátil predominantemente, 2 a materiais de interface auditiva, 6 exploram a multisensorialidade e 19, de cunho teórico, tratam-se de trabalhos cujo enfoque está na discussão de barreiras ao processo de inclusão de alunos com deficiência visual em aulas de Física e/ou proposição de alternativas para o contorno de tais barreiras. Outro aspecto interessante da pesquisa é que somente em um trabalho, o de Tato (2009), percebe-se a preocupação com o entendimento da linguagem matemática presente na Física, o restante trabalha aspectos predominantemente conceituais.

Nossa investigação partiu da premissa de que tão importante quanto entender os conceitos físicos presentes nos mais diversos fenômenos ao nosso redor, é entender a linguagem matemática que os descrevem. Tanto os conceitos quanto a matemática por trás deles, tratam-se de modelos representativos da realidade observada, numa relação de complementaridade, de forma que uma Física puramente conceitual se tornaria superficial e uma Física puramente matemática, tornar-se-ia a própria Matemática. Em especial o ensino voltado aos alunos com deficiência visual, uma das maiores queixas, tanto por parte dos professores quanto dos alunos, tem sido a falta de material didático adaptado, no caso em Braille. Com o advento do computador pessoal (PC, *desktop*), e mais recentemente com os computadores portáteis (*laptops*, *notebooks*, *ultrabooks*) e concomitantemente o desenvolvimento da informática para as pessoas com deficiência visual, cujo acesso é garantido por meio de ferramentas de interface auditiva, uma alternativa tem sido a disponibilização de materiais em formato digital. Em outras palavras, o uso do computador facilitou a produção de textos, aulas,

listas de exercícios e muito mais, e sua disponibilização e compartilhamento em formato eletrônico, quer seja por meio de dispositivos físicos, como CDs, DVDs, *pen-drives*, cartões de memória, etc., quer seja por meio de ambientes virtuais.

O computador pode ser usado também na **aquisição de dados**, associado às aulas de laboratório, na criação de **modelos e simuladores**, bastante úteis na execução de experiências difíceis ou impossíveis de realizar na prática, devido a custo, risco ou tempo, por exemplo. Com o surgimento das **hipermídias**, os softwares educacionais ganharam mais interatividade, pois o aluno pode navegar pelos programas, através de seus *links*, não necessitando seguir um caminho linear. O desenvolvimento da **realidade virtual** possibilitou o estudo de situações tridimensionais complexas, situações de aprendizagem por tentativa e erro, permitindo a imersão, a interatividade e a manipulação. E a **internet** tornou-se a mais ativa biblioteca do mundo, além de permitir a exploração de todas as ferramentas já citadas acima (FILHOAIS; TRINDADE, 2003).

Porém, a escrita matemática convencional, por seu caráter simbólico, portanto predominantemente visual, pode oferecer barreiras aos softwares de interface auditiva no acesso a textos digitalizados de Física. Este fato tornou-se o foco de investigação de nossa pesquisa, na busca por alternativas para a transposição dessas barreiras.

Capítulo 4

Metodologia de pesquisa

4.1 A abordagem qualitativa associada à pesquisa em ensino

Para entendermos o universo que envolve a problemática do Ensino de Física voltado aos alunos com deficiência visual, a questão da acessibilidade e o processo de inclusão escolar, foi preciso um olhar mais de perto, buscando descrever e interpretar a realidade observada dentro do contexto ao qual estava inserida, ou seja, no campo escolar.

Neste sentido, o trabalho foi estruturado sob as bases da “Pesquisa Qualitativa” ou “Interpretativa”, cujas características podemos citar:

- O pesquisador observa os fatos sob a ótica de alguém interno à organização;
- A pesquisa busca uma profunda compreensão do contexto da situação;
- A pesquisa enfatiza o processo dos acontecimentos, isto é, a sequência dos fatos ao longo do tempo;
- O enfoque da pesquisa é mais desestruturado, não há hipóteses fortes no início da pesquisa. Isso confere à pesquisa bastante flexibilidade;
- A pesquisa geralmente emprega mais de uma fonte de dados. (TEIXEIRA, 2011, p. 137)

Dessa forma, partindo de uma questão central, a pesquisa vai sendo tecida, e à medida que o pesquisador vai se envolvendo com o objeto de estudo, novas questões vão surgindo, hipóteses vão sendo levantadas e generalizações vão sendo construídas. Para Bauer, Gaskell e Allum (2010, p. 23), ao diferenciarem a pesquisa qualitativa em relação à quantitativa, exemplificam que “a pesquisa qualitativa evita números, lida com interpretações das realidades sociais [...] e o protótipo mais conhecido é, provavelmente a entrevista em profundidade”.

Segundo Moreira (2011), quando direcionamos a abordagem qualitativa à pesquisa em ensino, em que a escola, a sala de aula, são vistas como ambientes dinâmicos nos quais as ações estão em constante mudança, significados são adquiridos e compartilhados e o contexto passa a ter um lugar de destaque. O autor conclui que:

A pesquisa interpretativa procura analisar criticamente cada significado em cada contexto. O pesquisador, nessa perspectiva, pergunta-se continuamente que significados têm as ações e os eventos de ensino, aprendizagem, avaliação e currículo para os indivíduos que deles participem. Indaga-se permanentemente sobre o que está acontecendo e como isso se compara com o que está acontecendo em outros contextos (MOREIRA, 2011, p. 49).

Nesse sentido, entendendo que a participação do pesquisador nessa perspectiva não é passiva, pelo contrário, segundo Moreira (op. cit.) ela é crítica, a definição da estratégia de pesquisa fundamentou-se em uma abordagem qualitativa com enfoque na “Pesquisa Participativa”. Pois se trata de “um modelo e de um meio de mudança efetiva para o qual os sujeitos implicados devem elaborar e trabalhar uma estratégia de mudança social” (CHIZZOTTI, 2011). O intuito foi envolver a escola em nosso projeto de pesquisa, nos moldes de uma “Pesquisa para a ação”³⁶, em que pesquisador, direção da escola e professores trabalharíamos na organização de uma ação coletiva, com vistas à solução do problema de pesquisa, que afeta diretamente o contexto escolar, no que se refere a melhoria no atendimento educacional especializado à alunos com deficiência visual, rumo a inclusão escolar.

4.1.1 Instrumentos de coleta de dados e forma de análise dos resultados

Devido ao caráter qualitativo da pesquisa, nos deparamos com as mais variadas fontes de dados, desde depoimentos, gravações e transcrições de áudio e vídeo, documentos, notas de campo, até conversas informais.

³⁶ *Ibid.*, p. 95

Para a primeira etapa do projeto, os dados se restringiram às transcrições de áudio das ferramentas de interface auditiva ao serem submetidas à leitura de textos que contemplavam a linguagem matemática presente na Física. Já para a segunda etapa, em que acompanhamos alunos com deficiência visual tanto em sala de aula quanto em atividades de apoio pedagógico, os dados compreenderam desde gravações de áudio e vídeo, com o auxílio de uma videocâmera e um gravador, anotações de campo e entrevistas, que segundo Gil (1999) trata-se de uma técnica eficiente para a obtenção de dados em profundidade.

Para interpretação dos dados, nos pautamos na Análise do Discurso, cuja ideia central, segundo Bauer, Gaskel e Allum (2010) se baseia na rejeição da noção de linguagem como um meio neutro de descrever o mundo e uma convicção do papel central do discurso na construção da vida social. Chizzoti (2011) complementa ao considerar o discurso como “a expressão de um sujeito no mundo” (p. 120), não se restringindo a uma mera estrutura ordenada de palavras ou a uma expressão verbal do mundo, portanto carrega traços de sua identidade e papel social. Buscamos nas concepções de linguagem em Bakhtin as bases para essa análise.

O eixo central do conceito de linguagem em Bakhtin (1997) é seu caráter dialógico e ideológico. Ele faz uma crítica à Linguística Geral, que trata o processo de comunicação verbal apenas como uma função acessória da língua, em que o papel do “outro” perde sua importância, considerando os interlocutores como sujeitos passivos do processo, meros ouvintes. Para Bakhtin, o processo da comunicação passa pela “compreensão” e posteriormente pela “resposta”, em que os interlocutores saem da condição de somente ouvintes e passam a ter uma atitude “responsiva ativa”. Nas palavras de Bakhtin (1997) “toda compreensão é prenhe de resposta e, de uma forma ou de outra, forçosamente a produz; o ouvinte torna-se locutor” (p. 290). Neste processo, a voz alterna-se entre o locutor e seus interlocutores. Bakhtin (1997) introduz então os conceitos de “compreensão responsiva ativa” (p. 290), em que os interlocutores buscam a compreensão do que foi falado e em seguida pronunciam sua resposta e o de “compreensão responsiva de efeito retardado” (p. 291), em que o sujeito após ouvir, permanece mudo por alguns instantes em seu processo de compreensão e somente então toma uma atitude responsiva.

Neste contexto, analisar um discurso, segundo Bakhtin (1997), requer considerar como “unidade real da comunicação verbal”, não a palavra, o signo, mas o “enunciado” (p. 293). Não importa o gênero do discurso, o enunciado possui características comuns e fronteiras bem definidas, marcadas pela alternância dos locutores. “Desde a breve réplica (monolexemática) até o romance ou o tratado científico – comporta um começo absoluto e um fim absoluto” (p. 294).

Os resultados oriundos desta etapa do projeto foram organizados em episódios, em que acompanhamos dois alunos com deficiência visual cursando o

Ensino Médio de uma escola pública, com o auxílio de um computador associado a um software leitor de tela, na resolução de problemas de Física utilizando a linguagem LaTeX. Os episódios ocorreram tanto em sala de aula quanto em ambientes de Atendimento Educacional Especializado, onde podíamos adotar um gênero de discurso mais informal, descontraído. Os episódios foram gravados e posteriormente transcritos na forma de diálogos.

Uma análise das relações estabelecidas entre os enunciados contidos nos diálogos, olhando para os níveis de compreensão responsiva ativa adotados pelos interlocutores, nos permitiu, dentro de nossa pesquisa, estudar a introdução da linguagem LaTeX no processo ativo de resolução de problemas de Física por alunos com deficiência visual. Neste sentido, foram estabelecidas as seguintes categorias de análise:

Categoria I – Acessibilidade da linguagem LaTeX. Buscamos analisar a relação entre o leitor de tela e a linguagem LaTeX;

Categoria II – Correspondência entre a Linguagem Matemática convencional (LMc) e a Linguagem LaTeX (LLa). Procuramos analisar o nível de compreensão dos alunos a respeito da Linguagem LaTeX, ao “transitar” pelos dois tipos de linguagem.

Categoria II.1 – Fala (LLa) → Escrita (LLa);

Categoria II.2 – Leitura (LLa) → Fala (LMc);

Categoria II.3 – Fala (LMc) → Fala (LLa);

Categoria II.4 – Fala (LMc) → Escrita (LLa).

4.2 Descrição das etapas da pesquisa

4.2.1 Etapa 1: Levantamento dos pontos de tensão de ferramentas de interface auditiva quando submetidas a leitura de textos de Ensino de Física

Para esta etapa do projeto foram testadas quatro ferramentas de interface auditiva, dentre as mais utilizadas pelas pessoas com deficiência visual no acesso ao computador. Duas delas são licenciadas, o JAWS 13.0 e o VIRTUAL VISION 7.0, e duas gratuitas, o ORCA, integrante do programa linuxacessível.org 2.0, e o NVDA2012. Para o JAWS 13.0, foi utilizada uma “versão para teste”, disponibilizada gratuitamente pelos desenvolvedores, que funcionava em seções de 40 min. Para o VIRTUAL VISION 7.0, nos foi concedido, por meio da empresa MicroPower, uma

licença temporária de 365 dias, para fins de pesquisa. Para facilitar a aplicação dos testes, todas as ferramentas foram instaladas em um mesmo computador, com exceção do linuxacessível.org 2.0 que, por ser acompanhado de um sistema operacional próprio, foi executado a partir de um *Live CD*.

Inicialmente, algo nos chamou a atenção nas ferramentas de interface auditiva. Ao submetermos as mesmas à leitura de um texto, percebemos que deixavam de ler certos caracteres, como parênteses, chaves, por exemplo. Analisando as ferramentas, descobrimos não se tratar de uma limitação, mas uma questão de configuração. No menu principal de cada ferramenta, na seção referente a configuração do padrão de leitura, deveríamos escolher a opção que as calibravam para ler “todos” os caracteres e não somente a “maioria”, como normalmente estavam configuradas, para garantir uma leitura dinâmica, sem muitas pausas. A figura 4.1 mostra um exemplo, para o caso do NVDA, de como podemos configurar um software de interface auditiva para uma leitura integral de todos os caracteres.

Figura 4.1 – Exemplo da configuração do NVDA para uma leitura integral de todos os caracteres presentes na linguagem LaTeX. Acessando o menu de configurações do NVDA (INSERT + N), vá em “preferências”, “configurações de voz” e em “níveis de pontuação” escolha a opção “tudo”.

Tal configuração se fez necessária, pois o que buscávamos com os testes era exatamente levantar os pontos, numa leitura, que poderiam oferecer barreira aos softwares leitores de tela. Dessa forma, configurações que omitissem certos caracteres não dariam à pesquisa uma dimensão exata dos reais limites dos softwares leitores de tela quando submetidos à leitura de um texto de Física.

Os testes não envolveram a participação de nenhum dos sujeitos de pesquisa, sendo realizados diretamente pelo doutorando. Essa escolha levou em consideração o fato de que para esta etapa da pesquisa, o foco da investigação estava mais concentrado no padrão de leitura de cada caractere ou elemento textual por parte das ferramentas de interface auditiva que na compreensão em si do que estava sendo lido por elas. Seria como, numa análise gramatical, priorizar a

morfologia à sintaxe. Essa análise mais profunda das relações estabelecidas entre o deficiente visual, o computador, as ferramentas de interface auditiva e a questão da linguagem como mediadora dessas relações, fizeram parte da etapa 2 do projeto.

Os testes foram divididos em teste 1 e teste 2. Para o teste 1, mais geral, foi utilizado um texto, sob o tema “dilatação térmica”, adaptado de Gaspar (2004) (ver apêndice A). Ao submeter cada ferramenta de interface auditiva à leitura do referido texto, foi feita a transcrição do padrão de leitura para cada elemento textual lido de forma distorcida, bem como o registro dos elementos não lidos.

O teste 2, mais específico, foi subdividido em: teste 2A – unidades de medida; teste 2B – ordens de grandeza e; teste 2C – símbolos matemáticos. Para os testes 2A e 2B, as ferramentas de interface auditiva foram submetidas à leitura de pequenas sentenças que contivessem os elementos textuais em questão, de forma contextualizada (ver apêndices B e C). Para o teste 2C o procedimento foi testar os símbolos matemáticos de forma isolada, englobando os mais diferentes tipos, como letras gregas, sinais representativos de operações matemáticas e por fim a leitura desses símbolos em expressões numéricas e algébricas (ver apêndice D). Da mesma forma que no teste 1, os padrões de leitura apresentados por cada software de interface auditiva foram transcritos para posterior análise.

Os dados oriundos destes testes foram organizados em tabelas para que pudéssemos fazer uma análise comparativa entre os padrões de leitura apresentados por cada ferramenta de interface auditiva e com base nessa análise propor alternativas para o contorno dos pontos de tensão levantados.

4.2.2 Etapa 2: Pesquisa de campo

4.2.2.1 A escolha das instituições e dos sujeitos da pesquisa

A principal característica ou critério, que buscávamos para a escolha do campo de pesquisa, era tratar-se de instituições que atendessem alunos com e sem deficiência visual. Em outras palavras, instituições públicas, regulares, que recebessem alunos com Necessidades Educacionais Especiais (NEE), sobretudo alunos com deficiência visual e cursando disciplinas de Física.

Nossa pesquisa de campo teve dois momentos diferentes. O primeiro iniciou-se por volta de fevereiro de 2012, ao fazermos contato com um Centro Apoio ao deficiente visual, que anualmente recebia alunos oriundos de escolas públicas para acompanhamento psicológico, pedagógico, além do oferecimento de oficinas, dentre outras atividades. Na ocasião o doutorando apresentou seu projeto de pesquisa e plano de trabalho à coordenadora pedagógica da instituição, com o propósito de firmar uma colaboração, que após reunir-se com os demais

professores o autorizou a acompanhar as oficinas de Português e Matemática, em busca de alunos que tivessem interesse em participar do projeto e se encaixassem dentro do perfil que buscávamos, ou seja, alunos regularmente matriculados em uma instituição pública e cursando disciplinas de Física (Ensino Médio ou Superior).

Ao acompanhar as oficinas, sobretudo a de matemática, pudemos conhecer, dentre outros alunos, Lisa (pseudônimo), uma adolescente que cursava o terceiro ano do ensino médio de uma escola pública estadual, a E. E. Galileu Galilei. Após o acompanhamento da adolescente em algumas oficinas, o doutorando visitou sua escola e se reuniu com a direção e coordenação pedagógica para a apresentação de seu projeto e plano de trabalho. Na ocasião foi apresentado ao professor de Física da turma de Lisa, que após ter aceitado colaborar com a pesquisa, assinou um “termo de livre consentimento” (ver apêndice E) que deixava claro as intenções da pesquisa, metodologias a serem empregadas e sigilo das informações, ficando acordado que o doutorando poderia acompanhar suas aulas e assim acompanhar a rotina da aluna Lisa em sala de aula. As observações tiveram início em agosto de 2012, mas em outubro, por motivos de doença na família, o doutorando precisou interromper o trabalho de campo, permanecendo nesta condição até o início de dezembro, quando do término das aulas na instituição em questão.

O segundo momento compreendeu o período de fevereiro a dezembro de 2013, não mais na mesma instituição do primeiro momento, devido ao fato de a aluna Lisa haver terminado o ensino médio em 2012 e ser a única aluna com deficiência visual matriculada por aquela instituição.

Neste sentido, o doutorando procurou novamente o Centro de Apoio, na busca por alunos com deficiência visual atendidos pela instituição e que estivessem matriculados em escolas regulares. A coordenadora pedagógica da referida instituição colocou o doutorando em contato com dois alunos: Gustavo, 1º ano do ensino médio, Luana, 2º ano do Ensino Médio, ambos matriculados no C. E. Isaac Newton. Os nomes, tanto dos alunos quanto da instituição, foram substituídos por pseudônimos para preservar suas identidades.

Ao visitar o C. E. Isaac Newton o doutorando foi recebido pela coordenadora de Atendimento Educacional Especializado (AEE). Na ocasião o mesmo falou um pouco sobre o projeto de pesquisa e apresentou a proposta a ser trabalhada na escola, juntamente com os alunos com deficiência visual. Em seguida reuniu-se com a professora de Física, a fim de lhe apresentar a proposta e estabelecer um cronograma de trabalho. Na ocasião, tanto a direção, coordenação de AEE e professora de Física foram convidados a assinar um “termo de livre consentimento” (ver apêndice E), em que esclarecia as intenções da pesquisa, sua metodologia, o compromisso de cada colaborador e o fato de a mesma não estabelecer qualquer tipo de vínculo entre o pesquisador e a instituição.

Ficou acordado que o doutorando acompanharia os alunos Gustavo e Luana durante o período letivo de 2013 tanto em sala de aula, especificamente em aulas de Física, quanto na forma de Atendimento Educacional Especializado uma vez por semana, os auxiliando na realização de atividades avaliativas, tais como: resolução de listas de exercícios, trabalhos de pesquisa, provas, de acordo com a demanda da disciplina de Física. As observações em sala de aula foram registradas em um diário de campo e os atendimentos foram gravados, com o auxílio de uma videocâmera e um gravador, para posterior transcrição do áudio para análise dos diálogos envolvidos.

Para que pudéssemos investigar a introdução da linguagem LaTeX na rotina de leitura e resolução de problemas de Física dos alunos Gustavo e Luana, primeiramente a escola fez a aquisição de dois *notebooks* e dois *pendrives*. Em cada notebook foi instalado o leitor de tela NVDA, por ser um software livre, gratuito e cujas características e desempenho, segundo levantamento de nossa pesquisa com outros softwares de interface auditiva, não perdem em nada para os softwares licenciados mais populares, como o JAWS e o Virtual Vision.

Os dados oriundos desta etapa foram constituídos de registros de áudio e vídeo, que foram posteriormente transcritos e organizados de forma a evidenciar os diálogos mais relevantes à pesquisa, além de anotações em diário de campo das observações em sala de aula.

Capítulo 5

Resultados e Discussões

5.1 Etapa 1: Levantamento dos pontos de tensão de ferramentas de interface auditiva submetidas à leitura de textos de Ensino de Física

A primeira etapa do trabalho consistiu no levantamento dos “pontos de tensão” observados nas leituras das ferramentas de interface auditiva quando submetidas a testes envolvendo a leitura de textos da área de ensino de Física. Chamamos de “pontos de tensão” cada elemento de um texto que pudesse ser uma barreira para a leitura das ferramentas utilizadas.

5.1.1 Teste 1 – Elementos textuais e gráficos

Primeiramente submetemos cada software à leitura de diferentes elementos textuais e gráficos presentes em um texto de Ensino de Física. Para tanto, o texto escolhido, sob o tema “dilatação térmica”, foi adaptado de Gaspar (2004) (ver Apêndice A). O desempenho de cada software pode ser acompanhado por meio da tabela 5.1.

Os resultados mostram que os pontos de tensão estão concentrados em elementos gráficos, como figuras, caixas de texto e na linguagem matemática (tabela 5.1). A partir desses resultados preliminares, iniciamos um estudo envolvendo a temática “acessibilidade e a linguagem matemática para deficientes visuais”. Para isso iniciamos a segunda série de testes, mais específicos, envolvendo a leitura de caracteres e expressões matemáticas presentes em textos voltados para o ensino de Física, a saber: Teste 2A – Unidades de medida

(Apêndice B); Teste 2B – Ordens de grandeza (Apêndice C) e; Teste 2C – Símbolos matemáticos (Apêndice D).

Tabela 5.1 – Desempenho apresentado por softwares de interface auditiva frente a diferentes elementos presentes em um texto de ensino de Física.

Elementos textuais/gráficos	JAWS	VV	ORCA	NVDA
I. Letras Gregas;	Distorcida	Parcial	Parcial	Parcial
II. Equações/ expressões geradas por editores de equações;	Não	Distorcida	Não	Não
III. Equações/ expressões geradas sem auxílio de editores de equações;	Distorcida	Parcial	Parcial	Parcial
IV. Unidades de medida (no caso °C);	Não	Não	Não	Não
V. Diferenciação de potência/ índice;	Não	Não	Não	Não
VI. Figuras;	Não	Não	Não	Não
VII. Tabelas;	Sim	Sim	Sim	Sim
VIII. Caixas de texto;	Não	Não	Não	Não
IX. Sinais representativos de operações matemáticas (+, -, /, =);	Sim*	Sim	Sim*	Sim*

Fonte: CARVALHO, J. C. Q.

* A leitura só foi possível de forma integral após a configuração dos softwares para leitura de todos os caracteres, já que sua configuração de fábrica só permitia uma leitura parcial dos caracteres.

Para cada teste foram elaboradas pequenas sentenças em que os principais elementos dentro de cada categoria fossem apresentados em contexto. Os dados serão apresentados em tabelas, evidenciando o elemento matemático e os padrões de leitura apresentados por cada *software* leitor de tela.

5.1.2 Teste 2A – Unidades de medida

Ao submeter os *softwares* a leitura de cada sentença, procuramos englobar as principais formas de veiculação de cada elemento matemático presente em um texto convencional. Assim, procuramos variar tanto a forma de escrita, como por exemplo, a presença ou não de espaço entre o algarismo e sua respectiva unidade de medida, como também variações quanto ao tipo, fundamentais (comprimento, massa, tempo, volume, etc.) ou conjugadas (comprimento/tempo, massa/volume, etc.).

Por julgarmos que o mais importante seria detectarmos o padrão como se lê e não o que se lê propriamente dito, optamos por priorizar a variedade de tipos de unidades, como apresentados anteriormente, ao invés de leituras exaustivas que demonstrem padrões recorrentes. Neste sentido a tabela 5.2 mostra os resultados obtidos com os testes envolvendo unidades fundamentais e conjugadas, sendo a última envolvendo também a adição de potências.

Percebemos, com a tabela 5.2, que em se tratando de unidades de medida fundamentais, somente o *software Virtual Vision 7.0* apresentou um padrão de

leitura que reconhecesse a unidade de medida em questão, enquanto os outros *softwares* realizaram uma leitura caractere a caractere (soletração). Já para o caso em que introduzimos unidades conjugadas aos testes, o padrão de leitura caractere a caractere foi um consenso entre os leitores de tela.

No caso das unidades de medida envolvendo potência, nos pareceu mais preocupantes. Os softwares não fazem distinção quando um número está sobrescrito (potência) ou subscrito (índice), ou quando o fazem é de forma sutil, por exemplo, alterando o tom de voz.

Tabela 5.2: Padrões de leitura apresentados pelos softwares leitores de tela frente ao teste envolvendo unidades de medida.

Unidades	JAWS 13.0	V.V.7.0	ORCA 2.0	NVDA.2012
1Kg	Um kg	Um kilograma	Um kg	Um kg
50 kg	Cinquenta kg	Cinquenta kilogramas	Cinquenta kg	Cinquenta kg
1,50m	Um vírgula cinquenta m	Um vírgula cinquenta metros	Um vírgula cinquenta m	Um vírgula cinquenta m
5min	Cinco min	Cinco minutos	Cinco min	Cinco min
120km/h	Cento e vinte km barra h	Cento e vinte km barra h	Cento e vinte km barra h	Cento e vinte km barra h
1500m ³ /s	Mil e quinhentos m três barra s	Mil e quinhentos m três barra s	Mil e quinhentos m três barra s	Mil e quinhentos m três barra s
7500K	Sete mil e quinhentos k	Sete mil e quinhentos k	Sete mil e quinhentos k	Sete mil e quinhentos k
5,1x10 ⁻⁵ °C ⁻¹	cinco vírgula um xis dez hífen cinco zero c hífen um	cinco vírgula um xis dez cinco zero c menos 1	cinco vírgula um xis dez cinco zero c um	cinco vírgula um xis dez cinco zero c um
4 °C	Quatro zero c	Quatro zero c	Quatro zero c	Quatro zero c

Fonte: CARVALHO, J. C. Q.

O teste a seguir complementa o Teste A, uma vez que a intenção também foi verificar o padrão de leitura dos softwares quando envolve uma potência, especificamente no caso das ordens de grandeza.

5.1.3 Teste 2B – Ordens de grandeza

Assim como no Teste A, priorizamos a diversidade de formas de veiculação do que a leitura exaustiva de sentenças envolvendo ordens de grandeza. A tabela 5.3 traz os padrões de leitura dos softwares leitores de tela frente às sentenças envolvendo ordens de grandeza.

Tabela 5.3: Padrões de leitura apresentados pelos softwares leitores de tela frente ao teste com as ordens de grandeza

Grandezas	JAWS 13.0	V.V.7.0	ORCA 2.0	NVDA.2012
4×10^{25} m	quatro camposymbol180 mil e vinte cinco m	quatro vezes mil e vinte e cinco m	quatro mil e vinte e cinco m	quatro mil e vinte e cinco m
5×10^{-3} m	cinco camposymbol180 um zero hífen três	cinco vezes um zero traço três m	cinco dez três m	cinco dez três m
5 mm	cinco mm	cinco milímetros	cinco mm	cinco mm
1×10^{-6} s	um camposymbol180 um zero hífen seis s	um vezes um zero traço seis s	um dez seis s	um dez seis s
1 μ s	um us	um mi s	um micro s	um micro s
3.3×10^{-24} s	3 ponto 3 camposymbol 180 um zero hífen dois quatro s	três ponto três vezes um zero traço dois quatro s	três três dez vinte e quatro s	três três dez vinte e quatro s
Gb	gb	Gb	gb	Gb
$9,11 \cdot 10^{-31}$ kg	nove vírgula onze asterisco dez circunflexo menos trinta e um kg	nove vírgula onze asterisco dez circunflexo menos trinta e um kilogramas	nove vírgula onze asterisco dez trinta e um kg	nove vírgula onze dez menos trinta e um kg

Fonte: CARVALHO, J. C. Q.

Percebe-se uma falha no reconhecimento do caractere correspondente a função de multiplicação. No teste A, ao representarmos uma ordem de grandeza, utilizamos a letra “x” (xis) para representar a função de multiplicação e vemos, na tabela 5.2, que os softwares leram exatamente a letra “xis”. Para o teste B, substituímos a letra “x” por um símbolo. O resultado pode ser visto na tabela 5.3. O software Jaws 13.0 fez a leitura de forma distorcida, em forma de código (“camposymbol 180”), os softwares Orca 2.0 e NVDA 2012 não o leram e somente o software VV7 leu o caractere como função de multiplicação.

Outro caso que nos chamou a atenção, devido ao fato de também levar o aluno com deficiência visual a uma má interpretação do significado da grandeza, foi diante de uma potência de base dez com expoente positivo. Além de os softwares não distinguirem o expoente como um número sobrescrito, leram a base da potência juntamente com o expoente como se fosse um único número, ou seja, “mil e vinte e cinco” ao invés de “dez elevado a vinte cinco”.

A última linha da tabela 5.3 mostra uma variação na linguagem matemática convencional, comumente presente em linguagens de programação, baseada somente em caracteres de padrão QWERTY, ou seja, caracteres presentes nos teclados (físicos ou virtuais) tanto de computadores quanto de dispositivos móveis

como *smartphones* ou *tablets*. O intuito foi testar a acessibilidade dos leitores de tela com uma nova forma de se escrever expressões matemáticas. O resultado foi surpreendente, pois os leitores Jaws 13.0 e VV7 leram integralmente cada caractere. Posteriormente, após alterações na configuração de leitura do Orca 2.0 e do NVDA 2012, também foi possível fazê-los ler integralmente cada caractere. Nessa nova linguagem, a função multiplicação foi substituída pelo “asterisco” e a indicação de potência foi representada pelo “acento circunflexo”.

Os testes com os leitores de tela nos fizeram pensar que o problema central da acessibilidade a conteúdos matemáticos presentes em textos de Ensino de Física, não estava nos softwares de interface auditiva, mas sim na própria linguagem matemática. Foi então que intensificamos os testes com relação a acessibilidade dos leitores de tela frente a outros símbolos matemáticos utilizados nessa nova perspectiva, originando o Teste C.

5.1.4 Teste 2C – Símbolos matemáticos

Com o Teste C pudemos analisar o desempenho dos leitores de tela frente aos mais variados símbolos matemáticos, desde letras gregas até símbolos representativos de operações matemáticas, baseados no padrão QWERTY.

Com relação às letras gregas, os softwares só leram a letra “alfa”. Para as demais letras, o Jaws 13.0 e o VV7 leram de forma distorcida, enquanto o Orca 2.0 e o NVDA 2012 não conseguiram ler. Partindo do pressuposto de que a maioria das constantes físicas e grandezas são escritas com letras gregas, um texto que privilegie tal simbologia tornar-se-á inacessível aos alunos com deficiência visual.

A tabela 5.4 traz os padrões de leitura dos softwares leitores de tela para os principais caracteres QWERTY representativos de operações matemáticas.

Tabela 5.4: Padrões de leitura apresentados pelos softwares leitores de tela frente ao teste com os símbolos matemáticos

	JAWS 13.0	VV 7.0	ORCA 2.0	NVDA 2012
+	mais	Mais	mais	Mais
-	Hífen	Traço	hífen	Hífen
/	Barra	Barra	barra	Barra
*	Asterisco	Asterisco	asterisco	Asterisco
=	Igual	Igual	igual	Igual
^	Circunflexo	Circunflexo	Acento circunflexo	Circunflexo
>	Maior	Maior que	Maior que	maior
<	Menor	Menor que	Menor que	Menor
%	Por cento	Por cento	Por cento	Por cento
\$	Cifrão	Cifrão	Cifrão	Cifrão
&	And	E comercial	E comercial	E comercial
#	Cardinal	Cerca	número	Cardinal
_	Sublinhado	Sublinhado	sublinhado	Sublinhado
{	Abre chavetas	Abre chave	Abre chave	Abre chaves
}	Fecha chavetas	Fecha chave	Fecha chave	Fecha chaves

[	Abre colchetes	Abre colchete	Abre colchete	Abre colchetes
]	Fecha colchetes	Fecha colchete	Fecha colchete	Fecha colchetes
(	Abre parêntesis	Abre parêntesis	Abre parêntesis	Abre parêntesis
)	Fecha parêntesis	Fecha parêntesis	Fecha parêntesis	Fecha parêntesis

Fonte: CARVALHO, J. C. Q.

O resultado nos surpreendeu novamente, pois com exceção de algumas variações na pronúncia, os quatro softwares em questão leram todos os símbolos propostos. Precisávamos então analisar se o padrão de leitura dos softwares para os símbolos matemáticos era alterado ao submetermos os mesmos à leitura de expressões matemáticas, portanto envolvendo a conjugação de números e símbolos (tabela 5.5).

Vemos com a tabela 5.5 que os softwares não tiveram barreiras ao lerem as expressões matemáticas, nos deixando bastante otimistas. Com isso, mais que adequar os softwares à leitura de elementos matemáticos complexos, os rumos do trabalho apontavam para a necessidade de rompermos com os modos de representação convencionais de expressões matemáticas, transformando a escrita matemática menos gráfica e mais textual.

Tabela 5.5: Padrões de leitura apresentados pelos softwares leitores de tela frente ao teste com expressões matemáticas

	JAWS 13.0	VV 7.0	ORCA 2.0	NVDA 2012
2 + 3	Dois mais três	Dois mais três	Dois mais três	Dois mais três
15 - 10	Quinze hífen dez	Quinze menos dez	Quinze hífen dez	Quinze hífen dez
5/2	Cinco barra dois	Cinco barra dois	Cinco barra dois	Cinco barra dois
5*10^2	Cinco asterisco dez circunflexo dois	Cinco asterisco dez circunflexo dois	Cinco asterisco dez acento circunflexo dois	Cinco asterisco dez circunflexo dois
X = 4	Xis igual quatro	Xis igual quatro	Xis igual quatro	Xis igual quatro
3^2	Três circunflexo dois	Três circunflexo dois	Três acento circunflexo dois	Três circunflexo dois
10 > 4	Dez maior quatro	Dez maior que quatro	Dez maior que quatro	Dez maior quatro
3 < 5	Três menor cinco	Três menor que cinco	Três menor que cinco	Três menor cinco
50 %	Cinquenta por cento	Cinquenta por cento	Cinquenta por cento	Cinquenta por cento
R\$ 2,00	R cifrão dois vírgula zero zero	R cifrão dois vírgula zero zero	Real dois vírgula zero zero	Real dois vírgula zero zero
T _f	T sublinhado f	T sublinhado f	T sublinhado f	T sublinhado f
{3}	Abre chavetas três fecha chavetas	Abre chave três fecha chave	Abre chaves três fecha chaves	Abre chave três fecha chave
[2x]	Abre colchetes dois xis fecha colchetes	Abre colchete dois vezes fecha colchete	Abre colchete dois xis fecha colchete	Abre colchetes dois xis fecha colchetes
(3x - 1)	Abre parêntesis três xis hífen um fecha parênteses	Abre parentêsis Três xis menos um fecha parênteses	Abre parêntesis três xis hífen um fecha parênteses	Abre parentêsis três xis hífen um fecha parênteses

Fonte: CARVALHO, J. C. Q.

O objetivo de nosso trabalho foi chamar a atenção para uma linguagem de programação bastante difundida no meio acadêmico, principalmente na Física e Matemática, a Linguagem LaTeX, na diminuição de barreiras no uso do computador por alunos com deficiência visual em aulas de Física. Diferentemente de outras linguagens de programação, como JAVA ou MathML, por exemplo, a linguagem

LaTeX possui uma sintaxe mais intuitiva e própria para a escrita de textos que envolvam expressões matemáticas.

Como descrito no capítulo 1, o *LaTeX* trata-se de uma linguagem de marcação de texto, uma sintaxe na qual você escreve já com as indicações da formatação final dos textos. Seu processamento é feito em duas etapas distintas: 1. O texto a ser impresso e os comandos de formatação são escritos em um arquivo fonte com o uso de um *software* editor de textos; 2. Em seguida o arquivo fonte é submetido a um *software* formatador de textos, neste caso o *LaTeX*, que gera um arquivo de saída, que pode ser impresso ou visualizado na tela (SANTOS, 2011).

O que nos chamou a atenção foi a forma como as expressões matemáticas, equações e fórmulas são escritas em LaTeX, ou seja, uma expressão complexa

como $\int_0^a e^{-x^2} dx$ é escrita em um arquivo fonte por meio do seguinte comando: `\int_{0}^a e^{-x^2}dx`. Veja que o comando foi escrito de forma linear e utilizando apenas caracteres QWERTY, sem a necessidade de qualquer editor de fórmulas, o que, além de ser simples, o torna acessível a qualquer software leitor de tela.

Assim, a próxima etapa foi testar essa nova abordagem em sala de aula. Para isso, primeiramente preparamos um tutorial (ver apêndice F) com os principais comandos do LaTeX que estão relacionados às expressões matemáticas mais usadas no ensino de Física do Ensino Médio. A ideia foi apresentar esta nova abordagem aos alunos com deficiência visual. Neste sentido, oferecemos uma oficina aos alunos com deficiência visual, com o intuito de ensinarmos a eles como trabalhar dentro da nova perspectiva. Após a realização da oficina, iniciamos um trabalho de acompanhamento do processo de apropriação da nova linguagem por parte dos alunos, por meio de observações dos alunos *in loco* e apoio pedagógico.

A seção 5.2 traz os principais resultados referentes à pesquisa de campo que buscou acompanhar o processo de apropriação dessa nova linguagem, por parte dos alunos com deficiência visual, e como a rotina de sala de aula “lidaria” com essa nova dinâmica.

5.2 Etapa 2: Pesquisa de Campo – Introdução da linguagem LaTeX no contexto do Ensino de Física para alunos com deficiência visual

5.2.1 Primeiro Momento

Teve início em fevereiro de 2012 quando o doutorando se apresentou à coordenadora pedagógica de um Centro de Apoio a pessoa com deficiência visual, que anualmente recebe alunos oriundos do ensino regular para acompanhamento pedagógico, oficinas de português, matemática, computação, além de cursos de

orientação à mobilidade, atendimento psicológico, dentre outros. Após este contato inicial, em que o doutorando apresentou seu problema de pesquisa, foi autorizado a acompanhar as oficinas de matemática da professora Elaine (pseudônimo), como uma forma de se aproximar dos alunos, conhecê-los, na busca por alunos que pudessem contribuir com a pesquisa.

Ao observar os alunos em suas atividades, conversar com eles, o doutorando primeiramente traçou um perfil resumido da turma, composta por 7 alunos, com relação ao nível de deficiência visual e ferramentas que dominavam, conforme podemos acompanhar em sua nota de campo 5.1, de 24 de fevereiro de 2012. Os nomes verdadeiros dos alunos foram omitidos, preservando sua identidade, sendo substituídos por pseudônimos.

Nota de campo 5.1 – 24 de fevereiro, de 2012

José	Tem um pequeno resíduo de visão, entorno de 10%, ainda não sabe o Braille, utiliza “canetão”*. Fez curso de computação.
Vânia	Tem baixa visão, utiliza óculos e consegue fazer anotações no caderno.
Osvaldo	Tem baixa visão, utiliza o “canetão”* para fazer anotações no caderno e lupa para usar acessórios como o relógio ou o celular, por exemplo.
Jesiel	Tem baixa visão, utiliza caderno com pauta reforçada e mais espaçada. Está cursando Direito.
Lisa	Cega, utiliza bem a máquina Braille e o computador. Está cursando o 3º ano do Ensino Médio.
Patrícia	Possui baixa visão, faz uso do computador, mas declarou não ter muita habilidade com este equipamento. Está cursando o 3º ano do Ensino Médio.
Jennifer	Cega, utiliza bem a máquina Braille e o computador. Recentemente foi aprovada para o curso de Licenciatura em Matemática.

(*) O termo “canetão” é utilizado pela professora Elaine para se referir as canetas hidrográficas, geralmente nas cores preta, azul ou vermelha, utilizadas por alguns alunos com baixa visão para escreverem de forma mais legível.

O perfil que buscávamos era o de um(a) aluno(a), cego(a), que estivesse regularmente matriculado em uma instituição pública e cursando disciplinas de Física, quer seja Ensino Médio ou Superior. Nesse caso a aluna Lisa, estudante do 3º ano do Ensino Médio da E.E. Galileu Galilei, se encaixava dentro deste perfil. A mesma fazia uso do computador para suas atividades e conhecia o *software* “JAWS”. O doutorando decide então se apresentar a escola de Lisa.

Ao se apresentar a direção da escola e a coordenadora de Atendimento Educacional Especializado (AEE), o doutorando pode conhecer o prof. Aurélio

(pseudônimo), professor de Física da turma de Lisa. Na ocasião, prof. Aurélio começou falando de suas angústias como professor (nota de campo 5.2).

Nota de campo 5.2 – 20 de agosto, de 2012

- a. O número de alunos da turma, cerca de 40, não condiz com uma turma que recebe uma aluna com deficiência visual;
 - b. A maioria dos alunos não se interessa por aulas diferenciadas;
 - c. Ele tem muita boa vontade em ajudar a aluna Lisa, mas esbarra em questões como: tempo de preparação dos materiais e o fato de ela ser aluna, pois segundo ele “qualquer tempo a mais que eu fico com ela, os outros podem falar... o prof. Aurélio tá tendo um caso com a Lisa...”;
 - d. Queixou-se que o MEC deveria exigir para os editores disponibilizarem os livros didáticos em Braille, o que já iria ajudar muito;
 - e. A impressora Braille da escola está quebrada;
 - f. A turma de Lisa não é homogênea, ou seja, entraram alunos novos, o que prejudica o andamento de qualquer trabalho;
-

As angústias do prof. Aurélio podem estar relacionadas ao fato de ele estar trabalhando com a turma de Lisa desde o 9º ano e não perceber avanços significativos no que se refere ao atendimento às suas necessidades. A Escola possui um computador associado a um leitor de tela que fica na sala de AEE, mas que é pouco explorado. A aluna Lisa utilizava com mais frequência a máquina Braille, mas por causa de seu alto custo de manutenção, quando era necessário consertá-la a aluna ficava sem a mesma por tempo indeterminado. Segundo relato do próprio prof. Aurélio, a escola também possuía uma impressora Braille, mas que se encontrava “quebrada”.

O doutorando então expõe suas intenções com a pesquisa, a metodologia a ser empregada, a questão do sigilo das informações, e o prof. Aurélio, após ter aceitado colaborar com a pesquisa, assinou o termo de livre consentimento (apêndice E), permitindo que o doutorando acompanhasse suas aulas e consequentemente a rotina de Lisa em sala de aula.

As observações em sala de aula foram feitas de agosto a outubro de 2012, sendo interrompidas por motivo de saúde na família do doutorando. Neste caso, não foi possível introduzir a linguagem LaTeX na rotina de leitura e resolução de problemas da aluna Lisa, concentrando nossa análise nos “saberes docentes” que favoreceram ou dificultaram o processo de inclusão escolar nas aulas de Física, com base em Camargo (2012).

Para o período analisado, o tema das aulas foi Eletromagnetismo. A nota de campo 5.3 mostra um momento em que o prof. Aurélio se dirigiu diretamente a aluna para esclarecer suas dúvidas com relação a um exercício que estava resolvendo na lousa.

Nota de campo 5.3 – 27 de agosto, de 2012

7:23	Lisa perguntou ao prof. Aurélio o que significa “coplanar” e “concêntrico”. [Lisa] – Espero que não precise disso para passar no vestibular.
7:28	No exercício os alunos tinham que determinar se o campo estava “saindo” ou “entrando” para resolvê-lo. A aluna Lisa teve que perguntar para uma colega ao lado o que significava. Prof. Aurélio então perguntou diretamente para ela. A colega afirma que Lisa não estava entendendo. Prof. Aurélio foi até a carteira de Lisa e mostrou em sua mão como fazer para determinar se o campo, em relação ao plano do papel, estava “entrando” ou “saindo”.

Embora o fenômeno Campo Magnético seja invisível, portanto um conceito visual independente, sua representação baseada no modelo de “linhas de campo” passa a ter uma vinculação visual. Para o caso registrado na nota de campo 5.3, em que para determinar se o campo estava “entrando” ou “saindo”, em relação ao plano do papel ou da lousa, o professor ensina a aluna Lisa a “regra da mão direita”, percebemos dois saberes envolvidos. O primeiro deles diz respeito ao “saber que significados vinculados às representações visuais sempre poderão ser registrados e vinculados a outro tipo de percepção” (CAMARGO, 2012, p. 250). Esta regra foi ensinada pelo prof. Aurélio a todos os alunos da sala, revelando outro saber, o “saber realizar atividades comuns aos alunos com e sem deficiência visual (CAMARGO, 2012, p. 261).

Devido ao próprio estilo de suas aulas, de modo geral o prof. Aurélio demonstrou ausência do “saber construir de forma sobreposta registros táteis e visuais de comportamento/ fenômenos físicos de significados vinculados às representações visuais” (CAMARGO, 2012, p. 259). No item “c” da nota de campo 5.2, o prof. Aurélio demonstra interesse em ajudar Lisa, mas segundo ele, falta tempo para preparar os materiais. No entanto em suas exposições tomava sempre o cuidado de falar enquanto escrevia ou resolvia um problema, para que Lisa pudesse acompanhar suas explicações, como mostra a nota de campo 5.4.

Nota de campo 5.4 – 03 de setembro, de 2012

10:56 Ao colocar alguns exemplos na lousa, Lisa tentava reproduzir em sua carteira a “regra da mão direita”. Como o prof. Aurélio soletra a resolução do exemplo, Lisa participa normalmente. Prof. Aurélio lança um desafio, que foi o caso em que você tem dois fios paralelos e o ponto “p” esteja entre eles. Lisa falou:
 [Lisa] – Você calcula separadamente e depois você soma...
 [prof. Aurélio] – Aí é que está o meu medo.
 [Lisa] – Tem que ver se o campo está entrando ou saindo.
 [prof. Aurélio] – ah! Agora você tocou no ponto.

Essa característica percebida nas aulas do prof. Aurélio revelam outros dois saberes: “saber trabalhar com linguagem matemática” e “saber explorar as potencialidades comunicacionais das linguagens constituídas de estruturas empíricas de acesso visualmente independente”, no caso a estrutura “fundamental auditiva e auditiva e visual independentes” (CAMARGO, 2012, p. 260 e 261). Assim percebe-se que incluir um aluno com deficiência visual em sala de aula vai muito além de disponibilizar instrumentos, envolve um conjunto de saberes que tanto professores quanto todo o corpo escolar, incluindo os alunos, deve possuir para acolher esse aluno como parte da comunidade escolar.

5.2.2 Segundo Momento

Iniciou-se em fevereiro de 2013, com o retorno do doutorando ao Centro de Apoio. A coordenadora pedagógica sugeriu a visita ao C. E. Isaac Newton, onde tinha dois alunos com deficiência visual matriculados, Gustavo, cursando o 1º ano do E. M. e Luana, do 2º ano do E. M.. O nome das instituições, bem como dos professores e alunos foram substituídos por pseudônimos, preservando sua identidade.

Nas próximas seções descreveremos a pesquisa de campo realizada, no que se refere a investigação da introdução da linguagem LaTeX na rotina de leitura e resolução de problemas de Física.

5.2.2.1 A entrada em campo

No dia 18 de fevereiro de 2013, o doutorando dirigiu-se ao C.E. Isaac Newton. Na ocasião foi recebido pela coordenadora de AEE, que estava conversando com outra professora. Elas estavam exatamente conversando a cerca

do aluno Gustavo, a quem procurava. Ouviu a professora dizer: “Como vou trabalhar com o Gustavo! Não sei o que fazer... ele precisa talvez de materiais concretos, para ele pegar. Eu não sei o que fazer”.

Ao apresentar o projeto, explicar que tipo de investigação gostaria de fazer na Escola, a coordenadora de AEE achou bastante interessante e demonstrou entusiasmo em poder contribuir com a pesquisa. Ao perguntar sobre os alunos Gustavo e Luana, a coordenadora falou com bastante carinho “Luana tem um talento com a música. Ela toca teclado e canta. O Gustavo está aprendendo a tocar piano e tem muita facilidade em aprender”. Disse também ao doutorando que ambos têm boa concentração e são rápidos para assimilar conceitos.

Em seguida a coordenadora apresentou o doutorando a profa. de Física, que após ouvi-lo resumir seu projeto de pesquisa, falou:

“Eu estava mesmo pensando em como trabalhar com o Gustavo e a Luana. Quando estou explicando o conteúdo, tudo bem, eles prestam atenção, entendem. Mas como fazer com os cálculos? Pensei até comigo: devo ou não ensinar cálculos pra eles? Não sei”.

A coordenadora leva então o doutorando para conhecer o aluno Gustavo, que após conversarem um pouco sobre a pesquisa e como poderia ajudá-lo, o questiona:

[pesquisador]	Gustavo, você tem acesso ao computador, conhece algum leitor de tela?
[Gustavo]	Tenho, mas só lá no Centro de Apoio. Uso o Jaws.
[pesquisador]	O que procuro é melhorar a acessibilidade dos textos de Ensino de Física. Quando escrevemos uma equação no Word®, os leitores de tela não leem. Um exemplo do que faremos é: digamos que queremos escrever a expressão $\frac{x+1}{2}$. Com a nova linguagem ficará assim: $\frac{x+1}{2}$.
[Gustavo]	Parece fácil.
[pesquisador]	Que bom. Essa linguagem é muito próxima da lógica de escrita Braille.

Ao reunir-se novamente com a coordenadora de AEE e a profa. de Física e após as mesmas assinarem o termo de livre consentimento (ver apêndice E), ficou acordado que a atuação do doutorando na Escola, para fins de pesquisa, compreenderia o acompanhamento dos alunos Gustavo e Luana em aulas de Física e na forma de apoio ao AEE, em atividades extraclasse.

5.2.2.2 Oficina de LaTeX – O primeiro contato dos alunos com a linguagem

Primeiramente elaboramos um tutorial intitulado “Escrita matemática para alunos com deficiência visual, adaptada a partir da linguagem LaTeX” (ver apêndice F). O tutorial traz inicialmente a estrutura da sintaxe do LaTeX, seguida da descrição de alguns de seus principais ambientes matemáticos, de acordo com o contexto ao qual serão inseridos, as principais fórmulas matemáticas, o significado de cada símbolo especial, enfim, os principais códigos para que os alunos pudessem trabalhar dentro dessa nova abordagem. A função desse tutorial também foi de servir como um material de consulta para os alunos sempre que tivessem alguma dúvida ou quisessem se aperfeiçoar na escrita LaTeX, além de um manual de instruções para os educadores que quisessem trabalhar com essa abordagem com seus alunos.

A fim de introduzirmos a linguagem de forma gradual, elaboramos para a oficina um material exclusivo, uma espécie de guia rápido (ver apêndice G), contendo um resumo com os principais códigos que os alunos precisavam saber para resolverem problemas dentro dessa nova abordagem. Nosso intuito foi primeiramente trabalhar com códigos essenciais, como operações básicas e sinais representativos de funções e letras gregas e somente numa segunda fase, introduzirmos o conceito de ambiente matemático e toda a estrutura sintática do LaTeX. A oficina teve duração de 2 horas e foi realizada separadamente com cada aluno.

Com o auxílio de um computador associado a um leitor de tela, neste caso o NVDA, primeiramente foi feita uma leitura passo a passo do guia, com pausas para explicações adicionais ou esclarecimento de qualquer dúvida por parte dos alunos. Em seguida o doutorando preparou uma atividade que consistia na resolução de um problema de Física utilizando a linguagem LaTeX. O objetivo dessa atividade foi o de familiarizar os alunos com as operações matemáticas segundo a abordagem da linguagem LaTeX.

A partir desse primeiro contato dos alunos com a linguagem LaTeX, iniciamos o acompanhamento desses alunos em algumas aulas e nos encontros semanais, na forma de AEE, em que aproveitamos a própria demanda da disciplina de Física para introduzirmos a linguagem LaTeX na rotina de leitura e resolução de problemas de Física por parte dos alunos. Os elementos aprendidos durante a oficina foram progressivamente sendo incorporados ao processo de resolução de problemas.

5.2.2.3 As observações em sala de aula

O intuito foi observarmos a dinâmica das aulas de Física e como a linguagem LaTeX poderia contribuir com o processo de inclusão dos alunos com deficiência visual em sala de aula. As observações abrangeram: A postura da professora ao lidar com alunos com e sem deficiência visual; relação entre os alunos com deficiência visual e os demais alunos da turma e; Dinâmica das atividades avaliativas em sala de aula.

O planejamento da professora para ambas as turmas (do Gustavo e da Luana) foi baseado no livro didático adotado pela escola, levando-se em consideração uma carga de três aulas semanais, que foram distribuídas em dias diferentes, com 50 min cada, em ambas as turmas. Dessas o doutorando observou em média uma aula por semana em cada uma das turmas. Devido a sua inexperiência demonstrada pela professora em lidar com uma turma que contemplasse alunos com deficiência visual, alguns saberes docentes necessários à inclusão desses alunos, de acordo com Camargo (2012), se mostraram ausentes, como o “saber construir de forma sobreposta registros táteis e visuais de comportamento/ fenômenos físicos de significados vinculados às representações visuais”, de acordo com Camargo (2012, p. 259), porém pudemos perceber outros em termos de saberes latentes, por sua vontade em contribuir, mas não saber muitas vezes como. Em suas exposições procurava sempre envolver tanto o Gustavo quanto a Luana, porém obtinha mais retorno da aluna Luana, pelo fato de o Gustavo ser mais introspectivo. Ao explicar conceitos ou resolver algum problema na lousa, primeiramente fazia a leitura do enunciado e depois começava a resolver, falando enquanto escrevia. Neste caso podemos destacar dois saberes, “saber trabalhar com linguagem matemática” e “saber explorar as potencialidades comunicacionais das linguagens constituídas de estruturas empíricas de acesso visualmente independente”, no caso a estrutura “fundamental auditiva e auditiva e visual independentes” (CAMARGO, 2012, p. 260 e 261).

Ao observar o comportamento dos alunos em sala de aula, o doutorando pode perceber que o aluno Gustavo se sentava geralmente no canto da sala, em uma carteira que ficava em frente a mesa da professora e ali permanecia até o término do turno, não se levantando nem mesmo no período do intervalo, para ir ao banheiro ou beber água, por exemplo. Só participava das aulas quando a professora fazia alguma pergunta diretamente para ele e mesmo assim suas respostas na maioria das vezes eram monossilábicas, “sim”, “não”, “talvez” ou expressões do tipo “mais ou menos”, nem ao menos respondia a chamada. Isso dificultava inclusive a aproximação dos demais alunos, não por observarmos qualquer tipo de preconceito, mas pelo fato de o aluno Gustavo não dar muita abertura, se soltando somente com

o doutorando, durante os atendimentos. Certa vez, quando observava a aluna Luana em sala de aula, pude ouvir uma amiga dela comentar sobre o Gustavo:

Luana vamos conversar com o Gustavo amanhã ou quando ele vier? Me lembra de perguntar para ele – E aí Gustavo como foi seu dia ontem? - Porque se você perguntar como ele está hoje, ele responde – Talvez – sempre responde a mesma coisa – talvez [...] Esses dias ele respondeu sem eu ter perguntado nada... é, ele me surpreendeu.

[Transcrição da fala de uma amiga de Luana, durante observação de 07 de outubro de 2013]

Ao contrário do aluno Gustavo, a aluna Luana era bastante comunicativa, se relacionava bem com os alunos de sua turma e em especial tinha uma amiga em sala que estava sempre ao seu lado e fazia as atividades com ela. Segundo a aluna Luana, ao ser questionada sobre como tinha sido seu ensino fundamental e como estava sendo seu ensino médio e o convívio com a deficiência visual, “o mais importante tem sido as amizades que fiz”, pois eram eles que davam apoio e minimizavam sua falta de visão. Durante as explicações da professora, era bastante atenta e participava espontaneamente, como podemos acompanhar no trecho a seguir:

Nota de campo 5.5 – 07 de outubro, de 2013 [Turma de Luana]

10:25	- A professora começa a explicar os conceitos na lousa. Ela perguntou para a turma qual era o parâmetro constante. [Luana] – Isotérmico, não foi? [Professora] – O que é constante? [Luana] – Temperatura ué! - A professora começa a colocar as expressões correspondentes às transformações, na lousa.
-------	--

Com relação às atividades avaliativas, nossa ideia inicial foi diversificar nossas observações e acompanhar a introdução do computador associado a um ledor de tela e a utilização da linguagem LaTeX em diferentes situações de sala de aula. A primeira experiência do doutorando ocorreu aos dezoito dias do mês de março de 2013. Ao acompanhar a turma do aluno Gustavo, a professora solicitou que os alunos resolvessem uma lista de exercícios extraídas do livro-texto, a ser feita em dupla. Por se tratar de uma atividade planejada pela professora, juntamente com o doutorando, a mesma havia sido previamente digitalizada e adaptada para a linguagem LaTeX, para ser trabalhada com o aluno Gustavo. Assim, o doutorando sentou-se ao seu lado para conduzi-lo nesta atividade. Como a escola não havia recebido ainda os *notebooks* que havia sido solicitado para uso exclusivo dos alunos Gustavo e Luana, o doutorando disponibilizou seu notebook particular, o mesmo utilizado na etapa 1 da pesquisa.

Ao iniciarmos a resolução da lista de exercícios, nos deparamos com dois problemas. O primeiro referiu-se ao fato de a classe de Gustavo não parecer adequada para receber um aluno com deficiência visual. Além de superlotada, com cerca de 35 alunos, tratava-se de uma turma indisciplinada, barulhenta, fazendo com que a professora precisasse interromper com frequência suas aulas para chamar a atenção da turma, prejudicando qualquer aluno interessado minimamente em estudar, aprender, e produzir em sala de aula, principalmente um aluno com deficiência visual. Em comparação, se por um lado o uso de uma máquina Braille em sala de aula traz o inconveniente do barulho das teclas aos demais alunos, o uso de um computador associado a um leitor de tela por um aluno com deficiência visual exige uma maior concentração por parte dele, o que demanda maior colaboração por parte dos demais alunos. O segundo problema foi o tempo insuficiente, ou seja, dos 50 min de aula, descontando o tempo para a realização da chamada, recados, mais as vezes que a professora teve que chamar a atenção dos alunos, sobrou menos de 30 min para a realização da atividade. O resultado foi que de quatro exercícios da lista, conseguimos fazer apenas um, destacado a seguir.

1. Em uma estrada, o limite de velocidade é de 100km/h. Pode ser multado um carro que esteja viajando a 30m/s?

$$100\text{km/h} = 100/3,6 = 27,8\text{m/s}$$

Se a velocidade máxima permitida é de 27,8m/s, então o carro viajando a 30 m/s pode ser multado .

O restante da lista, a pedido da professora, foi resolvido na aula seguinte, não em sala de aula, mas na sala da coordenação de AEE.

Ainda no primeiro bimestre ficou acordado com a professora que o doutorando acompanharia a aplicação de uma prova em cada uma das turmas. Aos três dias do mês de abril o doutorando dirigiu-se à sala de Luana para acompanhar sua avaliação bimestral. No entanto, o doutorando descobriu que a professora não havia adaptado a prova de Luana, alegando falta de tempo para preparar. Neste caso, apesar de a prova ter sido individual e com consulta, Luana foi colocada juntamente com sua amiga para resolverem em dupla. Como desde o início do ano letivo a aluna Luana estava sem sua máquina Braille, em manutenção, não tinha nenhum material de consulta, dependendo somente das notas de aula da amiga. Assim, a amiga lia o enunciado da questão, discutia com Luana como a resolveriam e quando tinham alguma dúvida, Luana aguardava pacientemente enquanto sua amiga consultava seu caderno. Ao final da aula, um diálogo entre as duas nos revelou uma prática comum na escola:

[Amiga] – Na Química tivemos mais sorte...

[Luana] – sorte...

[Amiga] – sorte!, Sabíamos mais de Química do que de Física

Percebam que a aluna Luana geralmente fazia suas atividades avaliativas em dupla. Uma das explicações pode ser o fato de a escola ainda não possuir uma impressora Braille para disponibilizar materiais e avaliações de forma que os alunos possam resolver suas próprias atividades.

A avaliação do aluno Gustavo que ocorreria no dia 8 de abril de 2013, teve que ser alterada, não podendo ser acompanhada pelo doutorando. Ao final do 1º bimestre a professora precisou entrar de licença maternidade, retornando somente no 4º bimestre. Na dificuldade de se encontrar professores de Física para substituir a professora de Licença, as turmas ficaram quase o 2º bimestre inteiro sem professor. Quando a escola conseguiu uma professora substituta, no final do 2º bimestre, a mesma não deu continuidade ao planejamento da outra professora, optando por revisar o que havia sido visto no 1º bimestre, sendo as avaliações feitas na forma de listas de exercício e trabalhos de pesquisa. Mesmo com o retorno da professora da turma do Gustavo e Luana, como já havia iniciado o 4º bimestre, não teve tempo hábil de organizar qualquer atividade avaliativa em sala de aula, somente extraclasse. Neste contexto, não sendo possível expandir suas observações com relação ao uso do computador em sala de aula, o doutorando teve de voltar suas atenções aos atendimentos extraclasse, na forma de AEE.

5.2.2.4 O oferecimento de apoio pedagógico na forma de AEE

O doutorando atuou dentro da escola em parceria com a coordenadora de AEE, no oferecimento de apoio pedagógico aos alunos com deficiência visual na disciplina de Física, tanto na disponibilização de recursos quanto no acompanhamento em atividades avaliativas. Com base no planejamento semanal discutido com a professora e de acordo com a demanda da disciplina, podemos destacar:

a. Adaptação de materiais didáticos:

Após o planejamento da disciplina por parte da professora e definidos os temas a serem desenvolvidos em sala de aula, o doutorando se comprometeu a digitalizar os capítulos, selecionados pela professora, do livro-texto adotado pelo Colégio, Pietrocola (2010), e disponibilizá-los aos alunos com deficiência visual, uma vez que não possuíam qualquer tipo de material de consulta. Ao digitalizar, o doutorando não somente disponibilizou uma versão eletrônica (.doc) do capítulo do livro-texto, mas uma versão acessível.

De forma a padronizar os arquivos correspondentes aos capítulos digitalizados, no início dos mesmos, abaixo do título, foi disponibilizado um glossário contendo os códigos LaTeX explorados no mesmo, acompanhados de seus significados, como podemos acompanhar no exemplo 5.1. O intuito era servir de guia aos alunos, caso não se lembrassem de algum código.

Exemplo 5.1 – Glossário de códigos LaTeX no início de cada capítulo

CAPÍTULO 7 – CALOR E DILATAÇÃO

Glossário do LaTeX:

$\text{\textcircled{C}}$ = Grau Célsius;

ΔT = Variação de temperatura;

ΔL = Variação de comprimento;

$\propto$ = Proporcional

Todas as expressões matemáticas presentes nos capítulos foram escritas no padrão LaTeX, desde expressões algébricas e dedução de fórmulas, conforme exemplo 5.2, à exercícios resolvidos, como mostrado no exemplo 5.3.

Exemplo 5.2 – Dedução da Lei de Coulomb, em LaTeX

Após realizar uma série de cuidadosos testes e analisar detalhadamente os resultados, concluiu que as forças F_e de atração e repulsão entre os corpos eletrizados eram diretamente proporcionais ao produto dos módulos das cargas:

```
\begin{equation*}
F_e \propto |Q_1| \cdot |Q_2|
\end{equation*}
```

Observou também que a força elétrica tinha sua intensidade variada de acordo com o inverso do quadrado da distância entre elas:

```
\begin{equation*}
F_e \propto \frac{1}{d^2}
\end{equation*}
```

Portanto, relacionando ambas as constatações, temos:

```
\begin{equation*}
F_e \propto \frac{|Q_1| \cdot |Q_2|}{d^2}
\end{equation*}
```

`\end{equation*}`

Utilizando uma constante de proporcionalidade adequada, essa proporção pode ser escrita como uma igualdade:

`\begin{equation*}`

$$F_e = k \frac{|Q_1| |Q_2|}{d^2}$$

`\end{equation*}`

Tal equação é denominada lei de Coulomb.

A constante k é chamada constante eletrostática e depende do meio em que as cargas se encontram. Seu valor para o vácuo, obtido experimentalmente, é $k = 9,0 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$.

Exemplo 5.3 – Exercício de dilatação térmica linear resolvido, em formato LaTeX

01 – Uma barra de ferro ($\alpha_{\text{Fe}} = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$) mede 4,0m a $^\circ\text{C}$. Nessa mesma temperatura, outra barra metálica mede 4,4m. Sabe-se que, ao serem igualmente aquecidas, essas barras mantêm constante 0,05m (5cm) a diferença entre seus comprimentos. Qual será o valor do coeficiente de dilatação linear da segunda barra?

Resposta: Vamos nos lembrar de que, se as barras mantêm constante a diferença entre seus comprimentos, é porque suas dilatações são iguais: $\Delta L_{\text{Fe}} = \Delta L_x$, em que x é a barra cujo coeficiente de dilatação linear queremos determinar. Usando a expressão da dilatação linear, temos:

`\begin{eqnarray*}`

$$\Delta L_{\text{Fe}} = \Delta L_x$$

$$L_{0\text{Fe}} \cdot \alpha_{\text{Fe}} \cdot \Delta T = L_{0x} \cdot \alpha_x \cdot \Delta T$$

$$4 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} = 4,4 \cdot \alpha_x$$

$$\alpha_x = \frac{4,8 \cdot 10^{-5}}{4,4}$$

$$\alpha_x = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

`\end{eqnarray*}`

Analisando a tabela dos valores dos coeficientes de dilatação, o resultado nos leva à conclusão de que o material da barra x é, provavelmente, o aço.

Figuras e gráficos foram acompanhados de descrição, segundo Motta e Romeu (2010), como mostrado no exemplo 5.4.

Exemplo 5.4 – Descrição de uma gravura de um canhão de 1346

Uma gravura ilustrando um dos primeiros canhões, datado de 1346, utilizado na Guerra dos Cem Anos, na França. De porte médio, o canhão tinha a aparência de um telescópio. O mesmo era fixado no centro, por meio de um “pino”, a um aparato que possuía uma base retangular e larga o suficiente para oferecer estabilidade ao canhão e uma coluna no centro dessa base, onde o canhão era fixado, permitindo sua rotação para cima ou para baixo. O canhão além de ser fixado no centro pela coluna, permitindo sua rotação, sua extremidade inferior estava ligada a um arco, que vai da base até a extremidade superior da coluna, repleto de perfurações, o que permitia, por meio de um “pino”, regular o ângulo com que o canhão dispararia. Na gravura, um soldado ajoelhado, se mostra acendendo o pavio do canhão. (Fonte: 1754. Gravura. Coleção particular. Foto: Hulton Archive/Getty Images)

b. Adaptação e aplicação de atividades avaliativas:

Em geral foram compostas de listas de exercícios. Na ocasião o doutorando gerava um arquivo eletrônico das mesmas e aplicava com os alunos. A figura 5.1 mostra um exemplo de uma atividade avaliativa sobre “Gases”, aplicada ao aluno Gustavo, seguindo os mesmos padrões para a adaptação de material didático.

Figura 5.1 – Exemplo de atividade avaliativa, aplicada ao aluno Gustavo, adaptada à linguagem LaTeX

Fonte: CARVALHO, J.C.Q.

c. Outros recursos:

Ao trabalhar gráficos de funções horárias com o aluno Gustavo, o doutorando utilizou modelos em autorrelevo empregando um tipo de cola especial. A figura 5.2 mostra dois gráficos construídos a base de cola de alto-relevo que foram utilizados para ensinar o conceito de movimento acelerado e retardado ao aluno Gustavo.

Figura 5.2 – Material tátil construído a base de cola de alto-relevo em papel sulfite, simbolizando gráficos de funções horárias. Em (a) temos um exemplo de gráfico de um movimento progressivo acelerado e em (b) um exemplo de gráfico de um movimento progressivo retardado.

Fonte: CARVALHO, J.C.Q.

Em outra ocasião, ao trabalhar o conceito de M.R.U. e M.R.U.V, por meio de um vídeo, em uma cena em que se mostrava um experimento de uma gota de água descendo um tubo transparente imersa em óleo, como não havia muito diálogo, o doutorando utilizou o recurso da áudio-descrição, segundo Motta e Romeu (2010), como mostrado a seguir:

Para o experimento, eles utilizaram um tubo transparente, tipo um cano, só que transparente e fechado em uma das extremidades. Dentro desse tubo colocaram óleo de cozinha. Para que pudessem fazer a marcação da distância percorrida pela gota no óleo, colocaram um pedaço de fita métrica pelo lado de fora do tubo. Com a ajuda de uma seringa, introduziram uma gota de água na parte superior do tubo, aberta. Como a gota de água é mais densa que o óleo, ela começou a descer lentamente pelo tubo cheio de óleo. A cada dez segundos, eles anotavam a posição da gota, olhando para a fita métrica. Os dados foram anotados em uma tabela para que pudessem depois fazer os cálculos e construir o gráfico.

Foram durante os atendimentos que o doutorando pode acompanhar a introdução da Linguagem LaTeX no processo de leitura e resolução de problemas de Física, foco de nossa análise na próxima seção.

5.2.2.5 O processo ativo de leitura e resolução de problemas utilizando o LaTeX

Ao compararmos o modelo para o processo de “mediação simbólica” (estímulo – mediação – resposta), proposto por Vigotski (2007), com o modelo de “comunicação verbal” (enunciação – compreensão responsiva ativa – réplica),

proposto por Bakhtin (1997), o resultado foi a proposição de um modelo para o processo ativo de resolução de problemas de Física, mostrado na figura 5.1.

Figura 5.3 – Modelo para o processo ativo de leitura e resolução de problemas de Física, baseado nos processos de “mediação simbólica” (Vigotski) e “comunicação verbal” (Bakhtin).

Fonte: CARVALHO, J.C.Q.

De acordo com a figura 5.1, para um aluno vidente o processo de resolução de problemas parte da leitura e compreensão direta da linguagem presente no enunciado do problema. No entanto, para um aluno com deficiência visual, primeiramente precisamos garantir o seu acesso, por exemplo, por meio do Braille ou de um computador associado a um leitor de tela. Para o caso específico da leitura e resolução de problemas por meio do computador, tanto a leitura e compreensão do problema quanto à formulação de sua resposta, dependem da escolha de uma linguagem que seja ao mesmo tempo acessível e compreensível.

Ao analisarmos nosso corpus de pesquisa, no que se refere à resolução de problemas por parte de alunos com deficiência visual com base na linguagem LaTeX, constatamos certa regularidade no andamento das atividades: primeiramente observamos que o processo de resolução de problemas seguia sempre três momentos: 1. Audição do leitor de tela para o enunciado do problema; 2. Processo de compreensão do problema, tanto do ponto de vista da linguagem quanto da Física por traz do mesmo; 3. Resolução do problema propriamente dito, que se subdividia em inserção do ambiente matemático correspondente, escrita da expressão algébrica a ser calculada, substituição de variáveis e resolução dos cálculos. Em segundo lugar observamos uma padronização nas relações estabelecidas pelos alunos entre a linguagem matemática convencional e a linguagem LaTeX, que resultaram nas categorias de análise descritas no capítulo 4.

Sendo uma investigação a respeito da introdução de uma nova linguagem e seu processo de interiorização, à medida que as atividades iam sendo realizadas, mais elementos da linguagem LaTeX iam sendo incorporados ao repertório dos alunos. Deste modo, esse processo de leitura e resolução de problemas pode ser dividido em duas fases. Na primeira, que compreendeu o primeiro semestre de 2013, nosso foco foram as operações fundamentais. Aos poucos fomos introduzindo a escrita das expressões matemáticas dentro de um ambiente matemático, na ocasião, o uso do “cifrão”. A segunda fase, compreendida entre o segundo semestre de 2013 e início de 2014, foi marcada pela introdução da linguagem LaTeX em sua forma integral, incluindo desde operações fundamentais à ambientes matemáticos mais complexos. Para cada fase selecionamos os principais episódios, aqueles que pudessem representar o todo de nosso trabalho.

Segundo nossa amostragem, a primeira fase foi composta por quatro episódios. O primeiro e o segundo consistiram na resolução de problemas envolvendo o conceito de velocidade média e equação horária, respectivamente, por parte do aluno Gustavo.

Um ônibus deixa a estação rodoviária da cidade do Rio de Janeiro às 14h e dirige-se a Petrópolis aonde chega às 16h. Sabe-se que a velocidade média por ele desenvolvida na viagem é de 70km/h. Determine o espaço percorrido pelo ônibus.

$$v_m = (\Delta s) / (\Delta t)$$

$$70 = (\Delta s) / 2$$

$$70 \cdot 2 = \Delta s$$

$$\Delta s = 140 \text{ km}$$

Um móvel parte com velocidade de 4 m/s de um ponto de uma trajetória retilínea com aceleração constante de 5 m/s². Encontre sua velocidade no instante 16s.

\$\$

$$v = v_0 + a \cdot t \quad \backslash \backslash$$

$$v = 4 + 5 \cdot 16 \quad \backslash \backslash$$

$$v = 4 + 80 \quad \backslash \backslash$$

$$v = 84 \text{ m/s}$$

\$\$

O terceiro e quarto episódios referem-se a resolução de problemas envolvendo o conceito de velocidade média e dilatação térmica, respectivamente, pela aluna Luana.

Sendo de aproximadamente 60km a distância entre as cidades de Goiânia a Anápolis, um veículo que trafegue a uma velocidade média de 100km/h demora quanto tempo para chegar à Anápolis?

$$V_m = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

$$100 = 60/t$$

$$100 \cdot t = 60$$

$$T = 60/100$$

$$T = 0,6h$$

O raio de uma esfera feita de liga de aço mede 4,0cm a 10 °C. Determine a dilatação térmica volumétrica sofrida por essa esfera se sua temperatura for elevada para 260 °C. (Dados: volume da esfera = $(4/3) \cdot \pi \cdot r^3$; $\alpha_{\text{liga de ferro}} = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$).

$$V_0 = (4/3) \cdot \pi \cdot r^3$$

$$v_0 = 4,19 \cdot 0,000064$$

$$v_0 = 0,00027 \text{ m}^3$$

$$\gamma = 3 \cdot (1,2 \cdot 10^{-5})$$

$$\gamma = 3,6 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\Delta v = 0,00027 \cdot (3,6 \cdot 10^{-5}) \cdot 250$$

$$\Delta v = 0,243 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

A segunda fase também foi composta por quatro episódios. O quinto e sexto episódios referem-se a resolução de exercícios envolvendo o tema dilatação térmica linear, por parte do aluno Gustavo.

Um cabo de alumínio ($\alpha_{\text{Al}} = 2,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$), de 150m de comprimento, é preso entre dois postes, num dia em que a temperatura é de 35 °C. De quanto ele se contrairá quando a temperatura baixar para 20 °C?

$\begin{array}{l}$

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

$$\Delta L = 150 \cdot 2,2 \cdot 10^{-5} \cdot (-15)$$

$$\Delta L = 330 \cdot 10^{-5} \cdot (-15)$$

$$\Delta L = -4950 \cdot 10^{-5}$$

$$\Delta L = -0,0495\text{m}$$

$\end{array}$

Um agrimensor usa uma trena de aço ($\alpha_{\text{aço}} = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$) de 100m de comprimento a 20 °C. Qual deve ser o valor do comprimento da trena a 10 °C?

```

\begin{eqnarray*}
L-L_0=L_0*\alpha*\Delta T\\
L-100=100*1,2*10^{-5}*(-10)\\
L-100=-1200*10^{-5}\\
L=-0,012+100\\
L=99,99m
\end{eqnarray*}

```

O sétimo e oitavo episódios corresponderam à resolução de exercícios envolvendo a Lei de Coulomb, pela aluna Luana.

Duas cargas elétricas puntiformes de $5 \cdot 10^{-5}$ C\$ e $0,3 \cdot 10^{-6}$ C\$, no vácuo, estão separadas entre si por uma distância de 5 cm. Calcule a intensidade da força de repulsão entre elas.

```

\begin{eqnarray*}
F=k*\frac{Q_1*Q_2}{d^2}\\
F=9*10^9*\frac{5*10^{-5}*0,3*10^{-6}}{(0,05^2)}\\
F=\frac{13,5*10^{-2}}{0,0025}\\
F=54N
\end{eqnarray*}

```

A intensidade da força entre duas cargas elétricas puntiformes iguais, situadas no vácuo a uma distância de 2 m uma da outra, é de 202,5 N. Qual o valor das cargas?

```

\begin{eqnarray*}
F=K*\frac{q_1*q_2}{d^2}\\
202,5=9*10^9*\frac{Q^2}{4}\\
202,5*4=9*10^9*Q^2\\
810=9*10^9*Q^2\\
\frac{810}{9*10^9}=Q^2\\
90*10^{-9}=Q^2\\
Q=\sqrt{90*10^{-9}}\\
Q=\sqrt{9*10^{-8}}\\
Q=3*10^{-4}C
\end{eqnarray*}

```

Ao focarmos nossa análise no problema resolvido, não conseguimos captar as nuances que estão por trás do processo de sua resolução, as relações estabelecidas entre os alunos e a linguagem LaTeX ou suas dificuldades ao lidar com esta nova abordagem. Neste sentido, as atividades foram gravadas e posteriormente transcritas na forma de diálogos (ver Apêndices H a O). Os enunciados dentro de cada diálogo foram numerados sequencialmente, de forma a

facilitar sua referência em nossas análises. De acordo com as categorias de análise, primeiramente analisaremos os episódios do ponto de vista da acessibilidade da linguagem LaTeX frente à leitura do software NVDA para o enunciado do problema em questão. Em seguida analisaremos as relações estabelecidas entre os alunos e a nova abordagem, ao dialogarem tanto com a linguagem matemática convencional quanto com a linguagem LaTeX.

I. **Acessibilidade da linguagem LaTeX**

Selecionamos quatro episódios, dois da primeira fase e dois da segunda, correspondente a um episódio ocorrido com cada aluno em cada uma das fases, para analisarmos a acessibilidade da linguagem LaTeX ao submetermos os softwares leitores de tela a leitura do enunciado de cada episódio. Todos os caracteres especiais e pontuações presentes no enunciado do problema encontram-se sublinhados na transcrição da leitura feita pelo NVDA:

[EPISÓDIO 1]

Um ônibus deixa a estação rodoviária da cidade do Rio de Janeiro às 14h e dirige-se a Petrópolis aonde chega às 16h. Sabe-se que a velocidade média por ele desenvolvida na viagem é de 70km/h. Determine o espaço percorrido pelo ônibus.

Um ônibus deixa a estação rodoviária da cidade do Rio de Janeiro às quatorze h e dirige hífen se a Petrópolis aonde chega às dezesseis h ponto Sabe hífen se que a velocidade média por ele desenvolvida na viagem é de setenta km barra h ponto Determine o espaço percorrido pelo ônibus ponto

No episódio 1 nos chamou a atenção para a leitura da palavra “dirige-se”, lida como “dirige hífen se”, porém não podemos atribuir esse fato a uma falha na leitura, por parte do NVDA. Tal distorção na leitura deveu-se ao fato de precisarmos configurar o software para ler TODOS os caracteres, o que não teria acontecido caso tal configuração tivesse sido feita para a leitura da MAIORIA dos caracteres. Nesse sentido, vemos que o enunciado do episódio 1 não ofereceu qualquer barreira a leitura por parte do NVDA. Acompanhemos a seguir a transcrição da leitura para o episódio 4.

[EPISÓDIO 4]

O raio de uma esfera feita de liga de aço mede 4,0cm a 10 ^0C. Determine a dilatação térmica volumétrica sofrida por essa esfera se sua temperatura for elevada para 260 ^0C. (Dados: volume da esfera = $(4/3) \cdot \pi \cdot r^3$; $\alpha_{\text{liga de ferro}} = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^0\text{C}^{-1}$).

o raio de uma esfera feita de liga de aço mede quatro vírgula zero centímetros a dez circunflexo zero c ponto determine a dilatação volumétrica sofrida por esta esfera se sua temperatura for elevada para duzentos e sessenta circunflexo zero c ponto abre parênteses dados dois pontos o volume da esfera igual abre parênteses quatro barra três fecha parênteses asterisco barra invertida pi asterisco r circunflexo três ponto e vírgula barra invertida alfa sublinhado liga de ferro igual uma vírgula dois asterisco dez circunflexo traço cinco circunflexo zero c circunflexo c traço uma fecha parênteses ponto

Embora não represente um erro grave, que comprometa o processo de compreensão do enunciado, podemos perceber, no episódio 4, uma falha na leitura do número 1,2, lido pelo NVDA como “uma vírgula dois”. A mesma falha encontramos no episódio 5.

[EPISÓDIO 5]

Um cabo de alumínio ($\alpha_{Al} = 2,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$), de 150m de comprimento, é preso entre dois postes, num dia em que a temperatura é de 35°C . De quanto ele se contrairá quando a temperatura baixar para 20°C ?

um cabo de alumínio abre parêntesis cifraõ barra invertida alfa sublinhado abre chaves al fecha chaves igual duas vírgula dois asterisco dez circunflexo abre chaves menos cinco fecha chaves acento circunflexo barra invertida erro ortográfico circ c acento circunflexo abre chaves menos uma fecha chaves cifraõ fecha parêntesis vírgula de cento e cinquenta m de comprimento vírgula é preso entre dois postes vírgula num dia em que a temperatura é de cifraõ trinta e cinco circunflexo barra invertida erro ortográfico circ c cifraõ ponto de quanto ele se contrairá quando a temperatura baixar para cifraõ vinte circunflexo barra invertida erro ortográfico circ c cifraõ interrogação.

Ao fazer a leitura para o alfa do alumínio, o NVDA lê como “duas vírgula dois asterisco [...]” e mais adiante, quando da leitura da ordem de grandeza “[...] menos uma fecha chaves”. Podemos inferir que a leitura do NVDA para os números 1 e 2 pode estar associada ao gênero do caractere que vem em seguida. De forma que para o número 2,2, o software lê o primeiro “2” como “duas” porque o próximo caractere é “vírgula”, portanto feminino e lê o segundo “2” exatamente como “dois”, pois o caractere seguinte é o “asterisco”, masculino. O mesmo acontece para a leitura da ordem de grandeza, pois o software lê “-1” como “menos uma”, pois o caractere seguinte é “fecha chaves”, portanto feminino. Assim, tal falha configura-se como um problema de software, não tendo nenhuma relação com a linguagem LaTeX.

[EPISÓDIO 8]

A intensidade da força entre duas cargas elétricas puntiformes iguais, situadas no vácuo a uma distância de 2 m uma da outra, é de 202,5 N. Qual o valor das cargas?

a intensidade da força entre duas cargas elétricas puntiformes iguais vírgula situadas no vácuo a uma distância de dois m uma da outra vírgula é de duzentas e duas vírgula cinco n ponto qual o valor das cargas interrogação

Também podemos perceber uma alteração na pronúncia para o valor da força elétrica, 202,5 N, lido como “duzentas e duas vírgula cinco n”, reforçando nossa inferência.

Do ponto de vista da acessibilidade aos conteúdos matemáticos presentes nos enunciados dos problemas, comparados aos testes realizados na etapa 1 de nossa pesquisa, a linguagem LaTeX revelou um grande potencial: Sua sintaxe ser baseada em caracteres de padrão QWERTY, ou seja, àqueles encontrados em modelos padrão de teclados, sejam eles físicos ou virtuais, presentes na maioria dos *desktops*, *laptops* e numa infinidade de dispositivos móveis. Os dispositivos

OCR presentes nos softwares leitores de tela foram programados para reconhecer qualquer caractere QWERTY.

O uso da linguagem matemática convencional, por ser dotada de muitos símbolos ilegíveis aos softwares leitores de tela e de difícil reprodução por parte dos alunos com deficiência visual, segundo Vigotski (1997) pode levar a uma falha no processo de mediação, portanto nesse mecanismo de compensação, podendo gerar nos alunos um desestímulo, um sentimento de “fracasso” (resposta R₁, figura 2.3). No entanto, a acessibilidade não pode ser entendida como uma garantia de sucesso para o mecanismo de compensação, mas um importante passo em direção à “supercompensação” (resposta R₂, figura 2.3).

Para Bakhtin (1997), uma língua, mesmo a materna, não é recebida por um indivíduo como algo pronto a ser usado, mas é assimilada, interiorizada, por meio de processos contínuos de construção social e cultural. Vejamos agora as relações estabelecidas entre os alunos Gustavo e Luana e a linguagem LaTeX, em processo de interiorização.

II. *Correspondência entre a Linguagem Matemática convencional (LMc) e a Linguagem LaTeX (LLa)*

Trata-se da análise das relações estabelecidas pelos alunos Gustavo e Luana entre a linguagem matemática convencional (LMc) e a Linguagem LaTeX (LLa) no processo ativo de resolução de problemas de Física. Para tanto foram definidas quatro subcategorias de análise, conforme descritas no capítulo 4: II.1 Fala (LLa) → Escrita (LLa); II.2 Leitura (LLa) → Fala (LMc); II.3 Fala (LMc) → Fala (LLa) e; II.4 Fala (LMc) → Escrita (LLa).

A análise foi feita por episódios, sendo cada episódio analisado por momentos, a saber: 1. Audição do leitor de tela para o enunciado do problema; 2. Processo de compreensão do problema, tanto do ponto de vista da linguagem quanto da Física por traz do mesmo; 3. Resolução do problema propriamente dito, que se subdividia em inserção do ambiente matemático correspondente, escrita da expressão algébrica a ser calculada, substituição de variáveis e resolução dos cálculos.

A. Análise dos episódios da primeira fase

A.1. Episódio 1

Um ônibus deixa a estação rodoviária da cidade do Rio de Janeiro às 14h e dirige-se a Petrópolis aonde chega às 16h. Sabe-se que a velocidade média por ele desenvolvida na viagem é de 70km/h. Determine o espaço percorrido pelo ônibus.

$$v_m = (\Delta s) / (\Delta t)$$

$$70 = (\Delta s) / 2$$

$$70 \cdot 2 = \Delta s$$

$$\Delta s = 140 \text{ km}$$

O episódio 1 correspondeu a resolução de um problema proposto pelo pesquisador ao aluno Gustavo, logo após o estudo do tutorial, durante a oficina LaTeX. Neste diálogo 5.1 percebemos dois momentos bastante importantes. No primeiro vemos a preocupação do pesquisador em desenvolver a autonomia no aluno, primeiramente entre os enunciados [2] e [4], mostrando como ele poderia retomar a leitura por parte do software sempre que necessitasse e no enunciado [14] quando revela a Gustavo quais os passos necessários para se resolver um problema de Física. No segundo momento, mesmo o aluno tendo demonstrado certa passividade em relação ao diálogo, ao ser questionado sobre os dados fornecidos pelo enunciado do problema (enunciados [14] a [23]), revelou compreensão em relação a fala do NVDA. Ao ouvir a leitura dos dados na linguagem LaTeX e responder ao pesquisador já na linguagem matemática convencional nos revela, do ponto de vista de Bakhtin (1997), um processo de compreensão responsiva ativa, cujas respostas, embora simples, são frutos do pensamento, ou seja, de uma linguagem em processo de interiorização estruturando o pensamento (VIGOTSKI, 2010).

Diálogo 5.1 – Momento de leitura e compreensão do enunciado do problema a ser resolvido pelo aluno Gustavo, durante o episódio 1.

NVDA	[01]	Um ônibus deixa a estação rodoviária da cidade do Rio de Janeiro às quatorze h e dirige hífen se <i>[leitura da primeira linha]</i> A Petrópolis aonde chega às dezesseis h. Sabe hífen se que a velocidade média por ele <i>[leitura da segunda linha]</i> desenvolvida na viagem é de setenta km barra h. Determine o espaço percorrido pelo ônibus <i>[leitura da terceira linha]</i>
PESQUISADOR	[02]	Já mudou. Agora não é cálculo de velocidade. Ele já te deu a velocidade. Mas o que você entendeu até agora aqui? Você quer que ele [NVDA] leia de novo?
GUSTAVO	[03]	Quero.
PESQUISADOR	[04]	Também você pode fazer isso sozinho também oh!... com as setinhas aqui... pode ir pra cima... <i>[mostrando os cursores do teclado para o Gustavo, para que ele possa navegar pelas linhas do problema]</i> [...]
PESQUISADOR	[14]	Quando você vai resolver qualquer problema de Física a primeira coisa que você tem que pensar é quais são os dados que você tem e depois, a partir dos dados que você tem, o que você precisa calcular. E aí você vai lembrar... se você vai usar alguma equação... assim... se para os dados que você tem e o que você quer calcular é suficiente. Então por exemplo, quais são os dados que você tem nesse exercício?
GUSTAVO	[15]	O tempo...
	[...]	

PESQUISADOR	[20]	Então você sabe que seu instante inicial é quatorze, final é dezesseis e delta t, que é a variação do tempo, é de duas horas. Aí qual outro dado que ele te deu, além do tempo?
GUSTAVO	[21]	Velocidade média.
PESQUISADOR	[22]	Velocidade média, que foi de?
GUSTAVO	[23]	Setenta quilômetros por hora.

No diálogo 5.2, quando da resolução do problema propriamente dito, vemos que por se tratar de um primeiro contato do aluno com a estrutura linguística do LaTeX, ou seja, com sua sintaxe, há uma grande dependência com o pesquisador, numa relação do tipo II.1. Ao observarmos os enunciados [28] a [32], em que o pesquisador pergunta a Gustavo como deveria escrever “delta”, o questionamento do aluno com relação a quantidade de caracteres “barra invertida” que ele deveria colocar, nos mostra indícios de um processo “primitivo” de pensamento, ou seja, de alguma forma o que foi estudado estava em sua memória, só precisava ser compreendido. Se pensarmos nas fases descritas por Vigotski (2010) para o processo de interiorização da linguagem, corresponderia a primeira fase, chamada de “linguagem pré-intelectual”, pelo fato de o aluno ter conhecimento de que na linguagem LaTeX se usa o caracter “barra invertida”, embora associado a situações totalmente diversas, mas que ainda precisa ser compreendido na sua totalidade, como se por enquanto tratasse apenas de um signo. Ao perguntar a quantidade de “barra invertida” que deveria utilizar, referiu-se ao fato de quando lidamos com expressões multilinhas, em LaTeX, ao final de cada linha coloca-se duas barras invertidas, sinalizando que a expressão continuará na linha posterior. Nas demais utilidades do caractere, utiliza-se apenas uma “barra invertida”.

Diálogo 5.2 – Resolução, por parte do aluno Gustavo, do problema propriamente dito, durante o episódio 1.

GUSTAVO	[25]	vm
PESQUISADOR	[26]	Igual...
GUSTAVO	[27]	vm=
PESQUISADOR	[28]	Só pra você lembrar de novo... delta s dividido por delta t... aí como a gente escrevia lá delta s? O delta como é o delta?
	[...]	
PESQUISADOR	[32]	É só uma barra mesmo.
GUSTAVO	[33]	vm=\
PESQUISADOR	[34]	Agora escreve delta
GUSTAVO	[35]	vm=\delta s
	[...]	
GUSTAVO	[37]	vm=(\delta s)
PESQUISADOR	[38]	Agora você coloca barra normal
GUSTAVO	[39]	vm=(\delta s)/(\delta t)

		[...]
GUSTAVO	[49]	$70=(\delta s)$
PESQUISADOR	[50]	Agora barra né, divisão...
GUSTAVO	[51]	$70=(\delta s)/$
PESQUISADOR	[52]	Agora como o outro é delta t, esse você já sabe. Lembra que é o tempo que ele demorou para chegar. Ele chegou às quatorze e chegou às dezesseis.
GUSTAVO	[53]	Duas horas.
PESQUISADOR	[54]	Então você põe dois.
GUSTAVO	[55]	$70=(\delta s)/2$
		[...]
GUSTAVO	[59]	$70*2=\delta s$
PESQUISADOR	[60]	Aí agora ficou só para você resolver... ficou setenta vezes dois é igual a delta s, que é a mesma coisa se você pensar que delta s é igual a setenta vezes dois. Agora você tem que resolver, quanto que dá?
GUSTAVO	[62]	Cento e quarenta
PESQUISADOR	[63]	Muito bem. Então agora dá um "enter". Agora você pode escrever delta s é igual...
GUSTAVO	[64]	$\delta s=140\text{km}$

A.2. Episódio 2

O raio de uma esfera feita de liga de aço mede 4,0cm a 10°C . Determine a dilatação térmica volumétrica sofrida por essa esfera se sua temperatura for elevada para 260°C . (Dados: volume da esfera = $(4/3)*\pi*r^3$; $\alpha_{\text{liga de ferro}} = 1,2*10^{-5}^{\circ}\text{C}^{-1}$).

$$V_0 = (4/3)*\pi*r^3$$

$$v_0 = 4,19*0,000064$$

$$v_0 = 0,00027 \text{ m}^3$$

$$\gamma = 3*(1,2*10^{-5})$$

$$\gamma = 3,6*10^{-5}^{\circ}\text{C}^{-1}$$

$$\delta v = 0,00027*(3,6*10^{-5})*250$$

$$\delta v = 0,243*10^{-5} \text{ m}^3$$

Neste episódio podemos notar uma atitude mais ativa por parte do aluno Gustavo. Porém, no diálogo 5.3, durante a leitura do enunciado do problema pelo NVDA, o aluno revela certa dificuldade em extrair as informações do problema. Não porque não tenha compreendido a linguagem LaTeX lida pelo NVDA, pois a pronuncia de forma correta, no enunciado [5], as expressões para aceleração e velocidade, mas porque ao invés de se concentrar nos dados do problema, tentava repetir de forma memorística o enunciado do problema (enunciados [2] e [5]).

Diálogo 5.3 – Momento de leitura e interpretação do enunciado do problema pelo aluno Gustavo, durante o episódio 2.

NVDA	[01]	<i>um móvel parte com velocidade de quatro m barra s de um ponto de uma trajetória retilínea com [leitura da primeira linha do enunciado]</i>
GUSTAVO	[02]	um móvel parte de uma trajetória... é... igual... não professor.
PESQUISADOR	[03]	É que você está pulando uma parte... é que você está assim: um móvel parte de um ponto, mas ele fala uma informação antes. "Um móvel parte com velocidade de quatro m barra s", que é o que? Quatro metros por segundo, "de um ponto de uma trajetória retilínea". Essa é a frase que ele fala, então qual que é a informação? Que a trajetória é retilínea e ele está com velocidade de quanto? Quatro metros por segundo. Essa é a informação que ele te dá nesta linha. Aí ele termina a frase assim: "[...] de uma trajetória retilínea com"... aí você tem que continuar na linha de baixo.
NVDA	[04]	<i>aceleração constante de cinco m barra s circunflexo dois ponto encontre sua velocidade no instante dezesseis s ponto [leitura da segunda linha do enunciado]</i>
GUSTAVO	[05]	aceleração de cinco metros por segundo... encontre sua velocidade em metros por segundo? Ou não?... pera aí...
PESQUISADOR	[06]	"encontre sua velocidade"... volta lá...
NVDA	[07]	<i>um móvel parte com velocidade de quatro m barra s de um ponto de uma trajetória retilínea com [leitura da primeira linha do enunciado]</i> <i>aceleração constante de cinco m barra s circunflexo dois ponto encontre sua velocidade no instante dezesseis s ponto [leitura da segunda linha do enunciado]</i>
PESQUISADOR	[08]	Ele tá com aceleração constante de cinco metros por segundo ao quadrado, aí ele pergunta: "encontre sua velocidade no instante dezesseis segundos. Então quais são as informações que você tem até agora?"
GUSTAVO	[09]	Até agora. Informação da velocidade dele, inicial... não... é...
PESQUISADOR	[10]	Inicial? Porque que é inicial?
GUSTAVO	[11]	Então não é.
PESQUISADOR	[12]	Não, to só te perguntando? Tá vendo como você é inseguro? É porque ele fala assim: "um móvel PARTE com velocidade...", então se ele parte, quer dizer o que? Que ele está iniciando um movimento. Ele está partindo de um ponto. Ele estava parado e ele parte, parte com velocidade de quatro metros por segundo. Quatro metros por segundo é velocidade inicial, que a gente sempre chama de v...?
GUSTAVO	[13]	v... zero.
PESQUISADOR	[14]	Ele parte com v zero de quatro metros por segundo e depois ele fala que a trajetória é retilínea, tal, aí ele fala que ele tem aceleração constante de cinco metros por segundo ao quadrado. Então você já tem o "a", a aceleração, não é?
GUSTAVO	[15]	Sim.

PESQUISADOR [16]	Aí ele quer que encontre sua velocidade no instante dezesesseis segundos. Então essa velocidade é o quê? Velocidade? Se a outra que ele partiu é inicial, essa outra é?
GUSTAVO [17]	velocidade final.

O enunciado [29] do diálogo 5.4 nos revela inicialmente o domínio do aluno Gustavo com relação à expressão a ser utilizada para se resolver o problema, ou seja, sabia que se tratava de um problema envolvendo “equação horária da velocidade”. Para escrever a expressão para a equação horária da velocidade utilizando a linguagem LaTeX, o aluno Gustavo deveria se lembrar, além dos códigos relativos às operações básicas (“+” para soma e “*” para multiplicação), os sinais representativos de índice (“_” sublinhado) e de término de linha, para expressões multilinhas (“\\” duas barras invertidas). Neste caso podemos verificar uma relação do tipo II.1 entre os enunciados [36] e [38], em que o pesquisador precisou soletrar para Gustavo a forma correta de escrita da expressão “v zero”. No entanto, entre os enunciados [41] e [42], em que o pesquisador pede para que Gustavo termine de escrever a expressão, acrescentando “mais a vezes t”, percebe-se uma relação do tipo II.4. O mesmo podemos perceber entre os enunciados [43] e [44], no momento de finalização da linha correspondente, em que o pesquisador pergunta ao aluno sobre que sinal ele deveria colocar ao final da linha e primeiramente o aluno Gustavo o pronuncia em voz alta (“barra barra”), como um artifício linguístico buscando a confirmação por parte do pesquisador e finalmente escreve a expressão correspondente (II.3 e II.4).

Vemos neste caso que a linguagem LaTeX encontra-se em um estágio mais avançado de interiorização, em que parte da linguagem (relativa às operações básicas) já encontram-se interiorizadas, dando espaço para o aprendizado de novos elementos, como foi o caso do “sublinhado”. Ao pronunciar “barra barra” antes acrescentá-lo ao final da linha, demonstrou certo grau de maturidade, pois recorreu a um signo exterior para auxiliá-lo em um problema interior (lembrança do comando), o que corresponde a terceira fase, descrita por Vigotski (2010), para o processo de interiorização da linguagem. O aluno Gustavo se familiarizou com som emitido pelo NVDA quando ele digitava rapidamente as duas barras invertidas, o que produzia “ba-barra invertida”. Sua familiaridade era com o fato de o som ser semelhante a uma “mixagem”. Neste caso, sempre que era requerido a digitar tal comando, se lembrava do som associado.

Diálogo 5.4 – Momento de resolução do problema pelo aluno Gustavo, no que diz respeito a escrita da equação horária da velocidade, durante o episódio 2.

GUSTAVO [29]	“v” é igual a “v” zero mais “a” vezes “t”. Certo?
PESQUISADOR [30]	Certo. Então vamos lá. Vai pra baixo que a gente já colocou o cifrão.
GUSTAVO [31]	com a setinha [referindo-se ao cursor]
NVDA [32]	cifrão cifrão
PESQUISADOR [33]	vai mais uma setinha pra baixo

NVDA	[34]	em branco.
PESQUISADOR	[35]	isso. Agora a gente vai começar a escrever. Então primeiro, pra você lembrar, então escreve a equação horária que você falou.
GUSTAVO	[36]	$v=v_0$
PESQUISADOR	[37]	lembra que... sempre quando é índice, tem que usar o sublinhado, "v" sublinhado zero. Sublinhado é o que está acima do hífen. SHIFT HÍFEN.
GUSTAVO	[38]	$v=v_0$
	[...]	
PESQUISADOR	[41]	[...] Aí "v" zero mais "a" vezes "t".
GUSTAVO	[42]	$v=v_0+a*t$
PESQUISADOR	[43]	Você já escreveu a equação, agora a gente vai substituir os valores. Aí quando a gente vai passar para a outra linha como a gente faz? Quando a gente vai resolver um exercício em várias linhas no final da linha a gente coloca um símbolo, que símbolo é esse?
GUSTAVO	[44]	barra barra
		$v=v_0+a*t \backslash \backslash$

Neste terceiro momento, descrito no diálogo 5.5, em que o aluno Gustavo resolveu propriamente o problema, substituindo as variáveis e resolvendo os cálculos, pudemos perceber um predomínio da relação II.4, em que o diálogo entre o pesquisador e o aluno Gustavo se deu no âmbito da linguagem matemática convencional, porém a escrita pelo aluno se deu no âmbito da linguagem LaTeX.

Diálogo 5.5 – Momento de resolução do problema propriamente dito, pelo aluno Gustavo, durante o episódio 2.

PESQUISADOR	[45]	agora você aperta o "enter" pra ir pra linha de baixo. Agora você vai substituir. O "v" é o que você quer achar, você reescreve ele. "v" é igual...
GUSTAVO	[46]	$v=$
PESQUISADOR	[47]	Agora, o que tinha na equação? "v" é igual a o quê?
GUSTAVO	[48]	quatro metros por segundo.
PESQUISADOR	[49]	que é o "v" zero. Então põe aí quatro.
GUSTAVO	[50]	$v=4$
PESQUISADOR	[51]	então esse é o "v" zero, mas a expressão era "v" é igual a "v" zero...
GUSTAVO	[52]	mais "a" vezes "t".
PESQUISADOR	[53]	isso. Então termina de escrever com os dados que você tem.
GUSTAVO	[54]	"v" é igual a quatro...

	[...]	
PESQUISADOR	[57]	não é “v” é igual a “v” zero mais “a” vezes “t”?
GUSTAVO	[58]	sim. Então é mais cinco vezes dezesseis?
PESQUISADOR	[59]	isso.
GUSTAVO	[60]	$v=4+5*16$
PESQUISADOR	[61]	Como que você faz pra passar para a outra linha? O barra barra
GUSTAVO	[62]	$v=4+5*16 \\$
PESQUISADOR	[63]	Agora aperta o “enter”. Agora tem que resolver a conta. Escreve de novo aí “v” é igual...
GUSTAVO	[64]	$v=$
PESQUISADOR	[65]	a expressão que você tem é quatro mais cinco vezes dezesseis? Qual que você tem que resolver primeiro?
GUSTAVO	[66]	“v” é igual a quatro mais cinco.
PESQUISADOR	[67]	quatro mais cinco? Quando você tem uma expressão numérica, que você tem lá... soma, tem subtração e tem multiplicação. Existe uma ordem pra você resolver. Primeiro você resolve a multiplicação. Que nem uma expressão como esta aí quatro mais cinco vezes dezesseis, primeiro você tem que resolver quanto é cinco vezes dezesseis pra depois você fazer quatro mais o resultado que der
GUSTAVO	[68]	Entendi.
PESQUISADOR	[69]	Então no caso aí você vai fazer quatro mais. Escreve aí.
GUSTAVO	[70]	$v=4+$
PESQUISADOR	[71]	Isso. Agora quanto é cinco vezes dezesseis.
GUSTAVO	[72]	oitenta.
PESQUISADOR	[73]	escreve aí.
GUSTAVO	[74]	$v=4+80$
PESQUISADOR	[75]	tem que ir pra outra linha, o que você deve fazer?
GUSTAVO	[76]	$v=4+80 \\$
PESQUISADOR	[77]	agora você vai colocar o resultado. “v” é igual...
GUSTAVO	[78]	“v” é igual a noventa.
PESQUISADOR	[79]	quanto?
	[...]	
NVDA	[82]	v é igual quatro mais oitenta barra invertida barra invertida
	[...]	
GUSTAVO	[83]	oitenta e quatro $v=84$

PESQUISADOR	[84]	Agora terminou. Não é o “v”, velocidade, é oitenta e quatro o quê?
GUSTAVO	[85]	metros por segundo
PESQUISADOR	[86]	isso. Como você escreve aí, metros por segundo?
GUSTAVO	[87]	$v=84 \text{ m/s}$
PESQUISADOR	[88]	muito bem.

A.3. Episódio 3

Sendo de aproximadamente 60km a distancia entre as cidades de Goiânia a Anápolis, um veículo que trafegue a uma velocidade média de 100km/h demora quanto tempo para chegar à Anápolis?

$$V_m = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

$$100 = 60/t$$

$$100 \cdot t = 60$$

$$T = 60/100$$

$$T = 0,6h$$

O episódio 3 foi marcado pela resolução por parte da aluna Luana de um problema proposto pelo pesquisador logo após a oficina da LaTeX. A aluna Luana demonstrou bastante dificuldade com o teclado. O problema versava sobre o conceito de velocidade média. O diálogo 5.5 mostrou, por ser a primeira vez que a aluna se deparava com a linguagem LaTeX, total dependência do pesquisador, que além de ensinar para ela o posicionamento de algumas teclas, precisou soletrar cada parcela da expressão, numa relação do tipo II.1. O intuito foi, mesmo tendo uma atitude passiva em relação a resolução do problema, proporcionar experiência com essa nova linguagem.

Diálogo 5.5 – Momento de leitura e interpretação do enunciado do problema pela aluna Luana, durante o episódio 3.

NVDA	[01]	Sendo de aproximadamente sessenta km a distância entre as cidades de Goiânia a Anápolis, um veículo que trafegue a uma velocidade média de cem k m barra h demora quanto tempo para chegar a Anápolis?
	[...]	
PESQUISADOR	[02]	A velocidade média... lembra lá... que é delta s sobre delta t? onde delta é sempre variação né... variação de espaço sobre variação de tempo. Distância sobre tempo. Aqui ó [lendo novamente o problema] Sendo de aproximadamente sessenta quilômetros a distância entre as cidades de Goiânia a Anápolis, um veículo que trafegue a uma velocidade média de cem quilômetros por hora demora quanto tempo para chegar a Anápolis?

Então você tem a velocidade, que é cem quilômetros por hora e tem a distância que é sessenta quilômetros e você quer achar o tempo. Vamos só tentar fazer uma coisa aqui quer ver... [neste momento conecto um teclado ao notebook para que a Luana possa tentar resolver o problema].

Agora vamos escrever a fórmula. Como é velocidade média, é v_m ...

LUANA	[03]	$v_m =$ [Luana não estava encontrando a tecla de igual no teclado. Tive que ensiná-la onde ficava].
PESQUISADOR	[04]	Agora não é espaço sobre o tempo? A gente deveria colocar delta s sobre delta t não é?
LUANA	[05]	Isso.
PESQUISADOR	[06]	Mas lembra que delta é uma “figura”... então você põe barra invertida
LUANA	[07]	barra invertida fica aqui ou do outro lado? [também não lembrava onde ficava a tecla da barra invertida].
		$V_m = \backslash$
PESQUISADOR	[08]	Agora escreve aí... delta s.
LUANA	[09]	Escrever mesmo?
PESQUISADOR	[10]	É.
LUANA	[11]	$v_m = \backslash \text{delta } s$
PESQUISADOR	[12]	Agora barra
LUANA	[13]	[após orientações sobre onde ficava a tecla da barra]
		$V_m = \backslash \text{delta } s /$
PESQUISADOR	[14]	É delta t né?... então você vai escrever de novo barra invertida delta t...
LUANA	[15]	$v_m = \backslash \text{delta } s \backslash \text{delta } t$
PESQUISADOR	[16]	Isso. Então ficou v_m igual barra invertida delta s barra barra invertida delta t. Agora você vai dar um “enter”. Agora a gente vai resolver, por exemplo v_m não é a velocidade média?
-

Da mesma forma que no diálogo 5.5, no diálogo 5.6, em que a aluna Luana teve a oportunidade de resolver o exercício, percebemos um predomínio da relação II.1. Nos enunciados [44] a [47] a dificuldade apontada pela aluna Luana não estava na linguagem LaTeX, que segundo ela “com o tempo se familiariza”, mas na resolução do exercício em si, por se tratar de um conceito que ela havia estudado na ano anterior e portanto não se recordava como fazer.

Diálogo 5.6 – Momento de resolução do problema pela aluna Luana, durante o episódio 3.

PESQUISADOR	[18]	Aí no problema aqui em cima ele já falou que a velocidade média do carro era de...
LUANA	[19]	100
PESQUISADOR	[20]	Isso 100 quilômetros por hora... então você vai por 100.
LUANA	[21]	$100=$
PESQUISADOR	[22]	Agora delta s não é o espaço?
LUANA	[23]	Isso!
PESQUISADOR	[24]	Ele disse que o espaço era de sessenta quilômetros. Então é sessenta.
LUANA	[25]	$100=60$
PESQUISADOR	[26]	Barra...
LUANA	[27]	$100=60/$
PESQUISADOR	[28]	Aí em baixo, que seria o delta t, que é o tempo, a gente pode por só t.
LUANA	[29]	$100=60/t$
PESQUISADOR	[30]	Agora a gente vai tentar resolver. Você tem cem que é igual a sessenta dividido por t, mas você quer achar quanto que é t. Como que você tem que fazer?
LUANA	[31]	Aí eu não sei.
PESQUISADOR	[32]	Quando você quer passar, por exemplo, uma letra ou um número, de um lado da igualdade para o outro... você tem sempre que fazer o que?
LUANA	[33]	Inverter as operações.
PESQUISADOR	[34]	Isso! Então você tem do lado de cá é cem, do outro lado é sessenta dividido por t. Se eu quero passar o t junto com o cem, ele está dividindo ele passa...
LUANA	[35]	multiplicando.
PESQUISADOR	[36]	Multiplicando, então fica cem vezes t. Aí o vezes é o... asterisco né? Que é "shift 8" [referindo-se às teclas que deve pressionar para escrever o símbolo "asterisco"]
LUANA	[37]	$100*t$
PESQUISADOR	[38]	que é igual a... sessenta, que sobrou só o sessenta desse lado.
LUANA	[39]	$100*t=60$
PESQUISADOR	[40]	Agora você tem cem vezes t igual a sessenta. Eu quero só o t, então tenho que passar o cem para o outro lado.
LUANA	[41]	Ah! Então vai ficar sessenta dividido por cem. $t=60/100$

PESQUISADOR [42]	Agora ficou sessenta dividido por cem. Uma forma de simplificar seria cancelar um zero do numerador com um zero do denominador. Aí fica seis dividido por dez. Consegue imaginar a resposta?... é o mesmo que seis décimos. Quando temos uma divisão por dez, pensamos em termos de casas decimais, neste caso você vai andar uma casa decimal para a esquerda... que fica... zero virgula seis. Então t é igual a zero virgula seis horas.
LUANA [43]	t=0,6h
PESQUISADOR [44]	O que você achou? Difícil?
LUANA [45]	É!
PESQUISADOR [46]	Mas o que você achou mais difícil dessa nova linguagem aí?
LUANA [47]	Não. Até que a linguagem é mais tranquila, dá para compreender. Com o tempo se familiariza né!
PESQUISADOR [48]	Tá certo que... assim... às vezes fico pensando, é mais uma linguagem, por exemplo, você já aprendeu o Braille e aí de repente eu venho com outra proposta...

A.4. Episódio 4

O raio de uma esfera feita de liga de aço mede 4,0cm a 10 °C. Determine a dilatação térmica volumétrica sofrida por essa esfera se sua temperatura for elevada para 260 °C. (Dados: volume da esfera = $(4/3) \cdot \pi \cdot r^3$; $\alpha_{\text{liga de ferro}} = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$).

$$V_0 = (4/3) \cdot \pi \cdot r^3$$

$$v_0 = 4,19 \cdot 0,000064$$

$$v_0 = 0,00027 \text{ m}^3$$

$$\gamma = 3 \cdot (1,2 \cdot 10^{-5})$$

$$\gamma = 3,6 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\Delta v = 0,00027 \cdot (3,6 \cdot 10^{-5}) \cdot 250$$

$$\Delta v = 0,243 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

No episódio 4, acompanhamos a aluna Luana na resolução de um problema envolvendo a dilatação volumétrica de uma esfera metálica. O mesmo foi resolvido em três partes: cálculo do volume inicial da esfera, mostrada no diálogo 5.7; cálculo do coeficiente de dilatação volumétrica γ , mostrado no diálogo 5.8 e; cálculo da dilatação volumétrica da esfera, mostrado no diálogo 5.9.

No diálogo 5.7, entre os enunciados [14] e [15], temos o pesquisador ditando para Luana como ela deveria escrever a expressão “ v sublinhado zero”, numa relação II.1. Porém, para a mesma expressão, entre os enunciados [27] e [28], temos o pesquisador apenas pedindo que escrevesse a expressão “ v zero”, a aluna responde “sublinhado né?”, caracterizando uma relação do tipo II.3, culminando com a escrita da expressão “ v_0 ”, portanto uma relação do tipo II.4. Com relação aos sinais representativos das operações de multiplicação (*) e

potenciação (^), a aluna demonstrou já ter os incorporado, pela naturalidade com que os utilizou ([26], [36]). Assim como o aluno Gustavo, Luana também demonstrou a interiorização dos caracteres referentes às operações básicas e outros como o “sublinhado”, em processo de interiorização.

Diálogo 5.7 – Cálculo do volume inicial de um esfera metálica, pela aluna Luana, durante o episódio 4.

	[06]	Então vamos lá... é quatro terços vezes três vírgula quatorze. Quatro terços como ele é uma fração multiplicado por um número, que é três vírgula quatorze, então vai ser o que... é o mesmo que quatro vezes três vírgula quatorze e o resultado a gente divide por três, não é isso?
LUANA	[07]	É, multiplica depois divide.
	[...]	
LUANA	[09]	Trezentos e quatorze multiplicado por quatro? [Após pensar um pouco] mil duzentos e alguma coisa... mil duzentos e cinquenta e seis.
	[10]	Neste momento, o pesquisador ensina a aluna Luana a utilizar a calculadora do computador. O resultado foi 12,56, o mesmo resultado dado pela aluna Luana, em seu cálculo mental, a menos das casas decimais, já que o cálculo que o pesquisador pediu que fizesse foi 314 vezes 4.
PESQUISADOR	[11]	Então deu doze vírgula cinquenta e seis.
LUANA	[12]	Isso!
PESQUISADOR	[13]	Só que a gente tem que dividir por três. <i>[neste momento novamente utilizaram o recurso da calculadora do computador, já que o pesquisador pediu várias vezes para a aluna Luana levar o Soroban para a escola e ela sempre esquecia, alegando que nem gostava de levar mochila para a escola porque a mesma “ocupava seu espaço”].</i> A aluna não teve nenhuma dificuldade ao utilizar a calculadora já que o padrão para as operações básicas segue o mesmo padrão do LaTeX, ou seja, “asterisco” para multiplicação e “barra” para divisão. O resultado foi 4,19.
	[14]	Aperta o “Enter” pra gente continuar. Então põe aí “v zero”, v sublinhado zero.
LUANA	[15]	v_0 =
PESQUISADOR	[16]	Então a gente vai escrever... deu quatro vírgula dezenove né? Então põe aí quatro vírgula dezenove
LUANA	[17]	v_0 = 4,19
PESQUISADOR	[18]	Tá. Aí assim, faltou fazer aí... vezes o queria raio ao cubo né? Que é zero vírgula zero quatro elevado a três. Consegue fazer isso de cabeça?
LUANA	[19]	Não!
LUANA	[20]	<i>[Novamente recorreram ao cálculo via calculadora do computador].</i>

		0,04*0,04*0,04 – Agora aperta “enter”.
NVDA	[21]	result zero vírgula zero zero zero zero sessenta e quatro.
LUANA	[22]	Quantos zeros ele falou? Zero, zero zero... dois?
PESQUISADOR	[23]	zero vírgula zero zero zero zero sessenta e quatro.
LUANA	[24]	Quatro zeros depois da vírgula!
PESQUISADOR	[25]	Quatro zeros e depois sessenta e quatro. Aí a gente já tinha escrito aí quatro vírgula dezenove, então vezes
LUANA	[26]	Vezes?
		$v_0 = 4,19 \cdot 0,000064$
		Agora o “enter”
PESQUISADOR	[27]	Então escreve de novo aí v zero...
LUANA	[28]	v
		Sublinhado né?
PESQUISADOR	[29]	Isso! <i>[o cálculo foi feito na calculadora e o resultado foi 0,00027].</i>
LUANA	[30]	$v_0 = 0,00027$
PESQUISADOR	[31]	Agora qual que você acha que vai ser a unidade aí.
LUANA	[32]	Unidade eu não sei.
PESQUISADOR	[33]	Vamos ver as unidades que a gente usou aqui ó... pra calcular o volume. Quatro terços, não tem unidade, vezes o pi... o pi também não tem unidade nenhuma. O único que tem unidade aqui é o raio, o raio ao cubo. E o raio a gente colocou aqui em metros e você elevou o raio ao cubo. A unidade do raio é metro, metro ao... cubo, metro cúbico. A unidade de volume que a gente vai usar vai ser sempre o metro cúbico.
LUANA	[34]	Em todas?
PESQUISADOR	[35]	Em todas, porque é o sistema internacional. Agora pode acontecer que num problema ele te dá o valor do volume em outra unidade, só que aí temos que converter em metro cúbico. Tem que por metro cúbico, que é o mesmo que m elevado a três.
LUANA	[36]	$v_0 = 0,00027 \text{ m}^3$

Entre os enunciados [39] a [42], em que o pesquisador pergunta a aluna Luana como escreveriam “gama”, ao responder que deveriam escrever exatamente “gama”, sem se lembrar do comando “\gama”, demonstra que ela se lembrava da sintaxe, ou seja, sabia que letras gregas eram escritas por extenso, porém que o caractere “barra invertida”, por representar apenas uma marcação, era mais difícil de ser assimilado. Isso fica nítido quando a aluna confessa que tenta se lembrar do “barra invertida”, mas que pelo menos não havia se esquecido do “circunflexo”. Se analisarmos do ponto de vista do tipo de caractere, o “circunflexo” representa uma operação básica, enquanto que o “barra invertida” está associado a um elemento de marcação de comandos e funções. Neste sentido os caracteres relativos às

operações básicas tem um significado maior para os alunos que o “barra invertida”, por exemplo, explicando o fato de terem tanta dificuldade em se lembrar ou utilizá-lo de forma mais espontânea, como podemos verificar nos enunciados [46], [50], [52], [64], [78], [80] e [82], para a escrita dos caracteres representativos de multiplicação (*) e potência (^).

Diálogo 5.8 – Cálculo do coeficiente de dilatação volumétrica a partir do coeficiente de dilatação linear, pela aluna Luana, durante o episódio 4.

PESQUISADOR	[37]	Então tá aí, o volume inicial já foi calculado. Vamos ver se já dá pra gente calcular o... você tem o volume inicial, aí tem... precisava do... gama. Lembra lá delta v é igual a quê? V zero vezes o gama vezes o delta t. O gama a gente não tem, ele deu o alfa, o coeficiente de dilatação linear. Pra achar o gama, que é o coeficiente de dilatação volumétrica, a gente viu que o quê é alfa vezes?
LUANA	[38]	três.
PESQUISADOR	[39]	três. Isso mesmo!. Então dá um “enter” aí. Dá dois “enter” pra fica separado. Então agora a gente vai achar o “gama”. Como tem que escrever o gama?
LUANA	[40]	gama!!!
PESQUISADOR	[41]	barra invertida gama.
LUANA	[42]	Ah! Tá! Não lembrava disso não. Barra invertida... eu tento lembrar, mas... pelo menos eu não esqueci do “circunflexo”. \gama
PESQUISADOR	[43]	Então vamos lá! Barra invertida gama é igual.
LUANA	[44]	\gama =
PESQUISADOR	[45]	a três vezes
LUANA	[46]	\gama = 3*
PESQUISADOR	[47]	três vezes o alfa, só que o alfa é um vírgula dois... põe entre parênteses
LUANA	[48]	\gama = 3*(1,2
PESQUISADOR	[49]	vezes
LUANA	[50]	\gama = 3*(1,2*
PESQUISADOR	[51]	dez elevado a menos cinco.
LUANA	[52]	\gama = 3*(1,2*10^-5
PESQUISADOR	[53]	fecha o parênteses.
LUANA	[54]	\gama = 3*(1,2*10^-5)
PESQUISADOR	[55]	agora dá um “enter” pra gente resolver. Como que faz essa conta? Três vezes um vírgula dois vezes dez a menos cinco? Um vírgula dois vezes dez a menos cinco é uma notação científica, aí você tá multiplicando ele por um número, que é o três... como que fica o resultado?

LUANA	[56]	ele poderia ficar três vírgula seis?
PESQUISADOR	[57]	sim!
LUANA	[58]	sério?
PESQUISADOR	[59]	porque você multiplica só os números, a notação científica você mantém. Então três vezes um vírgula dois, fica três vírgula seis. Põe aí barra invertida gama é igual
LUANA	[60]	$\gamma =$
PESQUISADOR	[61]	vai ficar o que agora... três vírgula seis
LUANA	[62]	$\gamma = 3,6$
PESQUISADOR	[63]	vezes dez elevado a menos cinco.
LUANA	[64]	$\gamma = 3,6 \cdot 10^{-5}$.
PESQUISADOR	[65]	E qual que é a unidade mesmo dos coeficientes de dilatação?
	[...]	
PESQUISADOR	[71]	lembra do grau Celsius a menos um?
LUANA	[72]	Isso! E qual é a da dilatação superficial?
PESQUISADOR	[73]	pra todos eles vai ser graus Celsius a menos um. Porque todas as fórmulas lá não são... quando fala de dilatação, seja ela linear, volumétrica ou superficial, elas estão vinculadas a variação de temperatura, não é?
LUANA	[74]	É.
PESQUISADOR	[75]	Variou a temperatura, vai ocorrer dilatação, então a unidade de medida ela tá vinculada a temperatura, é grau Celsius a menos um.
LUANA	[76]	Graus Celsius, eu ponho ...
PESQUISADOR	[77]	Dá um espaço, pra não ficar tão junto... o grau é a mesma coisa que o elevado
LUANA	[78]	$\gamma = 3,6 \cdot 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
PESQUISADOR	[79]	agora o zero né e depois c, c maiúsculo.
LUANA	[80]	$\gamma = 3,6 \cdot 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
PESQUISADOR	[81]	Agora elevado a menos um.
LUANA	[82]	$\gamma = 3,6 \cdot 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

No momento de se calcular a dilatação volumétrica da esfera, Luana, embora não tenha utilizado de forma espontânea, recorrendo sempre ao pesquisador numa forma de buscar uma afirmação, se lembrou do caractere “barra invertida” ([84] e [96]). Em se tratando de um processo de interiorização de uma linguagem em fase de exploração, tal atitude é totalmente válida. Essa atitude pode ser entendida como um traço de “fala egocêntrica”, descrito por Vigotski (2010) como um instrumento psicológico, em que num primeiro momento parece ter a

função apenas de verbalizar, mas que em outros momentos tem o papel primordial no planejamento da resolução de problemas.

Diálogo 5.9 – Cálculo da dilatação volumétrica da esfera, pela aluna Luana, durante o episódio 4.

PESQUISADOR	[83]	Agora “enter” duas vezes de novo. Agora sim que a gente vai calcular quanto que é o delta v, que a variação... que é a dilatação. Então escreve aí “delta v”...
LUANA	[84]	barra invertida! Não?
PESQUISADOR	[85]	isso! Toda vez que for uma letra grega, você tem que por barra invertida.
LUANA	[86]	<i>\delta v [o pesquisador instruiu a aluna Luana a deixar um espaço entre a palavra “delta” e a letra “v” para que o leitor de tela não lesse toda a expressão como uma única palavra, por exemplo deltav]</i>
PESQUISADOR	[87]	delta v é igual... v zero, só que o v zero nosso é zero vírgula zero zero zero vinte e sete.
LUANA	[88]	três zeros depois da vírgula. $\delta v = 0,00027$
PESQUISADOR	[89]	vezes o gama... é melhor colocar um parênteses só pra organizar, porque o número vai ser três vírgula seis vezes dez elevado a menos cinco, só que já tem zero vírgula zero zero zero vinte e sete vezes... aí você vai colocar três vírgula seis vezes.... aí vai ficar deslocado.
LUANA	[90]	$\delta v = 0,00027 \cdot (3,6 \cdot 10^{-5})$
PESQUISADOR	[91]	vezes de novo
LUANA	[92]	$\delta v = 0,00027 \cdot (3,6 \cdot 10^{-5}) \cdot$
PESQUISADOR	[93]	agora variação de temperatura. Ele começou com dez graus Celsius e elevou até duzentos e sessenta. Quanto que é a variação de temperatura?
LUANA	[94]	duzentos e cinquenta. $\delta v = 0,00027 \cdot (3,6 \cdot 10^{-5}) \cdot 250$
PESQUISADOR	[95]	Agora dá enter... aí escreve de novo aí o delta v.
LUANA	[96]	agora tem que por o barra invertida! $\delta v =$
PESQUISADOR	[97]	Agora a gente vai ter que fazer essa conta aí. Você tem aquele número lá zero vírgula zero zero zero vinte e sete vezes três vírgula seis vezes duzentos e cinquenta. Aí no final vai a potência. Agora a gente vai só multiplicar os números. [após resolverem o cálculo utilizando a calculadora, o resultado obtido foi 0,243]. Então escreve aí zero vírgula duzentos e quarenta e três.
LUANA	[98]	$\delta v = 0,243$
PESQUISADOR	[99]	Aí faltou a gente multiplicar por dez elevado a menos cinco. Então põe aí dez elevado a menos cinco.

LUANA	[100]	$\Delta v = 0,243 \cdot 10^{-5}$
PESQUISADOR	[101]	Agora só faltou um detalhe... qual é a unidade de medida... do delta v. Delta v continua sendo volume, né?
LUANA	[102]	É difícil. Esse negócio já me deixando maluca! Não to entendendo nada! Como assim unidade de medida? Eu não gravo esses “trem” não!
PESQUISADOR	[103]	volume, nesse caso aqui vai ser sempre o que metro?
LUANA	[104]	cúbico. Ah! Tá! Essa é a unidade de medida do volume?
LUANA	[105]	$\Delta v = 0,243 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$

B. Análise dos episódios da segunda fase

B.1. Episódio 5

Um cabo de alumínio ($\alpha_{Al} = 2,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$), de 150m de comprimento, é preso entre dois postes, num dia em que a temperatura é de 35°C . De quanto ele se contrairá quando a temperatura baixar para 20°C ?

```
\begin{eqnarray*}
\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T \\
\Delta L = 150 \cdot 2,2 \cdot 10^{-5} \cdot (-15) \\
\Delta L = 330 \cdot 10^{-5} \cdot (-15) \\
\Delta L = -4950 \cdot 10^{-5} \\
\end{eqnarray*}
```

Percebam, com o diálogo 5.10, que foi feita uma leitura linha a linha do problema (em LLa), com o pesquisador a todo instante questionando o aluno Gustavo a respeito dos dados veiculados em cada linha do mesmo. Embora o aluno tenha mostrado certa insegurança em algumas respostas (enunciados [19] e [23], por exemplo), demonstrou compreensão ao listar cada dado do problema (em LMc) e no enunciado [29], após a leitura por parte do NVDA da terceira linha do problema, responde ao pesquisador sobre o objetivo principal do problema (em LMc), portanto uma relação do tipo II.2. Podemos perceber que mesmo em meio a uma leitura carregada do NVDA, ou seja, uma leitura exaustiva de pontuações e acentos (60% do total de palavras somente na primeira linha do problema), por exemplo, o aluno Gustavo foi capaz de extrair os principais dados do problema, sem que isso representasse uma barreira para o processo de “compreensão responsiva ativa” proposto por Bakhtin (1997).

Diálogo 5.10 – Momento de leitura e interpretação do enunciado do problema pelo aluno Gustavo, durante o episódio 5.

PESQUISADOR	[15]	volta lá no começo do exercício...
NVDA	[16]	um cabo de alumínio <u>abre parêntesis</u> <u>cifrão</u> <u>barra invertida</u> alfa <u>sublinhado</u> <u>abre chaves</u> al <u>fecha chaves</u> igual duas <u>vírgula</u> dois <u>asterisco</u> dez <u>circunflexo</u> <u>abre chaves</u> menos cinco <u>fecha chaves</u> <u>acento circunflexo</u> <u>barra invertida</u> circ c <u>acento circunflexo</u> <u>abre chaves</u> menos uma <u>fecha chaves</u> <u>cifrão</u> <u>fecha parêntesis</u> <u>vírgula</u> de cento e cinquenta m de comprimento <u>vírgula</u> <i>[leitura da primeira linha do exercício]</i>
GUSTAVO	[17]	cento e cinquenta metros.
PESQUISADOR	[18]	Então, nesta primeira linha, ele <i>[exercício]</i> te deu basicamente quais informações?
GUSTAVO	[19]	o tamanho do cabo... o c-o-e-f-i-c-i-e-n-t-e d-e dilatação linear... mais ou menos isso aí? Risos <i>[neste momento o pesquisador riu também]</i> .
PESQUISADOR	[20]	É. Ele te deu o tipo de material, disse que era um cabo de alumínio. Aí, entre parêntesis, ele te deu o coeficiente de dilatação linear, que é o alfa do alumínio e ele falou de quantos metros era o cabo, cento e cinquenta metros de comprimento. Segunda linha <i>[referindo-se a leitura da segunda linha]</i> .
NVDA	[21]	É preso entre dois postes <u>vírgula</u> num dia em que a temperatura é de <u>cifrão</u> trinta e cinco <u>circunflexo</u> <u>barra invertida</u> circ c <u>cifrão</u> <u>ponto</u> de quanto ele se <i>[leitura da segunda linha do exercício]</i>
PESQUISADOR	[22]	Aí nesta linha ele <i>[exercício]</i> falou sobre o quê?
GUSTAVO	[23]	que o fio está preso no poste num dia em que a temperatura é de trinta graus... trinta e cinco graus célsius?
PESQUISADOR	[24]	O fio está na verdade está preso entre dois postes, né... num dia em que a temperatura é de trinta e cinco graus célsius. Essa temperatura então seria a temperatura... que temperatura?
GUSTAVO	[25]	Como assim professor?
PESQUISADOR	[26]	É que ele falou que o fio tem cento e cinquenta metros de comprimento e tá preso entre dois postes num dia em que a temperatura é de trinta e cinco. Essa é sua temperatura inicial. Por que depois ele vai falar assim: “de quanto ele se...” <i>[lendo o final da linha 2]</i>
NVDA	[27]	Contrairá quando a temperatura baixar para <u>cifrão</u> vinte <u>circunflexo</u> <u>barra invertida</u> circ c <u>cifrão</u> <u>interrogação</u> <i>[leitura da terceira linha do exercício]</i>
PESQUISADOR	[28]	Ele quer saber o que?
GUSTAVO	[29]	Quanto ele se contrairá quando a temperatura baixar para vinte e cinco... <i>[fez um som com a boca, demonstrando ter dado uma informação errada]</i> vinte graus célsius.
PESQUISADOR	[30]	Então esse “vinte graus célsius” é sua temperatura?!
GUSTAVO	[31]	Final.
PESQUISADOR	[32]	Final. Então veja que ele te deu várias informações: que o cabo é de alumínio, te deu o valor de alfa (do alumínio), falou quanto era o comprimento inicial, que é de cento e cinquenta metros. Depois ele te diz que cabo está preso entre dois postes e que a temperatura inicial é de trinta e cinco graus célsius e ele quer saber de quanto que ele se contrairá quando a temperatura baixar para vinte graus célsius. Então agora a gente não está falando mais de dilatação, então ele não vai aumentar, ele vai diminuir de tamanho. Então como a gente vai calcular isso daí? A gente calcula da mesma forma. O quanto ele vai aumentar ou o quanto ele vai diminuir, significa o quanto ele vai variar no comprimento. Então continua sendo o delta... L. Aí o L zero é o comprimento inicial, o alfa é o coeficiente de dilatação do material, que neste caso é o alumínio e a variação de temperatura é essa

variação aí. Sempre vamos fazer temperatura final menos inicial. Neste caso a final é vinte e a inicial é trinta e cinco.

- GUSTAVO [33] Como é a fórmula mesmo professor?
- PESQUISADOR [34] Então vamos lá. “Dá um Enter...”. Aperta ENTER antes de começar a resolver. *[apertar significa apertar a tecla “Enter” do teclado, para que Gustavo pudesse ir para a linha seguinte, onde iniciaria a resolver o exercício].*
-

O diálogo 5.11 mostra que o aluno Gustavo embora se recordasse do ambiente matemático (“`\begin{eqnarray*}`”), demonstrado no enunciado [42], ainda não o utilizava com fluência. O enunciado [38] mostrou que ao se tratar de “ambiente matemático”, o aluno se recordava com mais facilidade do ambiente delimitado por “\$”, o primeiro aprendido pelos alunos desde a oficina de LaTeX. Como o aluno Gustavo não se recordou do ambiente “eqnarray”, o pesquisador precisou lembrá-lo quando utilizá-lo (enunciado [43]) e como deve escrevê-lo (enunciado [44]). Neste caso em que o pesquisador precisou soletrar o ambiente matemático (em LLa) para que Gustavo pudesse escrevê-lo (em LLa) antes de começar a resolver o problema, percebe-se uma relação do tipo II.1.

Diálogo 5.11 – Introdução ao ambiente matemático “`\begin{eqnarray*}`” por parte do aluno Gustavo, anteriormente à resolução do problema.

-
- PESQUISADOR [35] Antes de começar a resolver, o que tem que escrever para começar?
- GUSTAVO [36] Fórmula?
- PESQUISADOR [37] Antes de colocar a fórmula... como é que é o ambiente matemático que eu te ensinei?
- GUSTAVO [38] Ah! do cifrão... é mais ou menos isso daí, só não lembro como é que é... risos.
- PESQUISADOR [39] Ah! Gustavo!! O que a gente acabou de ver no exercício anterior, não tinha o... que você achou engraçado, que você falou que parecia oriental... *[referindo-se ao comentário de Gustavo a forma literal com que o NVDA leu a palavra “eqnarray”. Ele leu “eqnarrai” ao invés de “eqnare”].*
- GUSTAVO [40] Ah!... humm... não. O que eu achei engraçado professor?
- PESQUISADOR [41] Quando ele leu “eqnarrai”... *[referindo-se a leitura feita pelo NVDA para a expressão “eqnarray”, um dos ambientes matemáticos ensinado ao Gustavo].*
- GUSTAVO [42] Ah! Tá! O “eqnarrai”.
- PESQUISADOR [43] O que eu quero que você entenda é que sempre que formos resolver um exercício, vamos sempre resolver dentro de um ambiente matemático, que é da linguagem que estou te ensinando, que é a linguagem LaTeX. Então o ambiente que a gente vai sempre usar aí, é o “eqnarrai”. Então ele começa assim... na primeira linha você escreve barra invertida “begin” (b – e – g – i – n), abre chaves, “eqnarrai”. Aí a gente vai colocar um asterisco e aí fecha chaves.
- [44] Então coloca aí: barra invertida... “begin”, é b – e – g – i – n, abre chaves. Aí você vai escrever “eqnarrai”, então é e – q – n – a – r – r – a – y, você vai colocar um asterisco. O asterisco é sempre

quando a gente não quer que ele [referindo-me a linguagem LaTeX] numere... porque a linguagem original geralmente ela numera as equações. Então você põe um asterisco. Aí fecha chaves.

Após a introdução do ambiente matemático adequado ao modo multilinhas de resolução problemas, foi solicitado ao aluno que escrevesse a fórmula que utilizaria nesse processo. Percebemos no diálogo 5.12 a predominância da categoria II.4, ao ditar as partes da fórmula em LMc para que o aluno as digitasse em LLa. O interessante foi o discurso compreendido entre os enunciados [44] e [49], em que o pesquisador questiona o aluno Gustavo sobre como se escreveria a expressão “Delta L”, ao que respondeu em LLa “barra invertida delta L” (enunciado [47]). Neste caso vemos que o mesmo lembrou exatamente o comando em LaTeX, inclusive o caractere especial “barra invertida”, que normalmente omitia nos diálogos anteriores, culminando com a escrita, no enunciado [49] para a expressão “\Delta L”. No entanto para algumas expressões, como a escrita para o L inicial (enunciados [54] e [55]) e para a letra grega alfa (enunciados [62] e [63]) prevalece a relação II.1, por tratarem-se de expressões pouco usadas e no caso do alfa, o fato de a linguagem LaTeX ser baseada na língua inglesa.

Diálogo 5.12 – Escrita da expressão para o cálculo da dilatação térmica linear proposta pelo problema, por parte do aluno Gustavo.

PESQUISADOR	[44]	[...] A primeira coisa, só para você tentar memorizar, é a gente colocar a equação que você vai precisar usar. Então é delta L... como se escreve delta?
GUSTAVO	[45]	Vai colocar a palavra delta... não... maiúscula. Delta... L... <i>[neste momento Gustavo tossiu].</i>
PESQUISADOR	[46]	não engasga não!!! Risos. Você está indo certo, você só tem que ter certeza... risos... porque você tá em dúvida...
GUSTAVO	[47]	Barra invertida delta L <i>[pausa]</i> [...]
GUSTAVO	[49]	\Delta L <i>[escrevendo no computador]</i>
PESQUISADOR	[50]	“Igual” agora...
GUSTAVO	[51]	\Delta L = <i>[a forma como escreveu. Antes de colocar o sinal de “igual”, havia errado e colocado o “hífen”]</i>
PESQUISADOR	[52]	Agora você tem o “L” inicial ou o L zero. Então você pode por o L maiúsculo...
GUSTAVO	[53]	\Delta L = L
PESQUISADOR	[54]	Como é L zero, é um índice... então você vai colocar L sublinhado zero.
GUSTAVO	[55]	\Delta L = L_0
PESQUISADOR	[56]	Então este é o L zero. Vezes...

GUSTAVO	[57]	$\Delta L = L_0^*$
PESQUISADOR	[58]	Alfa. Da mesma forma que você escreveu o Delta lá, você vai escrever o alfa.
GUSTAVO	[59]	Dentro do barra invertida?
PESQUISADOR	[60]	Isso.
GUSTAVO	[61]	$\Delta L = L_0^*$
PESQUISADOR	[62]	Aí o alfa também com letra maiúscula. Então "A". Só que esse alfa é um pouco diferente de como a gente escuta, porque não é um alfa com "f", ele é com "ph". Então A – l – p – h – a.
GUSTAVO	[63]	$\Delta L = L_0^* \text{Alpha}$
PESQUISADOR	[64]	Vezes
GUSTAVO	[65]	$\Delta L = L_0^* \text{Alpha}^*$
PESQUISADOR	[66]	Aí você vai colocar Delta T.
GUSTAVO	[67]	É para colocar a palavra delta?
PESQUISADOR	[68]	Aí sempre que a gente colocar essas letras "delta", "alpha", a gente vai sempre fazer assim: barra invertida e a letra escrita por extenso.
GUSTAVO	[69]	$\Delta L = L_0^* \text{Alpha}^* \Delta T$

Após a introdução do ambiente matemático e escrita da fórmula a ser desenvolvida em cada caso, o aluno pode então resolver o respectivo problema, substituindo os dados fornecidos pelos enunciados e isolando-se a variável a ser calculada. Em alguns momentos do diálogo 5.13, como mostrado entre os enunciados [162] e [163], percebeu-se a incidência da categoria II.1, porém houve uma predominância da categoria II.4, em que as falas entre o pesquisador e o aluno Gustavo se davam no âmbito da LMc enquanto a escrita por parte do aluno era traduzida em LLa.

Diálogo 5.13 – Resolução do problema propriamente dito pelo aluno Gustavo.

PESQUISADOR	[91]	Então você vai escrever de novo aí "delta L é igual".
GUSTAVO	[92]	$\Delta L =$
PESQUISADOR	[93]	Agora vamos substituir. "Delta L é igual a L zero", é o comprimento inicial. Quanto que é o comprimento inicial do fio?
GUSTAVO	[94]	150 metros.
PESQUISADOR	[95]	Então coloca aí... 150.
GUSTAVO	[96]	$\Delta L = 150$
PESQUISADOR	[97]	Vezes

- GUSTAVO [98] $\Delta L = 150^*$
- PESQUISADOR [99] Agora e o alfa?
- GUSTAVO [100] Devo colocar “barra invertida” e o alfa?
- PESQUISADOR [101] Não, você vai substituir. Quanto que é o alfa? Aí você vai ter que voltar. Vai com a setinha *[cursor]* lá para cima e vê quanto que é o alfa. Vai lá no início do exercício.
- NVDA [102] dois travessão um cabo de alumínio abre parêntesis cifrão barra invertida alfa sublinhado abre chaves al fecha chaves igual duas vírgula dois asterisco dez circunflexo abre chaves menos cinco fecha chaves acento circunflexo [...]
- GUSTAVO [103] 2,2
- PESQUISADOR [104] *[ensinei o Gustavo “selecionar” a expressão, “copiar” e “colar” onde precisar, para não precisar ter que memorizar tudo]*
- GUSTAVO [105] $\Delta L = 150 * 2,2 * 10^{-5}$
- PESQUISADOR [106] A gente já colocou o alfa, falta agora o “delta T”. De quanto foi a variação de temperatura?
- [...]
- GUSTAVO [109] A inicial foi de 35 *[referindo-se a temperatura]*
- PESQUISADOR [110] Hum... E a final?
- GUSTAVO [111] Era de 20.
- PESQUISADOR [112] Então quanto vai ficar a variação de temperatura?
- GUSTAVO [113] *[falando enquanto pensa]* 20 menos 35... vai ficar... deixa eu ver... menos 15.
- [...]
- GUSTAVO [117] O que eu tenho que fazer aqui é abrir o parêntesis e colocar o menos 15?
- PESQUISADOR [118] Ahã!
- GUSTAVO [119] $\Delta L = 150 * 2,2 * 10^{-5} * (-15)$
- [...]
- GUSTAVO [161] $\Delta L = 330 * 10^{-5} * (-15)$
- PESQUISADOR [162] barra invertida barra invertida...
- GUSTAVO [163] $\Delta L = 330 * 10^{-5} * \backslash$
- PESQUISADOR [164] Aí tem que escrever de novo aí delta L...
- GUSTAVO [165] $\Delta L =$
- PESQUISADOR [166] Agora temos que terminar de fazer a conta. Tem trezentos e trinta vezes dez elevado a menos cinco vezes menos quinze.
- [...]
- PESQUISADOR [168] Dá quatro mil novecentos e cinquenta.

GUSTAVO	[169]	Nossa senhora!!
PESQUISADOR	[170]	Então como é menos quinze, o resultado é negativo. Menos quatro mil novecentos e cinquenta.
GUSTAVO	[171]	$\Delta L = -4950$
PESQUISADOR	[172]	Aí vezes... porque temos o dez elevado a menos cinco...
GUSTAVO	[173]	$\Delta L = -4950 \cdot 10^{-5}$
		[...]
	[179]	$\Delta L = -0,0495\text{m}$
		[...]
GUSTAVO	[181]	$\end{eqnarray}$

B.2. Episódio 6

Um agrimensor usa uma trena de aço ($\alpha_{\text{aço}} = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$) de 100m de comprimento a $20 \text{ } ^\circ\text{C}$. Qual deve ser o valor do comprimento da trena a $10 \text{ } ^\circ\text{C}$?

```
\begin{eqnarray*}
L-L_0 = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T \\
L-100 = 100 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot (-10) \\
L-100 = -1200 \cdot 10^{-5} \\
L = -0,012 + 100 \\
L = 99,99\text{m}
\end{eqnarray*}
```

O diálogo 5.14 mostra de um lado o aluno Gustavo bastante ativo, participativo, tentando entender o enunciado do problema e de outro o pesquisador sanando suas dúvidas, mas deixando que o aluno tirasse suas próprias conclusões. De forma que os enunciados [02] a [05] são apenas instrutivos, pois o aluno não estava entendendo alguns conceitos que tinham aparecido. Nos enunciados de [06] a [09], o pesquisador solicita ao aluno que retome a leitura do problema pelo NVDA para tentar entender os dados do problema. Os enunciados [10], [12] e [14] revela o grau de compreensão do aluno Gustavo com respeito ao que foi ouvido, numa relação do tipo II.2.

Diálogo 5.14 – Momento de leitura e interpretação do enunciado do problema pelo aluno Gustavo, durante o episódio 6.

NVDA	[01]	um agrimensor usa uma trena de aço abre parêntesis cifraõ barra invertida alpha sublinhado abre chaves aço fecha chaves igual uma vírgula dois asterisco dez circunflexo abre chaves menos cinco fecha chaves circunflexo barra invertida erro ortográfico circ
------	------	---

		c circunflexo abre chaves menos uma fecha chaves cifrão fecha parêntesis de cem m [leitura da primeira linha]
PESQUISADOR	[02]	O que ele falou até agora? Entendeu alguma coisa?
GUSTAVO	[03]	Deixa eu ver... um... um cara aí usa uma trena de aço... o aço tem dois vírgula dois vezes dez... é, mais ou menos isso daí...
NVDA	[04]	três travessão um agrimensor usa uma trena de aço abre parêntesis cifrão barra invertida alpha sublinhado abre chaves aço fecha chaves igual uma vírgula dois asterisco dez circunflexo abre chaves menos cinco fecha chaves circunflexo barra invertida erro ortográfico circ c circunflexo abre chaves menos uma fecha chaves cifr... [a leitura foi interrompida]
PESQUISADOR	[05]	Ele fala de um agrimensor... é tipo um agrônomo, um profissional que trabalha no campo. Aí ele fala que ele usa uma trena de aço... trena é aquele instrumento de fazer medida né... Ele te deu uma informação. O alpha do aço que é um vírgula dois vezes dez elevado a menos cinco graus célsius a menos um. Esse é o alpha. Ele fala que a trena é de aço, ele te dá o alpha do aço e aí ele fala que a trena tem cem metros
NVDA	[06]	de comprimento a cifrão vinte circunflexo erro ortográfico circ c cifrão ponto qual deve ser o valor do comprimento da trena a cifrão dez circunflexo barra invertida erro ortográfico circ c cifrão interrogação [leitura da segunda linha do problema].
GUSTAVO	[07]	Como é aí? O que ele quer saber?
PESQUISADOR	[08]	Na primeira linha ele só te deu informação. Aí na segunda linha, vamos ver...
NVDA	[09]	de comprimento a cifrão vinte circunflexo erro ortográfico circ c cifrão ponto qual deve ser o valor do comprimento da trena a cifrão dez circunflexo barra invertida erro ortográfico circ c cifrão interrogação [leitura da segunda linha do problema].
GUSTAVO	[10]	Ele quer saber o comprimento da trena a dez graus célsius, certo?
PESQUISADOR	[11]	Isso. Ele falou que a trena tem...
GUSTAVO	[12]	cem metros.
PESQUISADOR	[13]	cem metros a quantos graus?
GUSTAVO	[14]	vinte graus

O diálogo 5.15 nos revelou algo interessante, que representou um avanço em relação ao episódio anterior. No episódio anterior o aluno Gustavo não se lembrava do ambiente matemático “eqnarray”, apenas se recordava do “cifrão”. Neste episódio, embora Gustavo tenha recorrido ao pesquisador para ensiná-lo a escrever o comando (enunciado [32]), nos enunciados [28] e [30] o aluno demonstrou ter assimilado o comando. O fato de o aluno não se recordar da escrita do comando não quer dizer que o mesmo não tenha sido interiorizado por ele, pois se analisarmos o processo de desenvolvimento da linguagem, em Vigotski (2010), veremos que o processo de interiorização se dá pelo acúmulo de mudanças estruturais e funcionais, que vão formar a base do pensamento. Neste caso, podemos perceber que primeiramente o aluno se apropriou da palavra do ponto de

vista oral, de seu significado dentro da linguagem LaTeX, mas a apropriação do conjunto oral + escrita virá com a experiência e o uso da linguagem.

Diálogo 5.15 – Introdução ao ambiente matemático “`\begin{eqnarray*}`” por parte do aluno Gustavo, anteriormente à resolução do problema, durante o episódio 6.

PESQUISADOR	[27]	Antes de escrever a fórmula como é o ambiente matemático lá...
GUSTAVO	[28]	Ah! Do <code>eqnarray</code> lá?
PESQUISADOR	[29]	Isso. Mas antes do <code>eqnarray</code> tem o que?
GUSTAVO	[30]	tem o... tem... tem o <code>Begin</code> ...
PESQUISADOR	[31]	Hoje você tá com a memória boa... risos. Então vamos lá! Sempre que você vai fazer um comando no LaTeX tem o barra invertida. Barra invertida <code>Begin</code> e depois entre chaves você vai por o <code>eqnarray</code> .
GUSTAVO	[32]	<code>\</code> como escreve <code>Begin</code> mesmo?
PESQUISADOR	[33]	b – e – g – i – n
GUSTAVO	[34]	<code>\begin</code>
PESQUISADOR	[35]	Abre chaves...
GUSTAVO	[36]	<code>\begin{</code>
PESQUISADOR	[37]	E aí como se escreve <code>eqnarray</code>
GUSTAVO	[38]	e – q – n – a – r – r – y.
PESQUISADOR	[39]	Só faltou uma letra, que é depois do r – r – a – y. Então vai lá...
GUSTAVO	[40]	<code>\begin{eqnarray</code>
PESQUISADOR	[41]	Antes de fechar a chave tem um asterisco... que eu falei lá que como a gente vai escrever... vai resolver o exercício em várias linhas, a gente não quer que ele numere as linhas. Então no código você tem que colocar o asterisco.
GUSTAVO	[42]	<code>\begin{eqnarray*}</code>

O diálogo 5.16 mostra o momento em que o aluno, juntamente com o pesquisador, construíam a expressão algébrica para o cálculo da dilatação linear de sólidos. Percebemos que o aluno Gustavo conhecia a expressão, porém novamente do ponto de vista oral, necessitando que o pesquisador o corrigisse, para que soubesse a forma correta de escrever cada termo ([57], [59] e [61]). Como o pesquisador as pronunciava em linguagem matemática convencional e o aluno as escrevia já na linguagem LaTeX, caracterizou-se numa relação com a linguagem do tipo II.4. Podemos comparar essa relação ao quarto estágio no processo de interiorização da linguagem, descrito por Vigotski (2010), pois enquanto a fala se deu no âmbito da linguagem matemática convencional, a escrita na linguagem LaTeX exige que o aluno recorra a sua memória lógica, que é interior. Em outras palavras, para que o aluno dialogue em linguagem matemática convencional e

escreva em LaTeX, é preciso que a linguagem LaTeX, ao menos parcialmente, já esteja interiorizada.

Diálogo 5.16 – Escrita da expressão para o cálculo da dilatação térmica linear proposta pelo problema, por parte do aluno Gustavo, durante o episódio 6.

PESQUISADOR	[43]	Agora como que coloca a expressão?
GUSTAVO	[44]	Aí coloca... a expressão da...
		Ah! Pra colocar aqui L_0 ... não... L igual a L_0 vezes...
PESQUISADOR	[45]	Antes do igual faltou só uma coisa!
GUSTAVO	[46]	Faltou...
PESQUISADOR	[47]	Antes do igual não é delta L ?
GUSTAVO	[48]	Sim!
PESQUISADOR	[49]	Então é L menos...
GUSTAVO	[50]	menos L inicial?
PESQUISADOR	[51]	Isso. É o L_0 . Então L menos L_0 .
GUSTAVO	[52]	$L - L_0 =$
PESQUISADOR	[53]	E agora, o que vem depois do igual?
GUSTAVO	[54]	Pode ser... α vezes t . Não?
PESQUISADOR	[55]	Humm. É que como você colocou o L_0 antes você tá achando que depois não tem de novo, mas L_0 que você colocou antes tem a ver com o delta L , porque delta L é L menos L_0 , mas o que vem depois do igual continua sendo L_0 vezes α vezes delta t .
GUSTAVO	[56]	$L - L_0 = L_0 * \alpha$
PESQUISADOR	[57]	Aí como o α é uma letra grega e você está escrevendo por extenso, você tem que colocar o barra invertida antes. Só neste caso, para letra grega ou quando é um comando, que nem uma fração... uma raiz, aí você coloca o barra invertida.
GUSTAVO	[58]	$L - L_0 = L_0 * \alpha * t$
PESQUISADOR	[59]	Aí como é delta t e não só t , então como tem o delta e é uma letra grega, você tem que colocar barra invertida... e esse delta tem letra maiúscula. Assim como no nosso alfabeto nós temos letras maiúsculas e minúsculas, as letras gregas também e nesse caso que é variação, a letra é maiúscula.
GUSTAVO	[60]	$L - L_0 = L_0 * \alpha * \Delta t$
PESQUISADOR	[61]	E esse t também é maiúsculo tá! É porque o t minúsculo em Física está sempre relacionado com o tempo e o t maiúsculo com temperatura.
GUSTAVO	[62]	Eu não sabia disso.
		$L - L_0 = L_0 * \alpha * \Delta T$
PESQUISADOR	[63]	Agora vamos lá! Barra invertida barra invertida

Após a escrita da expressão algébrica correspondente à dilatação térmica linear de sólido, o diálogo 5.17 mostra o processo de resolução do problema propriamente dito. Ao substituírem os dados do problema na expressão, o pesquisador a todo instante tentava fazer com que o aluno se lembrasse do enunciado do problema. Quando isso não acontecia, solicitava que o aluno retomasse a leitura do enunciado, buscando sempre o desenvolvimento de sua autonomia. Nos enunciados [81] a [89] tivemos um momento em que o pesquisador perguntou a Gustavo sobre o valor de “alfa” e como ele sabia parcialmente, precisou retornar ao enunciado do problema e bastou apenas ouvir mais uma vez e o aluno respondeu prontamente o valor correto, numa relação do tipo II.2. Quando se equivocou quanto ao valor da variação de temperatura, entre os enunciados [93] a [100], ao retomar a leitura novamente também conseguiu compreender a leitura feita pelo NVDA, pronunciando o valor correto (II.2). De modo geral houve uma predominância da relação II.4 devido ao fato de o pesquisador ao acompanhar passo a passo a resolução do exercício só dialogava com Gustavo em linguagem matemática convencional, enquanto ele escrevia as expressões em LaTeX.

Diálogo 5.17 – Resolução do problema propriamente dito pelo aluno Gustavo.

PESQUISADOR [65]	E agora... enter... e tenta resolver! O que que você não conhece aí?
GUSTAVO [66]	Não conhecemos... o L... o delta L
PESQUISADOR [67]	O delta L? Mas do delta L... você não conhece nada do delta L?
GUSTAVO [68]	É vai ser o... não conhecemos o L final,
PESQUISADOR [69]	Isso. Então aí você copia ele de novo... L...
GUSTAVO [70]	L
PESQUISADOR [71]	Aí a expressão não é L menos L ₀ ? Só que o L ₀ mede quanto?
GUSTAVO [72]	cem.
PESQUISADOR [73]	Então você vai colocar menos cem.
GUSTAVO [74]	L-100 [Gustavo pensando em voz alta] vezes... vinte?
PESQUISADOR [75]	faltou um igual aí.
GUSTAVO [76]	L-100=
PESQUISADOR [77]	aí a primeira letra que aparece é... oh, é l menos l zero é igual a l zero vezes alfa vezes delta t. Então o primeiro é l zero.
GUSTAVO [78]	Tô esquecendo tudo professor, to esquecendo até do alfa. L-100=100
PESQUISADOR [79]	vezes...
GUSTAVO [80]	asterisco... L-100=100*

- PESQUISADOR [81] quanto é o alfa?
- GUSTAVO [82] um vírgula dois...
- PESQUISADOR [83] hum! O que mais?
- GUSTAVO [84] um vírgula dois vezes dez elevado a...
- PESQUISADOR [85] você pode voltar com a setinha aqui... volta lá no início do problema
- NVDA [86] um agrimensor usa uma trena de aço abre parêntesis cifrão barra invertida alpha sublinhado abre chaves aço fecha chaves igual uma vírgula dois asterisco dez circunflexo abre chaves menos cinco fecha chaves circunflexo barra invertida erro ortográfico circ c circunflexo abre chaves menos uma fecha chaves cifrão fecha parêntesis de cem m
- GUSTAVO [87] pronto!
- PESQUISADOR [88] é um vírgula dois vezes quanto?
- GUSTAVO [89] vezes dez elevado a menos cinco.
- PESQUISADOR [90] isso. Agora com a setinha pra baixo você volta... você vai pra baixo até a parte que você tava.
- GUSTAVO [91] $L-100=100*1,2*10^{-5}$
- PESQUISADOR [92] você colocou o alfa. Agora vezes o delta t. quanto que é a variação de temperatura?
- GUSTAVO [93] foi de... deixa eu ver... dez?
- PESQUISADOR [94] É, você só tem que tomar cuidado com o sinal, porque é delta t, então não é sempre final menos inicial? A final foi quanto?
- GUSTAVO [95] vinte.
- PESQUISADOR [96] a final foi vinte?
- GUSTAVO [97] foi não?
- PESQUISADOR [98] volta lá... sempre que você tiver dúvida, volta lá no seu problema. Volta lá.
- NVDA [99] de comprimento a cifrão vinte circunflexo erro ortográfico circ c cifrão ponto qual deve ser o valor do comprimento da trena a cifrão dez circunflexo barra invertida erro ortográfico circ c cifrão interrogação
- GUSTAVO [100] Ah! então tem que ser dez menos vinte?
- PESQUISADOR [101] Ele disse que a trena tem cem metros a vinte graus Celsius. Ele quer saber qual deve ser o comprimento final quando a temperatura for de dez. Então dez é a temperatura final, menos a inicial... vai dar quanto?
- GUSTAVO [102] menos dez.
- PESQUISADOR [103] menos dez. então volta lá com a setinha... Ai ó, você está na linha, só que o cursor não está exatamente no final, aí um jeito de você resolver é... bem aqui em cima tem o END, quer ver, aperta aí... *[encaminhando o dedo indicador de Gustavo para ele sentir onde ficava a tecla END].*

- NVDA [104] nova linha.
- PESQUISADOR [105] quando ele fala "nova linha" é porque ele já está no final da linha. Então agora você vai continuar resolvendo. Você põe vezes...
- GUSTAVO [106] $L-100=100*1,2*10^{-5}$... menos dez?
- PESQUISADOR [107] Isso, aí você como você vai colocar menos dez, abre um parênteses aí...
- GUSTAVO [108] $L-100=100*1,2*10^{-5}*(-10)$
- PESQUISADOR [109] Aí terminou essa parte. Agora barra barra invertida...
- Aí antes do igual está l menos 100. Esse aí não tem como fazer nada agora. Vamos resolver o que está do outro lado do igual, que é... copia de novo aí l menos cem...
- GUSTAVO [110] L-100
- PESQUISADOR [111] igual...
- GUSTAVO [112] L-100=
- PESQUISADOR [113] Aí a gente vai ter cem vezes um vírgula dois... na verdade é cem vezes um vírgula dois vezes dez elevado a menos cinco, mas a potência de dez a gente sempre multiplica ela por último, e tem o menos dez. Vamos ver, se for cem vezes um vírgula dois...
- [...]
- Então põe aí menos mil e duzentos e põe a potência de dez.
- GUSTAVO [114] $L-100=-1200*10^{-5}$
- PESQUISADOR [115] barra barra invertida
- GUSTAVO [116] $L-100=-1200*10^{-5}\backslash$
- PESQUISADOR [117] Aí continua lá L menos cem...
- GUSTAVO [118] L-100=
- PESQUISADOR [119] sempre que você tiver dúvida, volta na linha anterior pra ver o que tem lá...
- NVDA [120] L hífen cem é igual a menos mil e duzentos asterisco dez circunflexo menos cinco barra invertida barra invertida
- [...]
- PESQUISADOR [123] Então pensa lá... o número é mil e duzentos... você vai andar cinco casas pra esquerda. Que número que fica?
- GUSTAVO [124] deixa eu ver...
- PESQUISADOR [125] Vai ficar zero vírgula zero doze. Então como que vai ficar, vai ficar menos zero vírgula zero doze.
- GUSTAVO [126] $L-100=-0,012$
- PESQUISADOR [127] Agora você tem L menos cem é igual menos zero vírgula doze. Não esquece do barra barra invertida... vamos pra próxima linha. Você quer calcular quem é o L, que é o comprimento final, aí você tem L menos cem que é igual a menos zero vírgula zero doze. O que você vai ter que fazer?

GUSTAVO	[128]	$L = -0,012 + 100 \backslash$
PESQUISADOR	[129]	próxima linha...
GUSTAVO	[130]	$L =$
PESQUISADOR	[131]	Aí você tem menos zero vírgula zero doze mais cem. Você pode inverter aí né? Cem menos zero vírgula zero doze. Fica mais fácil pra você pensar...
		Na calculadora deu 99,988. Que é um número muito pequeno né? Então de cem, ela vai passar a ter 99,988 metro.
GUSTAVO	[132]	$L = 99,99m$
PESQUISADOR	[133]	Agora finalizou, você vai pra próxima linha. Aí põe barra invertida end
GUSTAVO	[134]	$\backslash end$
PESQUISADOR	[135]	Aí você abre chaves
GUSTAVO	[136]	$\backslash end\{$
PESQUISADOR	[137]	$eqnarray...$
GUSTAVO	[138]	$\backslash end\{eqnarray$
PESQUISADOR	[139]	agora asterisco e fecha chaves
GUSTAVO	[140]	$\backslash end\{eqnarray*\}$

B.3. Episódio 7

Duas cargas elétricas puntiformes de $5 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ e $0,3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$, no vácuo, estão separadas entre si por uma distância de 5 cm. Calcule a intensidade da força de repulsão entre elas.

```
\begin{eqnarray*}
F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{d^2} \\
F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-5} \cdot 0,3 \cdot 10^{-6}}{(0,05)^2} \\
F = \frac{13,5 \cdot 10^{-2}}{0,0025} \\
F = 54N
\end{eqnarray*}
```

Neste episódio, a aluna Luana resolvia um problema que envolvia Lei de Coulomb. O diálogo 5.18 traz o momento em que juntamente com o pesquisador, fazem a leitura do enunciado do problema, por meio do NVDA. Inicialmente (enunciados [01] a [07]) o pesquisador deixa a aluna manipular sozinha o computador, retomando ao início do problema quantas vezes fossem necessárias, a fim de contribuir com o desenvolvimento de sua autonomia. Percebemos em alguns momentos que a aluna permanece em silêncio, sem realizar qualquer movimento com o “cursor” do teclado, em um momento particular de pensamento. Após este momento, algo lhe chamou a atenção e que nos surpreendeu. A aluna Luana, no

enunciado [09] perguntou ao pesquisador sobre a função do “cifrão”. Durante a primeira fase ele foi omitido por julgarmos que o excesso de caracteres durante a leitura por parte dos leitores de tela poderia ser uma barreira no processo de compreensão dos alunos, então embora tenha sido ensinado a Luana sua função durante a oficina, o mesmo soava estranho para ela. Após a explicação do pesquisador sobre a função do “cifrão”, ao questionar Luana sobre o significado de uma expressão entre “cifrão” que aparecia no texto (enunciado [10]), Luana responde corretamente “cinco vezes dez elevado a menos seis”(enunciado [11]), numa relação do tipo II.2.

Após este momento, o pesquisador começou a acompanhar juntamente com Luana a leitura do enunciado do problema, linha a linha (enunciados [18] a [37]), retomando sempre que foi necessário e sempre questionando Luana a respeito dos dados fornecidos pelo problema. Ao responder a cada questionamento ([25], [27], [29], [33] e [35]), demonstrou compreensão com relação a linguagem LaTeX, pronunciada pelo NVDA, em que predominou uma relação do tipo II.2.

Diálogo 5.18 – Momento de leitura e interpretação do enunciado do problema pela aluna Luana, durante o episódio 7.

NVDA	[01]	<i>duas cargas elétricas puntiformes de $\text{cifrão cinco asterisco dez circunflexo menos cinco c cifrao e cifrao zero vírgula três asterisco dez circunflexo menos seis c cifrao vírgula no vácuo vírgula estão}$ [Leitura da primeira linha do enunciado].</i> <i>Separadas entre si por uma distância de cinco cm ponto calcule a intensidade da força de repulsão entre</i> [leitura da segunda linha do enunciado]. <i>Elas ponto</i> [leitura da terceira linha do enunciado].
PESQUISADOR	[02]	Agora eu quero que você navegue pelas linhas do exercício e depois eu quero que você me diga o que você entendeu né... o que você conseguiu compreender e depois a gente vai resolver, pela Lei de Coulomb. Se você quiser mexer com a setinha... [referindo-se ao cursor do teclado, de forma a sozinha navegar pelo enunciado do problema. Neste momento ela retomou a leitura desde a primeira linha]
NVDA	[03]	<i>duas cargas elétricas puntiformes de $\text{cifrão cinco asterisco dez circunflexo menos cinco c cifrao e cifrao zero vírgula três asterisco dez circunflexo menos seis c cifrao vírgula no vácuo vírgula estão}$ [Leitura da primeira linha do enunciado].</i> <i>Separadas entre si por uma distância de cinco cm ponto calcule a intensidade da força de repulsão entre</i> [leitura da segunda linha do enunciado]. <i>Elas ponto</i> [leitura da terceira linha do enunciado].
SILÊNCIO	[04]	Neste momento a aluna Luana encontra-se em silêncio, como quem está pensando.
PESQUISADOR	[05]	Aí você faz o que você quiser, como normalmente faz pra entender... voltar várias vezes... se você quiser ir palavra por palavra... O importante é conseguir compreender o exercício.
SILÊNCIO	[06]	Novamente a aluna Luana ficou em silêncio.

- NVDA [07] *Separadas entre si por uma distância de cinco cm ponto calcule a intensidade da força de repulsão entre [leitura da segunda linha do enunciado].*
- Exercícios extra dois pontos capítulo dois abre parênteses bonjorno vírgula erro ortográfico vol ponto único vírgula dois ed ponto vírgula dois mil e uma fecha parênteses travessão lei de coulombo abre parênteses pag ponto trezentas e sessenta e seis fecha parênteses. [Leitura do cabeçalho da lista de exercícios]*
- Setessentos e vinte e seis travessão duas cargas elétricas puntiformes de cifrão cinco asterisco dez circunflexo menos cinco c cifrão e cifrão zero vírgula três asterisco dez circunflexo menos seis c cifrão vírgula no vácuo vírgula estão [Leitura da primeira linha do enunciado].*
- Separadas entre si por uma distância de cinco cm ponto calcule a intensidade da força de repulsão entre [leitura da segunda linha do enunciado].*
- PESQUISADOR [08] O que você entendeu?
- LUANA [09] Professor! Cifrão serve pra quê?
- PESQUISADOR [10] Sempre quando você tem uma expressão matemática no meio do texto, então é o que diferencia ela do restante do texto. Toda vez que a gente vai ler um texto e de repente aparece um “cifrão”, quer dizer que vai ter uma expressão matemática que vai vir a seguir. A expressão matemática é colocada, tal, aí quando termina a expressão matemática, tem outro “cifrão”... o que você escreve entre um “cifrão” e outro, é um ambiente matemático. Então toda expressão matemática é escrita entre dois cifrão. Então aí, qual é a expressão matemática que ele colocou entre cifrão?
- “Duas cargas puntiformes de...” aí “cifrão cinco asterisco dez circunflexo menos cinco c”. O que significa isso?
- LUANA [11] Cinco vezes dez elevado a menos seis.
- PESQUISADOR [12] O que é o “c”?
- LUANA [13] Cêeeee...
- PESQUISADOR [14] É a unidade de medida de carga elétrica.
- [15] Quem que é o cara que vocês estão estudando? Quem é o cientista que vocês estão estudando nessa parte aí?
- LUANA [16] Coulomb!
- PESQUISADOR [17] Coulomb. A unidade que se estabeleceu de carga elétrica é o Coulomb, que é o “C” maiúsculo. As vezes a gente confunde, por exemplo quando vamos falar de temperatura, que tem o grau Celsius, que também é “C”, só que sempre o grau Celsius vai aparecer com uma “bolinha” antes. Vai ter sempre um acento circunflexo, aí vai ter barra invertida circle e o C. Como se fosse uma “bolinha” na parte de cima e o C. Agora só o C sozinho é Coulomb. Então volta lá na outra linha para ver o que você entendeu?
- NVDA [18] *duas cargas elétricas puntiformes de cifrão cinco asterisco dez circunflexo menos cinco c cifrão e cifrão zero vírgula três asterisco dez circunflexo menos seis c cifrão vírgula no vácuo vírgula estão [Leitura da primeira linha do enunciado].*

PESQUISADOR	[19]	Nessa primeira linha, que informações tem?
LUANA	[20]	Humm! Tem as cargas...
PESQUISADOR	[21]	São quantas cargas?
LUANA	[22]	Hummm!.
PESQUISADOR	[23]	Oh! Vamos voltar...
NVDA	[24]	<i>duas cargas elétricas puntiformes de 5×10^{-8} C e 3×10^{-8} C no vácuo estão</i> [Leitura da primeira linha do enunciado].
LUANA	[25]	Duas.
PESQUISADOR	[26]	Então são duas cargas elétricas puntiformes de... Aí tudo o que aparece entre 5×10^{-8} são as informações que ele tá dando das duas cargas. "São duas cargas puntiformes de... cinco..."
LUANA	[27]	vezes dez elevado a menos seis C?
PESQUISADOR	[28]	Isso! ... e...
LUANA	[29]	zero vírgula três vezes dez elevado a menos seis C.
PESQUISADOR	[30]	Então uma é... um é cinco vezes dez a menos cinco coulombs e a outra é zero vírgula três vezes dez elevado a menos seis coulombs. "no vácuo, estão..." [leitura do final da linha 1 do enunciado]
NVDA	[31]	<i>Separadas entre si por uma distância de cinco cm ponto calcule a intensidade da força de repulsão entre</i> [leitura da segunda linha do enunciado].
PESQUISADOR	[32]	Ele te deu duas cargas. Ele falou que elas estão no vácuo e estão separadas entre si por uma distância de...
LUANA	[33]	cinco centímetros.
PESQUISADOR	[34]	cinco centímetros. E ele pede pra você calcular o quê?
LUANA	[35]	A força de repulsão
PESQUISADOR	[36]	Ele quer a intensidade da força de repulsão entre elas. E aí, como você vai fazer? Você vai usar a Lei de Coulomb.
LUANA	[37]	Aí fica "F" igual a "K" vezes "Q1" vezes "Q2" dividido por "d" ao quadrado.

Após a leitura do enunciado do problema e extraídos os dados contidos nele, o próximo passo foi resolvê-lo. A resolução do problema, dentro dessa abordagem da linguagem LaTeX começa com a determinação do ambiente matemático a ser adotado, que seja adequado ao padrão de escrita, ou seja, uma linha ou multilinhas. Ao ser perguntado para a aluna Luana qual ambiente matemático deveria usar, a mesma perguntou no enunciado [41] "qual? Equation ou eqnarray?". Quando o pesquisador afirma que resolveriam o problema usando múltiplas linhas, Luana com muita convicção responde "então, o eqnarray!" ([43]). A

aluna demonstrou ter compreendido o significado de cada ambiente matemático que fora aprendido anteriormente, quando o pesquisador ao estudar a teoria sobre Lei de Coulomb com Luana, a apresenta aos novos ambientes matemáticos:

[...] toda expressão matemática que você vai escrever, se é numa única linha, vamos utilizar o ambiente “equation”. Aí tem, na linha anterior você vai escrever “barra invertida begin abre chaves equation”... aí você coloca sua expressão, aí no final tem que escrever “barra invertida end... equation... Então esse aqui é o “jeitão”... ele não vai mudar, o que vai mudar é a expressão que você vai colocar no meio, mas o padrão sempre vai ser esse. [...] O tal do barra invertida begin eqnarray... lembra que eu te falei o que era esse “eqnarray”? é outro ambiente matemático. Porque quando a gente vai resolver um problema, a gente usa várias linhas. Anteriormente a gente usou o “equation”, porque era numa única linha só. Agora aqui a gente vai resolver o problema em várias linhas.

Da mesma forma que o aluno Gustavo, Luana se lembrou do ambiente matemático, mas oralmente, a escrita teve que ser auxiliada pelo pesquisador.

Diálogo 5.19 – Introdução ao ambiente matemático “ $\begin{eqnarray*}$ ” por parte da aluna Luana, anteriormente à resolução do problema, durante o episódio 7.

PESQUISADOR	[38]	Isso! Muito bem! Risos. O que a gente vai fazer agora é substituir esses valores. Agora tem alguma coisa que você tem que mexer aí? Por exemplo, sempre quando a gente vai fazer, antes de começar a fazer o exercício, primeiro, você tem que entender o enunciado, entender quais são os dados que ele te dá. Depois é perceber se esses dados estão no sistema internacional. Por exemplo, as cargas aí são dadas em coulomb. A distância foi dada em centímetro. Está tudo certo, ou não?
LUANA	[39]	A distância tem que ser metro.
PESQUISADOR	[40]	E as cargas são sempre em Coulomb, então não tem problema com elas. Então agora você vai dar “enter” pra começar resolver... E antes disso, com é que é, a gente vai resolver dentro de... a gente precisa começar nosso ambiente matemático. O que tem que escrever pra gente começar, qual é a primeira linha que temos que escrever? Qual ambiente que estou ensinando pra você?
LUANA	[41]	Qual? O “equation” ou o “eqnarray”?
PESQUISADOR	[42]	A gente vai resolver o exercício né, a gente vai usar mais de uma linha...
LUANA	[43]	Então, o “eqnarray”!
PESQUISADOR	[44]	Isso! Então como que escreve?
LUANA	[45]	Ficaaaaa.... Begin... aí... eqnarray...
PESQUISADOR	[46]	É por aí... risos.
LUANA	[47]	É, tem o asterisco!
PESQUISADOR	[48]	Isso! Sempre quando a gente coloca um comando, ele vem sempre acompanhado do barra invertida. Então você põe “barra

invertida begin abre chaves eqnarray asterisco fecha chaves".
Então escreve aí...

LUANA [49] $\begin{eqnarray*}$

O diálogo 5.20 foi bastante surpreendente, pois a aluna Luana mostrou bastante domínio da linguagem LaTeX, inclusive caracteres que na primeira fase mostraram-se de difícil assimilação, como foi o caso do “sublinhado”, usado na diferenciação de índices, o “barra invertida”, pois não representando uma operação básica, a aluna sempre esquecia de inseri-lo nas fórmulas, se recordou da função “\frac” representativa de fração, que não foi muito utilizado na primeira fase. Podemos perceber o pesquisador acompanhando todo o processo de construção da expressão algébrica, porém Luana se mostrou bastante ativa durante todo o diálogo. Podemos perceber uma predominância da categoria II.4, em que a fala entre o pesquisador e Luana se deram no âmbito da linguagem matemática convencional, porém a escrita se deu em LaTeX.

Diálogo 5.20 – Introdução da expressão algébrica para a Lei de Coulomb, por parte da aluna Luana, durante o episódio 7.

PESQUISADOR	[50]	Isso! Agora você já pode dar enter e começar a resolver.
	[51]	Escreve aí... Bom, você pode fazer do jeito que você quiser, se você quiser escrever a expressão de Coulomb e depois começar a substituir ou você já vai substituindo... Qual era a expressão de Coulomb mesmo, que você falou?
LUANA	[52]	“F” igual a “K” vezes “Q1” vezes “Q2” dividido por “d” ao quadrado.
PESQUISADOR	[53]	Então como que fica escrito aí...
LUANA	[54]	“F” maiúsculo...
PESQUISADOR	[55]	Vai escrevendo... risos.
LUANA	[56]	F Ponho o sublinhado?
PESQUISADOR	[57]	Você só vai por o sublinhado quando você está... porque ele não falou entre a carga Q1, Q2, que tenha mais de uma força que você tenha que nomear, por exemplo, F1, F2... Aí você tá só chamando de “F”. Aí você não precisa colocar.
LUANA	[58]	F= O “k” é minúsculo né?
PESQUISADOR	[59]	Hum! Hum! <i>[sinalizando positivamente]</i>
LUANA	[60]	F=k Vezes...
PESQUISADOR	[61]	Você tem que pensar que a expressão é uma fração né? Que é “k” vezes “Q1” vezes “Q2” dividido por “d” quadrado. Como é que você faz quando é fração?

- LUANA [62] Põe “barra invertida” e escreve “frac”. Tá, mas agora fica só “K” vezes “Q1” vezes “Q2”? Ou tem que por o “frac” antes?
- PESQUISADOR [63] Então, é que o “k” vezes “Q1” vezes “Q2” tá no numerador e no denominador tá o “d” quadrado. Então tem que colocar...
- LUANA [64] barra invertida frac.
$$F=k\backslashfrac$$

Aí eu posso escrever aqui “vezes Q1 vezes Q2”
- PESQUISADOR [65] Mas primeiro você abre chaves né, aí você põe o numerador
- LUANA [66]
$$F=k\backslashfrac{\quad}$$

Tem que por o asterisco antes?
- PESQUISADOR [67] No “k”?
- LUANA [68] Porque assim: “F” é igual “k” vezes “Q1” vezes “Q2”, aí eu abri chaves. Não tem que por o vezes aqui antes do “Q1”?
- PESQUISADOR [69] Acho que aí nesse caso, aí dentro você escreve o “Q1” depois põe o asterisco... só antes do... você escreveu “k” barra invertida “frac”. O “k” também tá multiplicando o que vem na frente, não é? Aí então você põe “k” asterisco, vezes, aí você pode começar “barra invertida frac”... Só faltou um asterisco antes do “frac”. Bom, mas escreve aí depois você põe. Escreve o “Q1”... aí sim, você tá chamando a carga de “Q1”, aí você põe Q sublinhado 1.
- LUANA [70] É o “SHIFT” hífen né?
- PESQUISADOR [71] Isso!
- LUANA [72]
$$F=k\backslashfrac{Q_1*Q_2}$$
- PESQUISADOR [73] Esse é o seu numerador. Agora você vai fechar chaves. Aí você vai abrir chaves de novo e vai colocar o denominador. O que que vem no denominador? É Q1 vezes Q2 dividido por?
- LUANA [74]
$$F=k\backslashfrac{Q_1*Q_2}{\quad}$$
- LUANA [75] “d” ao quadrado.
Tem que por barra invertida? Não né?
- PESQUISADOR [76] Você só põe barra invertida quando você tem uma função, que nem fração, você põe barra invertida frac, ou então quando é uma letra grega, tipo barra invertida delta, alfa. Quando é só a letra normal, número normal, não precisa não. Entendeu?
- LUANA [77] Ah! Entendi, é que eu achei que podia usar o barra para divisão.
- PESQUISADOR [78] Ah! Tá! É porque assim, você pode escrever uma fração também como sendo, por exemplo, um número barra outro né, só que você usa o barra normal e não o barra invertida. Aí no caso a gente sempre usa o “frac”, porque sempre são expressões mais complexas, por exemplo, se é um meio, então você põe um barra dois. É a mesma coisa, no LaTeX você usa também como fração. Nesse caso pra fazer o... o que diferencia do barra frac aí é o fato de você usar dois conjuntos de chaves, então o primeiro conjunto de chaves é o numerador e o segundo é o denominador, então por isso que você não precisa da barra.

LUANA	[79]	Ah! Tá!... “d” ao quadrado né? $F=k\frac{Q_1*Q_2}{d^2}$ Aí fecha chaves?
PESQUISADOR	[80]	Fecha chaves.
LUANA	[81]	$F=k\frac{Q_1*Q_2}{d^2}$
PESQUISADOR	[82]	Aí no “eqnarray”, como a gente vai usar sempre várias linhas, aí no final de cada linha você põe duas barras invertidas, pra simbolizar que ele vai continuar na linha de baixo.
LUANA	[83]	$F=k\frac{Q_1*Q_2}{d^2}\\$
PESQUISADOR	[84]	Só uma coisinha que faltou. Volta na linha anterior. Depois do “k” faltou um asterisco só. Vai com a setinha até chegar no “k”.
LUANA	[85]	$F=k*\frac{Q_1*Q_2}{d^2}\\$
PESQUISADOR	[86]	Agora vai para a linha de baixo...

Da mesma forma que no diálogo anterior, o diálogo 5.21 mostra o pesquisador conduzindo Luana para a resolução do problema, após ter escrito a expressão algébrica da Lei de Coulomb. Primeiramente foi feita a substituição das variáveis para posterior cálculo da força elétrica entre as cargas Q1 e Q2. A única dificuldade encontrada por Luana com relação à linguagem LaTeX foi o fato de não lembrar das duas barras invertidas ao final de cada linha da resolução de problemas, tendo o pesquisador que lembrá-la. Os enunciados [09], [106], [110] e [122], em que Luana, foi solicitada a substituir as variáveis “k”, carga Q1, carga Q2 e distância ao quadrado, demonstrou domínio dos códigos referentes à operações básicas, como multiplicação (*), divisão (“\frac”), potência (^), além do caractere utilizado para a diferenciação de índices (_). Durante todo o diálogo vemos a predominância da categoria II.4, demonstrando, segundo Vigotski (2010), que parte da linguagem LaTeX já se encontra no processo de interiorização, correspondente ao quarto estágio, em que a mesma já começa a estruturar o pensamento, passando a funcionar como um instrumento psicológico na resolução de problemas.

Diálogo 5.21 – Resolução do problema propriamente dito, por parte da aluna Luana, durante o episódio 7.

PESQUISADOR	[87]	Agora você vai substituir. O que ele quer que você calcule é a força. Então é exatamente o “F”. Você vai deixar o “F” e vai substituir os outros.
LUANA	[88]	F Igual a cinco vezes dez elevado a menos cinco c...
PESQUISADOR	[89]	“F” é igual. Aí tem que substituir o valor de “k”. “k” é uma constante. Qual é o valor de “k”?
LUANA	[90]	Constante... é igual aquele nove elevado a nona?
PESQUISADOR	[91]	Nove vezes dez elevado a nona. Esse é o “k”. Então “F” é igual, e no lugar de “k” você põe nove vezes dez elevado a nona.

- [...]
- LUANA [94] $F = 9 \cdot 10^9$
- PESQUISADOR [95] Vezes né... Porque é “k” vezes... aí vai vir a fração.
- LUANA [96] $F = 9 \cdot 10^9 \cdot$
Agora barra invertida né?
- PESQUISADOR [97] Isso!. Agora vem a fração. Como você vai...
- LUANA [98] $F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{1}{5}$
Aí abre chaves!
- PESQUISADOR [99] Você vai escrever o que agora... Q1 vezes Q2 né?
- LUANA [100] Isso.
- PESQUISADOR [101] Lembra de cabeça quem é Q1 e Q2?
- LUANA [102] cinco vezes dez elevado a menos cinco “c”, é o Q1.
- [...]
- PESQUISADOR [105] Aí como é menos cinco, aí você põe entre chaves, porque é o número mais o sinal que você quer deixar elevado.
- LUANA [106] $F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{1}{5^5}$
- PESQUISADOR [107] Essa foi a carga Q1 né... vezes a carga Q2.
- LUANA [108] $F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{1}{5^5} \cdot$
- PESQUISADOR [109] Quem é a carga Q2?
- LUANA [110] zero vírgula três vezes dez elevado a menos seis.
 $F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{1}{5^5} \cdot 0,3 \cdot 10^{-6}$
- PESQUISADOR [111] Agora você precisa fechar mais uma chave, porque isso daí é o numerador né? Agora você abre chaves de novo, pra colocar o denominador
- LUANA [112] $F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{1}{5^5 \cdot 0,3 \cdot 10^{-6}} \cdot$
- PESQUISADOR [113] Agora não é distância ao quadrado? Quanto que era a distância?
- LUANA [114] Cinco centímetros!
- [...]
- LUANA [120] $F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{1}{5^5 \cdot 0,3 \cdot 10^{-6}} \cdot (0,05^2$
- PESQUISADOR [121] E agora? Fecha chaves...
- LUANA [122] $F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{1}{5^5 \cdot 0,3 \cdot 10^{-6}} \cdot (0,05^2$
- PESQUISADOR [123] Aí terminou a linha você tem que por duas barras invertidas...
- LUANA [124] $F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{1}{5^5 \cdot 0,3 \cdot 10^{-6}} \cdot (0,05^2) \backslash \backslash$
- PESQUISADOR [125] Pode continuar resolvendo... enter...
Agora como você resolve a conta?

- [126] *[como a aluna ficou sem reação, aguardando o próximo passo, sendo que deveria continuar resolvendo o exercício, o pesquisador interferiu]* O “F” você mantém, que é o que você quer achar... escreve o “F”.
- LUANA [127] F
- PESQUISADOR [128] O que você vai resolver primeiro?
- LUANA [129] Primeiro tem que resolver as potências, não é?
- [...]
- PESQUISADOR [132] Como é que fica os números? Você tem nove vezes cinco... quanto que dá?
- LUANA [133] Quarenta e cinco.
- PESQUISADOR [134] Põe o igual aí... pode escrever quarenta e cinco... na verdade tem que por o... escrever o frac antes. Você vai continuar com a fração... você tá só multiplicando o que está no numerador... só apaga o quarenta e cinco e põe o código de fração
- LUANA [135] $F = \frac{\quad}{\quad}$
- PESQUISADOR [136] Agora abre chaves...
- LUANA [137] $F = \frac{\quad}{\quad}$
- PESQUISADOR [138] A gente fez nove vezes cinco, que dá quarenta e cinco. Agora se pegarmos quarenta e cinco vezes zero vírgula três... sem pensar na vírgula... se fosse quarenta e cinco vezes três, dá quanto?
- LUANA [139] Quarenta e cinco vezes três? [após pensar um pouco] – cento e trinta e cinco.
- [...]
- PESQUISADOR [144] Então nesse caso deu cento e trinta e cinco, mas como tem uma casa decimal, treze vírgula cinco. Então põe aí treze vírgula cinco.
- LUANA [145] $F = \frac{13,5}{\quad}$
- PESQUISADOR [146] Agora vamos resolver as potências. Você põe vezes...
- LUANA [147] $F = \frac{13,5^{\quad}}{\quad}$
- PESQUISADOR [148] Agora as potências você tem dez a nona vezes dez a menos cinco vezes dez a menos seis. Qual operação que você tem que fazer? Você tem três potências de mesma base...
- LUANA [149] Somar.
- PESQUISADOR [150] Mantém a base né, que é dez e soma os expoentes. Então o dez você já pode colocar aí...
- LUANA [151] $F = \frac{13,5^{10}}{\quad}$
- PESQUISADOR [152] Agora o que vai mudar é a potência... então põe o sinal de elevado
- [153] Se você der um espaço, ele também mostra o sinal... *[referindo-se ao fato de o código para potência ser o acento circunflexo. Por ser um acento, só se torna visível e legível ao redor de tela quando inserimos o próximo caractere ou clicamos na barra de espaço].*
- LUANA [154] Mas não precisa por chaves não né?

- PESQUISADOR [155] Não. Quer dizer, não sei, vamos ver. Você tem nove positivo aí você tem menos cinco e menos seis. Nove menos cinco dá?
- LUANA [156] Nove menos cinco? Quatro.
- PESQUISADOR [157] Quatro. Quatro menos seis?
- LUANA [158] Quatro menos seis? *[após pensar um pouco]* – Fica dois?
- PESQUISADOR [159] O sinal que “manda” é o maior número. Se é quatro menos seis... então vai dar...
- LUANA [160] Menos dois.
- PESQUISADOR [161] Então vai ter que abrir chaves e por menos dois.
- LUANA [162] Tá.
- $F = \frac{13,5 \cdot 10^{-2}}{\quad}$
- PESQUISADOR [163] Aí você fecha chaves de novo, que aí já é do denominador. Aí abre chaves pra gente colocar o denominador
- LUANA [164] $F = \frac{13,5 \cdot 10^{-2}}{\quad}$
- PESQUISADOR [165] Agora você tem zero vírgula zero cinco ao quadrado. E agora? Você tem zero vírgula zero cinco vezes zero vírgula zero cinco. O raciocínio é o mesmo que eu falei pra você, a conta que você vai ter que fazer é cinco vezes cinco...
- LUANA [166] Vinte e cinco.
- [...]
- LUANA [170] $F = \frac{13,5 \cdot 10^{-2}}{0,0025}$
- PESQUISADOR [171] Agora fecha chaves...
- LUANA [172] $F = \frac{13,5 \cdot 10^{-2}}{0,0025}$
- PESQUISADOR [173] Aí de novo barra invertida barra invertida...
- LUANA [174] Ah! É!
- $F = \frac{13,5 \cdot 10^{-2}}{0,0025}$
- PESQUISADOR [175] A gente vai continuar na outra linha que ainda tem mais uma conta. De novo “F” é igual...
- LUANA [176] F =
- [...]
- LUANA [184] Fração
- [...]
- LUANA [189] $F = 54N$
- PESQUISADOR [190] Agora finalizou. Você vai para a linha de baixo pra fechar o ambiente matemático... aí escreve o quê?
- LUANA [191] `end eqnarray`
- PESQUISADOR [192] Não esqueça do “barra invertida”...

LUANA	[193]	\end
PESQUISADOR	[194]	Agora abre chaves...
LUANA	[195]	\end{eqnarray}
PESQUISADOR	[196]	Põe o asterisco...
LUANA	[197]	\end{eqnarray*}
PESQUISADOR	[198]	Aí tá feito o exercício.

B.4. Episódio 8

Duas cargas elétricas puntiformes de $5 \cdot 10^{-5}$ C\$ e $0,3 \cdot 10^{-6}$ C\$, no vácuo, estão separadas entre si por uma distância de 5 cm. Calcule a intensidade da força de repulsão entre elas.

```
\begin{eqnarray*}
F=k*\frac{Q_1*Q_2}{d^2}\\
F = 9*10^9*\frac{5*10^{-5}*0,3*10^{-6}}{0,05^2}\\
F = \frac{13,5*10^{-2}}{0,0025}\\
F = 54N
\end{eqnarray*}
```

No diálogo 5.22, em que a aluna Luana, após várias leituras feitas pelo NVDA (enunciados [01], [06], [11] e [13]), demonstra compreender sua leitura ao responder aos questionamentos feitos pelo pesquisador sobre os dados do problema, finalizando com o enunciado [26] em que soletra a expressão para o cálculo da força elétrica entre duas cargas puntiformes separadas por uma distância “d” no espaço.

Diálogo 5.22 – Momento de leitura e interpretação do enunciado do problema pela aluna Luana, durante o episódio 8.

NVDA	[01]	a intensidade da força entre duas cargas elétricas puntiformes iguais <u>vírgula</u> situadas no vácuo <i>[leitura da primeira linha do exercício]</i>
		A uma distância de dois m uma da outra <u>vírgula</u> é de duzentas e duas <u>vírgula</u> cinco n <u>ponto</u> qual o valor das cargas <u>interrogação</u> <i>[leitura da segunda linha do exercício]</i>
	[...]	
PESQUISADOR	[05]	Você entendeu o exercício? O exercício tem duas linhas!! Risos. Vamos ler de novo
NVDA	[06]	a intensidade da força entre duas cargas elétricas puntiformes iguais <u>vírgula</u> situadas no vácuo <i>[leitura da primeira linha do exercício]</i>
PESQUISADOR	[07]	O que você entendeu dessa linha?

	[...]	
LUANA	[10]	Tem duas forças... não... duas cargas... sei lá o que... formes...
NVDA	[11]	setecentos e vinte e sete <u>travessão</u> a intensidade da força entre duas cargas elétricas puntiformes iguais <u>vírgula</u> situadas no vácuo <i>[leitura da primeira linha do exercício]</i>
LUANA	[12]	Humm, estão situadas no vácuo!
NVDA	[13]	A uma distância de dois m uma da outra <u>vírgula</u> é de duzentas e duas <u>vírgula</u> cinco n <u>ponto</u> qual o valor das cargas <u>interrogação</u> <i>[leitura da segunda linha do exercício]</i>
LUANA	[14]	dois m... então dois metros só ou... é um m só né?... ah tá! Então já está em metros!
PESQUISADOR	[15]	Essa é a distância entre as duas cargas. E o que é o... que ele [NVDA] falou assim... “dois m uma da outra é de duzentas e duas vírgula cinco n”. O que é isto?
LUANA	[16]	duzentos e dois vírgula cinco n?
PESQUISADOR	[17]	duzentos e dois vírgula cinco n... n maiúsculo!
LUANA	[18]	Ah! É o Newton!
PESQUISADOR	[19]	Então o que é isto aí? É a... Força Elétrica né?
LUANA	[20]	É.
	[...]	
PESQUISADOR	[23]	Mas ele quer saber qual o valor das cargas...
LUANA	[24]	Não tinha essa na lista não!
PESQUISADOR	[25]	Risos... Esse eu peguei de um outro livro... Mas a expressão é a mesma. Qual é a expressão para a Lei de Coulomb?
LUANA	[26]	“F” igual a “K” vezes “Q1” vezes “Q2” dividido por distância ao quadrado.

Ao questionar o pesquisador, no enunciado [44] do diálogo 5.23, se seria necessário utilizar várias linhas para a resolução do exercício, a aluna Luana demonstrou não só ter entendido a função do ambiente matemático, como suas características, ou seja, o fato de o ambiente “eqnarray” ser utilizado quando se quer escrever expressões matemáticas multilinhas. Porém podemos perceber que este domínio é parcial, ou seja, demonstrou domínio oral, como podemos perceber nos enunciados [48] e [50], porém ainda não domina totalmente sua escrita.

Diálogo 5.23 – Introdução ao ambiente matemático “ $\begin{eqnarray}$ ” por parte do aluna Luana, anteriormente à resolução do problema.

PESQUISADOR	[43]	Então vamos lá! Primeira coisa antes de resolver... como que a gente tem que... qual é o ambiente matemático?
LUANA	[44]	Vai ser em muitas linhas?

PESQUISADOR	[45]	Vai ser em muitas linhas.
		[...]
PESQUISADOR	[47]	Sendo em várias linhas qual que é?
LUANA	[48]	É o “eqnarray”!
PESQUISADOR	[49]	Então como que começa então!
LUANA	[50]	“begin eqnarray”.
PESQUISADOR	[51]	Isso! Só que sempre “barra invertida”...
LUANA	[52]	Ah é! barra invertida begin eqnarray asterisco, aí fecha!
PESQUISADOR	[53]	Isso! Então escreve aí
LUANA	[54]	Tem que por “chaves”?
PESQUISADOR	[55]	Tem! É barra invertida...
LUANA	[56]	Chaves!
PESQUISADOR	[57]	...begin... aí depois do begin... é que você vai escrever só o eqnarray entre chaves...
LUANA	[58]	Ah! É?
PESQUISADOR	[59]	... begin abre chaves eqnarray...
LUANA	[60]	Ah! Tá! “\begin”...
PESQUISADOR	[61]	Aí você abre chaves...
LUANA	[62]	“\begin{eqnarray* “ ... aí fecha!
PESQUISADOR	[63]	Isso!
LUANA	[64]	\begin{eqnarray*}

Para o diálogo 5.24, em que a aluna Luana foi solicitada a escrever a expressão para a força elétrica entre duas cargas puntiformes separadas por uma distância “d” uma da outra, percebe-se a predominância da categoria II.4. No enunciado [67] em que o pesquisador relembra a aluna Luana parte da fórmula que ela havia se esquecido “‘Q1’ vezes ‘Q2’ dividido por ‘d’ ao quadrado”, expressa totalmente em LMc, e no enunciado [68] a aluna prontamente responde em LLa “ah! é!... vou pôr ‘barra invertida frac’!”. O mesmo também se pode perceber para operações básicas como o sinal de asterisco, representativo da operação de multiplicação (enunciados [66] e [76]) e o acento circunflexo, representativo da operação de potência (enunciado [82]).

Diálogo 5.24 – Escrita da expressão para o cálculo da força elétrica entre duas cargas pontuais separadas por uma distância d , proposta pelo problema, por parte da aluna Luana.

PESQUISADOR	[65]	Aí você vai para a linha de baixo... Agora escreve a expressão...
LUANA	[66]	$F=K*$ (enquanto escrevia, pensava em voz alta: “F é igual a K vezes...” “Q1” e “Q2” né?
PESQUISADOR	[67]	Só que aí você tem que lembrar que é uma fração. Vai ser “Q1” vezes “Q2” dividido por “d” ao quadrado.
LUANA	[68]	Ah! É!... vou pôr “barra invertida frac”!
PESQUISADOR	[69]	Isso! Risos.
LUANA	[70]	Tem que apagar o “vezes”[referindo-se ao sinal de asterisco que havia colocado]
PESQUISADOR	[71]	Não. Porque é o “K” vezes a fração. A fração vem depois.
LUANA	[72]	Ahhh! Achei que vinha antes. $F=K*\frac{...}{...}$ tem que abrir chaves?
PESQUISADOR	[73]	Tem.
LUANA	[74]	$F=K*\frac{...}{...}$ [enquanto escrevia falava: “aqui é... “Q1” e “Q2”, referindo-se à expressão que deveria colocar dentro das chaves] $F=K*\frac{q_1}{q_2}$ agora é o sublinhado né? [referindo-se ao modo de expressar o índice na linguagem LaTeX, já que terá que colocar q_1] $F=K*\frac{q_1}{q_2}$
PESQUISADOR	[75]	“Q1” vezes “Q2”...
LUANA	[76]	$F=K*\frac{q_1*q_2}{...}$ “Q1” vezes “Q2” fecha chaves?
PESQUISADOR	[77]	Isso! Aí você vai terminar de escrever o numerador né?
LUANA	[78]	$F=K*\frac{q_1*q_2}{...}$
PESQUISADOR	[79]	Agora para escrever o denominador como é que faz?... Você tem que abrir chaves de novo...
LUANA	[80]	É verdade! $F=K*\frac{q_1*q_2}{...}$
PESQUISADOR	[81]	Aí você vai colocar d ao quadrado.
LUANA	[82]	$F=K*\frac{q_1*q_2}{d^2}$... agora fecha de novo!
PESQUISADOR	[83]	Isso!
LUANA	[84]	$F=K*\frac{q_1*q_2}{d^2}$

No diálogo 5.25, em que a aluna Luana resolve matematicamente o problema envolvendo Lei de Coulomb, podemos perceber, entre os enunciados [140] a [143], que após o questionamento do pesquisador sobre como

escreveríamos uma fração, a aluna pronuncia a resposta em LLa (“barra invertida frac”) e depois escreve a expressão também em LLa (“\frac”), portanto tivemos a incidência das categorias II.3 e II.4. Percebe-se uma incidência da categoria II.1 entre os enunciados [165] a [169], em que o pesquisador lembra a aluna Luana como deveria escrever a expressão para uma raiz quadrada (“\sqrt”) e na finalização do problema, entre os enunciados [182] a [185], fechando o ambiente matemático (“\end{eqnarray*}”). No restante do diálogo percebe-se a predominância da categoria II.3, em que a aluna discursa com o pesquisador em LMc, ou consigo mesmo (pensando em voz alta), como podemos perceber no enunciado [96], e escreve em LLa.

Diálogo 5.25 – Resolução do problema propriamente dito pela aluna Luana.

PESQUISADOR	[87]	Agora você vai só substituir. Então “F” você sabe, quanto que é o “F”?
LUANA	[88]	Duzentos e dois vírgula cinco. Então “F” igual a 202,5 ou só
PESQUISADOR	[89]	Não, você está substituindo, então no lugar do “F” você vai colocar...
LUANA	[90]	202,5
PESQUISADOR	[91]	202,5. Então pode pôr aí... O “F” é o que está antes do igual né? Agora você põe o valor dele.
LUANA	[92]	202,5=
PESQUISADOR	[93]	E agora?
LUANA	[94]	Nove vezes dez elevado a nove.
PESQUISADOR	[95]	Isso!
LUANA	[96]	202,5=9*10^9 [Luana pensando alto: “nove vezes dez elevado a nove”...]
	[...]	
PESQUISADOR	[106]	Depois do “k” vem uma fração né? “Q1” vezes “Q2” sobre “d” ao quadrado. Por enquanto a gente vai continuar escrevendo na forma de fração. Então você tem que colocar o barra invertida frac...
LUANA	[107]	202,5=9*10^9*\frac
PESQUISADOR	[108]	E agora como você faz para colocar o numerador?
	[...]	
LUANA	[111]	202,5=9*10^9*\frac{Q^2}{4}\backslash
PESQUISADOR	[112]	Agora vamos lá! Agora a gente vai tentar isolar que é o “Q”...
LUANA	[113]	É.
	[...]	

[131] $202,5 \cdot 4 = 9 \cdot 10^9 \cdot Q^2 \backslash$

[...]

LUANA [137] $810 = 9 \cdot 10^9 \cdot Q^2 \backslash$

PESQUISADOR [138] Bom, a intenção é deixar o q sozinho né? O que sobrou... você tem oitocentos e dez igual a nove vezes dez a nona vezes q ao quadrado. Então nove vezes dez a nona é que está multiplicando, então ele vai ter que ir... se ele passar do outro lado, ele vai...

LUANA [139] Dividindo

PESQUISADOR [140] Então como vai ficar? Então antes do igual você vai ter uma... fração não é? Você vai ter oitocentos e dez dividido por nove vezes dez a nona. Como é que escreve a fração?

LUANA [141] Barra invertida frac.

PESQUISADOR [142] Isso!

LUANA [143] $\frac{810}{9 \cdot 10^9} = Q^2$

[...]

[159] $90 \cdot 10^{-9} = Q^2 \backslash$

[...]

PESQUISADOR [162] Então agora o que você tem que escrever... q é igual...

LUANA [163] $Q =$

PESQUISADOR [164] Agora é uma raiz quadrada. Você vai escrever barra invertida sqrt

LUANA [165] $Q = \sqrt{}$

PESQUISADOR [166] Aí como é raiz quadrada não é preciso escrever o índice, a gente já vai colocar o radicando. Então você abre chaves. Porque se tivesse um índice diferente, por exemplo q ao cubo, aí teria que colocar barra invertida sqrt abre colchete três fecha colchete abre chaves coloca o radicando e aí fecha chaves.

[...]

LUANA [169] $Q = \sqrt{90 \cdot 10^{-9}} \backslash$

[...]

PESQUISADOR [172] Então fica nove vezes dez elevado a menos oito. Então coloca aí.

LUANA [173] $Q = \sqrt{9 \cdot 10^{-8}} \backslash$

[...]

LUANA [179] $Q = 3 \cdot 10^{-4}$

PESQUISADOR [180] Como é carga né, então é c maiúsculo, Coulomb.

LUANA [181] $Q = 3 \cdot 10^{-4} C$

PESQUISADOR [182] Agora você vai pra próxima linha... como você finaliza o ambiente matemático? Você começou lá com "begin eqnarray" aí termina com...

LUANA [183] end eqnarray

PESQUISADOR [184] Isso! Só que é barra invertida... end, abre chaves eqnarray...

LUANA [185] \end{eqnarray*}

Ao compararmos os episódios iniciais, quando da oficina de LaTeX, em que os alunos estavam entrando em contato pela primeira vez com a linguagem, aos demais episódios, podemos perceber, do ponto de vista de Vigotski (2010), uma linguagem em processo de interiorização. Inicialmente, por não conhecerem a linguagem, os alunos tiveram uma participação praticamente passiva, pois embora demonstrassem certa compreensão com respeito às audições do NVDA, faltava-lhes dominar a escrita LaTeX. À medida que foram se familiarizando com essa nova linguagem, por meio da incorporação da mesma em sua rotina de atividades, iniciou-se um processo de interiorização dessa nova linguagem, ou nas palavras de Vigotski (2010) um “crescimento para dentro”, estágio em que a linguagem passa a estruturar o pensamento e se tornar um poderoso instrumento psicológico na resolução de problemas. Isso se comprova ao percebermos uma predominância das categorias II.2, II.3 e II.4 nos episódios 3 a 8 em detrimento da predominância da categoria II.1 nos episódios 1 e 2.

As categorias II.2 (Leitura (LLa) → Fala (LMc)), II.3 (Fala (LMc) → Fala (LLa)) e II.4 (Fala (LMc) → Escrita (LLa)) por representarem uma relação de transição entre as duas linguagens, demonstram um domínio maior por parte dos alunos, em que não somente se apropriam dessa nova linguagem, mas começam a operar com ela. A categoria II.1 (Fala (LLa) → Escrita (LLa)) representa uma relação em que os códigos LaTeX são pronunciados em um diálogo da forma como devem ser escritos, exigindo dos alunos apenas sua reprodução. Num primeiro momento, em que os alunos estão se familiarizando com a linguagem, possui grande importância. No entanto, à medida que os mesmos, ao relacionarem a LLa com a LMc, começam atribuir significados ao que anteriormente eram apenas um conjunto de signos, dão lugar a relações mais complexas, como as contidas nas categorias II.2 e II.3 e II.4.

Ao analisarmos o papel central exercido pelo LaTeX, enquanto uma linguagem, no processo ativo de leitura e resolução de problemas de Física, percebemos aspectos tanto do modelo de Vigotski (2007) para o processo de mediação simbólica quanto do modelo para o processo de comunicação verbal, proposto por Bakhtin (1997). Do ponto de vista de Vigotski, a linguagem LaTeX combinada a um computador associado a um software leitor de tela representam para os alunos com deficiência visual mais do que um elemento mediador, faz parte de um mecanismo de compensação sócio-psicológica segundo o qual, dependendo do tipo de resposta proporcionada, pode levar os alunos desde um sentimento de fracasso até uma condição de supercompensação (VIGOTSKI, 1997).

Sob o ponto de vista do modelo para o processo de comunicação verbal de Bakhtin, o caráter acessível da linguagem LaTeX satisfaz a condição básica para um efetivo processo de comunicação. Por meio da análise dos níveis de “compreensão responsiva ativa” dos alunos no processo ativo de leitura e resolução de problemas de Física, foi possível demonstrar o caráter dialógico da Linguagem LaTeX (BAKHTIN, 1997).

No entanto, nossos estudos não levaram em consideração aspectos mais amplos relativos ao LaTeX. O foco de nossa investigação estava na introdução da linguagem LaTeX no processo ativo de leitura e resolução de problemas de Física, enquanto um elemento mediador. Queríamos entender de que maneira se dava o processo de apropriação da linguagem LaTeX por parte dos alunos, ou seja, como eles lidavam ora com a linguagem matemática convencional ora com a linguagem LaTeX. Contudo fora do ambiente do LaTeX, ou seja, dos editores de LaTeX, envolvendo somente sua sintaxe.

Sabemos que a apropriação e manipulação da Linguagem LaTeX pelos alunos com deficiência visual por si só não garante a inclusão desses alunos em sala de aula. Para tanto é preciso investigar a dinâmica do uso do LaTeX no contexto escolar, na relação professor-aluno, não somente os alunos com deficiência visual, mas todos os alunos, uma vez que o domínio do LaTeX permite ao professor elaborar seu material em formato .tex (próprio do LaTeX), ele pode exportar esse arquivo para uma versão compilada, no formato .pdf. Dessa forma o professor poderia disponibilizar o arquivo em formato .tex para os alunos com deficiência visual e o formato .pdf (compilado) aos demais alunos, o que promoveria a universalização do conteúdo. Seria estudar como poderíamos implementar uma rotina escolar que envolva o uso do LaTeX para a elaboração de atividades e materiais de Ensino de Física voltado aos alunos com deficiência visual.

Capítulo 6

Conclusões

Ao propormos o uso do computador associado a um software leitor de tela, como elemento mediador no processo ativo de leitura e resolução de problemas de Física, nos deparamos com o seguinte problema: O conflito entre a linguagem matemática convencional e a dinâmica de leitura por parte de softwares leitores de tela. Os testes 1, 2A e 2B mostraram que a origem de tais conflitos estava no caráter simbólico da linguagem matemática convencional, predominantemente visual. Os dispositivos OCR, presentes nos softwares leitores de tela, são programados para reconhecer apenas caracteres textuais, sendo assim, qualquer caractere gráfico (fórmulas, figuras, etc.) torna-se um ponto de inacessibilidade aos softwares leitores de tela.

Considerando o modelo para o processo de mediação simbólica, proposto por Vigotski (2007) (estímulo – mediação – resposta), na perspectiva da pessoa com deficiência visual, em que a mediação tem o caráter de “mecanismo de compensação” (sócio-psicológica), essa inacessibilidade da linguagem matemática convencional frente à leitura de textos de Física por parte de softwares leitores de tela, pode gerar uma falha nesse processo de mediação, podendo levar os alunos a um sentimento de fracasso. Da mesma forma, se considerarmos o processo ativo de resolução de problemas de Física, segundo o modelo para o processo de comunicação verbal, proposto por Bakhtin (1997) (enunciado – compreensão responsiva ativa – réplica), a acessibilidade da linguagem matemática é o primeiro passo para que haja propriamente um discurso. Percebe-se com isso o papel central exercido pela linguagem em ambos os modelos.

Ao pensarmos a linguagem como o centro do processo de mediação, além de acessível, deve ser compreensível. Neste sentido, nossa análise focou-se no processo de compreensão dos alunos com respeito à linguagem LaTeX, presente nos enunciados do discurso. As relações estabelecidas pelos alunos com a

Linguagem LaTeX (LLa) e a Linguagem Matemática Convencional (LMc), mostraram não somente sua compreensão com relação à dinâmica do LaTeX (seus códigos) e sua correspondência com a linguagem matemática convencional (Leitura (LLa) → Fala (LMc)), como operacionalizou com ela (Fala (LMc) → Escrita (LLa) e Fala (LLa) → Escrita (LLa)). Assim, destacamos como potencialidades da linguagem LaTeX, enquanto um elemento mediador no processo de leitura e resolução de problemas por alunos com deficiência visual, com o auxílio do computador associado a um software leitor de tela:

- ✓ Compor-se de caracteres de padrão QWERTY, pois além de acessíveis aos mais variados softwares leitores de tela, os mesmos formam a base de qualquer dispositivo com teclado, seja ele físico ou virtual. Isso implica que o uso da linguagem LaTeX não ficaria restrito ao computador, poderia ser utilizado inclusive em *tablets* e *smartphones*.
- ✓ Sua sintaxe ser baseada em comandos, não dependendo de qualquer dispositivo de edição de equações. Com isso pode ser escrita em qualquer editor de texto, tanto *offline* quanto *online*, ou seja, pode ser estendida às plataformas de Ensino à Distância, no uso de Tecnologias de Informação e Comunicação, como *e-mails* e *chats*, por exemplo. Neste caso seu uso não ficaria restrito somente aos alunos com deficiência visual, beneficiaria a todos, desde que todos tenham conhecimento a respeito da linguagem;
- ✓ Possuir padrão de escrita linear, portanto simplificado;
- ✓ Possuir códigos curtos e intuitivos, facilitando sua memorização e utilização.

No entanto os resultados mostraram algumas de suas limitações:

- ✓ Por utilizar-se de caracteres de pontuação e acentuação em seus comandos, é necessário alterar previamente a configuração do leitor de tela para uma leitura total dos caracteres, o que afeta não somente a leitura de expressões matemáticas, mas o texto como um todo. O resultado dessa alteração é uma leitura exaustiva em termos de pontuações e caracteres especiais por parte dos leitores de tela, com uma grande carga de informações a serem filtradas para que possam compreender o que está sendo lido, podendo gerar um desconforto e até mesmo desestímulo por parte dos alunos;
- ✓ Em se tratando de uma linguagem padronizada, uma dificuldade encontrada pelos alunos foi o fato de os códigos serem escritos em Inglês e as expressões matemáticas dentro de ambientes matemáticos, o que pode dificultar o processo de interiorização e aplicação dessa nova linguagem por parte deles.

Não resta dúvida de que a linguagem LaTeX possui um grande potencial na diminuição das barreiras da acessibilidade à textos de Física por meio do computador e mais do que isso, seu caráter dialógico mostrou que pode ser utilizada não somente por alunos com deficiência visual, sua sintaxe intuitiva favorece a relação entre alunos com e sem deficiência visual. Nossas perspectivas futuras estão relacionadas à ampliação dos estudos a respeito das potencialidades do uso do LaTeX no contexto escolar, no que se refere a dinâmica que envolve alunos, professores e coordenadores de AEE na efetiva inclusão escolar de alunos com deficiência visual em aulas de Física.

REFERÊNCIAS¹

ABREU, E. M. A. C.; SANTOS, F. C.; FELIPPE, M. C. G. C.; OLIVEIRA, R. F. C. **Braille!? O que é isso?** São Paulo: Fundação Dorina Nowill para cegos, 2008, 54 p. (Série Dorina Nowill).

ALISSON, E. Novo instrumento reduz tempo de aprendizado em braile. Agência Fapesp, 10 de maio de 2013. Disponível em: http://agencia.fapesp.br/novo_instrumento_reduz_tempo_de_aprendizado_de_braille_/17250/. Acesso em 09/10/2014.

ARANHA, M. S. F. **Uma leitura sócio-histórica:** A sociedade brasileira, a pessoa que apresenta necessidades especiais, a acessibilidade e a construção de uma sociedade inclusiva. In:_____. (org). Marília, UNESP, 2002. (Série: Pós-graduação em Educação). Disponível em: <<http://tvebrasil.com.br/salto/boletins2002/feei/tetxt.htm>> Acesso em 10/11/2008.

BALDWIN, R. Accessible physics concepts for blind students, 2011. Disponível em: <http://cnx.org/content/col11294/1.35/>. Acesso em 10/10/2014.

BAUER, M. W.; GASKEL, G.; ALLUM, N. C. Qualidade, quantidade e interesses do conhecimento: evitando confusões. In: BAUER, M. W.; GASKEL, G. (Org.) Pesquisa Qualitativa com texto, imagem e som, 8. Ed, Petrópolis: Ed. Vozes, 2010, p. 17-36.

BAKHTIN, M. Estética da criação verbal. Trad. PEREIRA, M. E. G. G. 2 ed. São Paulo: Martins Fontes, 1997.

BORGES, J. A. **Dosvox:** Uma nova realidade educacional para deficientes visuais. Projeto Dosvox. NCE/UFRJ. Rio de Janeiro – 2002. Disponível em: <<http://intervox.nce.ufrj.br/dosvox/textos/artfoz.doc>> Acesso em: 27/08/2010.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil.** Brasília: Imprensa Oficial, 1988.

_____. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei Nº 7.853**, de 24 de outubro de 1989. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7853.htm. Acesso em 27/11/2014.

_____. **Estatuto da Criança e do Adolescente no Brasil.** Lei nº 8.069, de 13 de julho de 1990.

¹ De acordo com:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023:** informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

_____. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Especial. Declaração de Salamanca: Sobre princípios, políticas e práticas nas áreas das Necessidades Educativas Especiais, 1994. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/salamanca.pdf>. Acesso em 28/11/2014.

_____. Ministério da Educação e Cultura. **Lei de diretrizes e bases da educação nacional**. LDB 9.394, de 20 de dezembro de 1996.

_____. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Decreto Nº 3.298**, de 20 de dezembro de 1999a. Regulamenta a Lei Nº 7.853, de 24 de outubro de 1989. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d3298.htm. Acesso em 18/11/2014.

_____. Ministério da Educação e Cultura. **Portaria Nº 319**, de 26 de fevereiro de 1999b. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/port319.pdf>. Acesso em 18/11/2014.

_____. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Especial. **Resolução CNE/CEB nº2**, de 11 de setembro de 2001a. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/diretrizes.pdf>. Acesso em 01/12/2014.

_____. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei 10.172**, de 09 de janeiro de 2001b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10172.htm. Acesso em 02/12/2014.

_____. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Decreto 3.956**, de 08 de outubro de 2001c. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2001/d3956.htm. Acesso em 02/12/2014.

_____. Ministério da Educação e Cultura. **Portaria Nº 2.678**, de 24 de setembro de 2002. Brasília, 2002a. Disponível em: ftp://ftp.fnde.gov.br/web/resolucoes_2002/por2678_24092002.doc. Acesso em 18/11/2014.

_____. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Especial. Portaria nº 657, de 7 de março de 2002. Brasília, 2002b.

_____. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Decreto nº 5.296, de 02 de dezembro de 2004. Regulamenta as Leis nºs 10.048, de 8 de novembro de 2000, e 10.098, de 19 de dezembro de 2000. Diário Oficial da União. Brasília, 2004.

_____. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Decreto Nº 5.296**, de 2 de dezembro de 2004. Regulamenta as Leis Nº 10.048, de 8

de novembro de 2000 e 10.098, de 19 de dezembro de 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5296.htm. Acesso em 18/11/2014.

_____. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Especial. **Decreto Nº 5.626**, de 22 de dezembro de 2005. Regulamenta a Lei Nº 10.436, de 24 de abril de 2002. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/decreto/d5626.htm. Acesso em 18/11/2014.

_____. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Especial. Portaria nº 1.010, de 10 de maio de 2006. Brasília, 2006.

_____. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Especial. **Política nacional de educação especial na perspectiva da educação inclusiva**. Brasília, DF, 2007.

_____. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Especial. **Decreto Nº 7.084**, de 22 de janeiro de 2010. Disponível em: <https://www.fn-de.gov.br/fndelegis/action/UrlPublicasAction.php>. Acesso em 26/03/2015.

_____. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Decreto 6.949**, de 25 de agosto de 2009a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/decreto/d6949.htm. Acesso em 02/12/2014.

_____. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Básica. **Resolução nº 4**, de 02 de outubro de 2009b. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/rceb004_09.pdf. Acesso em 02/12/2014.

_____. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Censo da educação básica: 2012 – resumo técnico. – Brasília : INEP, 2013.

CAMARGO, E. P. **Ensino de Física e deficiência visual**: dez anos de investigações no Brasil. São Paulo: Plêiade/FAPESP, 2008a, 205p.

_____. A comunicação como barreira à inclusão de alunos com deficiência visual em aulas de óptica. **Revista brasileira de ensino de Física**, v. 30, n. 3, p. 3401/1-3401/13, 2008b.

_____. **Saberes docentes para a inclusão do aluno com deficiência visual em aulas de Física**. São Paulo: Editora Unesp, 2012, 274p.

CAMPELL, L. Trabalho e cultura: meios de fortalecimento da cidadania e do desenvolvimento humano. *Revista contato – conversas sobre deficiência visual* – Ed. Especial. Ano 5, n. 7, 2001.

CARVALHO, J. C. Q. **Dosvox, Jaws e Virtual Vision**: Investigação sobre suas potencialidades e limitações como ferramentas auxiliares no Ensino de Física, Bauru: UNESP, 2008, 17 p., pré-projeto de pesquisa.

_____. **As ferramentas DOSVOX, JAWS e VIRTUAL VISION e os Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVAs)**: Uma proposta para a inclusão social de deficientes visuais – O caso do Ensino de Física. São Paulo: USP, 2011, 20 p., projeto de pesquisa.

_____. COUTO, S. G., VILLANI, A., CAMARGO, E. P. **Uma proposta do uso do computador como ferramenta inclusiva de deficientes visuais em aulas de Física**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 8., 2011a, Campinas, Atas do ENPEC. Florianópolis: ABRAPEC, 2011.

_____. COUTO, S. G., CAMARGO, E. P. **Do Braille ao computador: Tecnologias Inclusivas associadas aos alunos deficientes visuais**. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 13., 2011b, Foz do Iguaçu, Anais. São Paulo: SBF, 2011.

_____. COUTO, S. G., CAMARGO, E. P. **Acessibilidade e o Ensino de Física através do computador: Desafios no ensino da linguagem matemática**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 20., 2013, São Paulo, Anais. São Paulo: SBF, 2013.

COZENDEY, S. G.; COSTA, M. P. R.; PESSANHA, M. C. R. Publicações sobre o ensino de Física para alunos com deficiência visual. **Benjamin Constant**, v. 17, n. 50, p. 18-30, 2011.

CHIZZOTTI, A. Pesquisa qualitativa em ciências humanas e sociais. 4 ed., Petrópolis: Editora Vozes, 2011, 144 p.

DOMINGUES, C. A., SÁ, E. D., CARVALHO, S. H. R., ARRUDA, S. M. C. P., SIMÃO, V. S., A educação especial na perspectiva da inclusão escolar: Os alunos com deficiência visual - baixa visão e cegueira. Brasília: MEC/SEE, v.3, 2010.

FERREIRA, J. R.; NUNES, L. R. O. P. A educação especial na nova LDB. In: ALVES, N., VILLARDI, R. **Múltiplas leituras da nova LDB: Leis de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei nº 9394/96)**. Rio de Janeiro: Dunya, 1997, p. 17-23.

FERREIRA, H.; FREITAS, D. Leitura de fórmulas matemáticas para cegos e amblíopes: A aplicação AudioMath. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE TECNOLOGIAS DE APOIO, 4., 2006, Vitória. **Atas do IV Congresso Ibero-americano de Tecnologia de Apoio**. Vitória: UFES, 2006. p.137-142.

FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas. **Revista brasileira de ensino de Física**, v. 25, n. 3, p. 259-272, 2003.

FLORES, W. M., BORDÓN, A. A. Edición de textos científicos con latex: Composición, gráficos y presentaciones. Escuela de Matemática, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 2009. 173p.

GASPAR, A. Física: Série Brasil, v. único, São Paulo, Ed. Ática, 2004, p.336-340.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GRANDI, A. C., NORONHA, P. Informática e deficiência visual: Uma relação possível? São Paulo: Fundação Dorina Nowill para cegos, 2010. (Série Dorina Nowill).

Instituto Nacional de Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). **Censo da educação básica 2012**: Resumo técnico. Brasília, DF, 2013.

JONES, M. G.; MINOGUE, J.; OPPEWAL, T.; COOK, M. P.; BROADWELL, B. Visualizing without vision at the microscale: Students with visual impairments explore cells with touch. **Journal of science education and technology**, v. 15, n. 5, p. 345-351, 2006.

KARSHMER, A. I.; BLEDSOE, D. F. Access to mathematics by blind students: a global problem. University of San Francisco. USF Scholarchip Repository, 2007. Disponível em:

<http://repository.usfca.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1011&context=at>. Acesso em 26/03/2015.

KNUTH, D. E. The TEXbook, Volume A of **Computers and Typesetting**, Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, second edition, 1984.

LAMPORT, L. LATEX: A Document Preparation System. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, second edition, 1994.

MEIRA, J. N. B., FERRACINI, C. C., GIMENES, A. L. M., NEVES, F. H. D., SIMONASSI, R., PIMENTEL, E. P. Uma ferramenta de autoria de materiais instrucionais com símbolos matemáticos acessíveis a deficientes visuais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 19., 2008, Fortaleza. **Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**. Fortaleza: UFC, 2008. p. 756-765.

MOREIRA, M. A. Metodologias de pesquisa em ensino, Porto Alegre: LF editorial, 2011, 242 p.

MOTTA, L.M.V.M, ROMEU FILHO, P. (org). Audiodescrição : transformando imagens em palavras . São Paulo : Secretaria dos Direitos da Pessoa com Deficiência do Estado de São Paulo, 2010.

OLIVEIRA, MARTA K. Vygotsky: Aprendizado e desenvolvimento, um processo sócio-histórico. 5ª ed. São Paulo: Scipione, 2010. (Coleção Pensamento e ação na sala de aula).

PAIS, G. D., FERREIRA, L. A., Latex de A a B: Uma introdução não tão completa. (Material criado para um minicurso apresentado ao XI Simpósio da Matemática para a Graduação, ocorrido no ICMC-USP, em São Carlos (SP), em 2008). Disponível em: www.icmc.usp.br/~frasson/latex/apostila-pais-ferreira.pdf. Acesso em 07/03/2014.

PAPERT, S. *Mindstorms – Children, computers, and powerful ideas*. New York: Basics Books, 1980.

PARRY, M.; BRAZIER, M.; FISCHBACH, E. Teaching college Physics to a blind student. **The physics teacher**, v. 35, n. 8, p. 470-474, 1997.

PIETROCOLA, M. (org.), POGIBIN, A., ANDRADE, R., ROMERO, T. R., Coleção Física em contextos: pessoal, social, histórico, v.1, v. 2 e v.3, São Paulo: FTD, 2010.

PINHEIRO, F. B.; BONADIMAN, T. C. Tecnologias para a inclusão de alunos com deficiência visual no ensino à distância, Rio de Janeiro: CECIERJ, 2008.

REGO, T. C. **Vygotsky**: uma perspectiva histórico-cultural da educação. 22. ed. Petrópolis: Vozes, 2011. 139p. (Coleção educação e conhecimento).

ROTH, P.; KAMEL, H.; PETRUCCI, L.; THIERRY, P. A comparison of three nonvisual methods for presenting scientific graphs. *Journal of visual impairment and blindness*, v. 96, p. 420-428, junho, 2002.

SANT'ANNA, L. A Importância da audiodescrição na comunicação das pessoas com deficiência. In: MOTTA, L. M. V. M., FILHO, P. R. Audiodescrição: transformando imagens em palavras. São Paulo: Secretaria dos Direitos da Pessoa com Deficiência do Estado de São Paulo, 2010.

SONZA, A. P.; SANTAROSA, L. M. C. Ambientes digitais virtuais: acessibilidade aos deficientes visuais. **Novas tecnologias da educação**, v. 1, n. 1, p. 1-11, 2003.

SANTOS, R. J., Introdução ao Latex. 2011. Disponível em: <http://www.mat.ufmg.br/~regi> Acesso em: 29 ago. 2012.

TATO, A. L., Material de equacionamento tátil para usuários do sistema braile. 2009. 50f. (Dissertação – Mestrado em ensino de ciências e matemática. Centro Federal de Educação Tecnológica. Rio de Janeiro, 2009.

TECE. Catálogo 2014. Disponível em: <http://www.tece.com.br/produtos.php> Acesso em: 9 out. 2014.

TEIXEIRA, E. As três metodologias: Acadêmica, da ciência e da pesquisa. 8 ed. Petrópolis: Editora Vozes, 2011, 203 p.

TEIXEIRA, P. Software feito na Unicamp ajuda no ensino de matemática para deficientes. Disponível em: <http://g1.globo.com/sp/campinas-regiao/noticia/2014/11/software-feito-na-unicamp-ajuda-no-ensino-de-matematica-para-deficientes.html>. Acesso em: 11 nov. 2014.

ULIANA, C. C. NVDA: Leitor de tela livre para Windows. Disponível em: <http://www.acessibilidadelegal.com/33-nvda.php> Acesso em: 2 fev. 2013.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Projeto Braille virtual. Disponível em: <http://www.braillevirtual.fe.usp.br/pt/index.html>. Acesso em 16/05/2010.

VALENTE, J. A. Liberando a mente: computadores na educação especial. Campinas: Editora da UNICAMP, 1991.

VILARONGA, I. "Olhares cegos": A audiodescrição e a formação de pessoas com deficiência visual. In: MOTTA, L. M. V. M., FILHO, P. R. Audiodescrição: transformando imagens em palavras. São Paulo: Secretaria dos Direitos da Pessoa com Deficiência do Estado de São Paulo, 2010.

VIGOTSKI, L. S. El niño ciego. In: _____. Obras escogidas V – Fundamentos de defectología. Tradutor Julio Guillermo Blank. Madri: Visor, 1997, p. 99-113.

_____. **A formação social da mente:** O desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. COLE, M., JOHN-STEINER, V., SCRIBNER, S., SOUBERMAN, E (Orgs.). Tradução de José Cipolla Neto, Luís Silveira Menna Barreto e Solange Castro Afeche. Prefácio de Vera John-Steiner e Ellen Souberman. 7. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007. 182p.

_____. **A construção do pensamento e da linguagem.** Tradução de Paulo Bezerra. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2010. 496p. (Coleção Textos de Psicologia).

WATAYA, R. S. O uso de leitores de tela no TelEduc. **Interface – comunicação, Saúde e Educação**, v. 9, n. 18, p. 227-242, 2006.

WINDELBORN, A. F. Doing physics blind. **The physics teacher**, v. 37, n. 6, p. 366-367, 1999.

APÊNDICES

APÊNDICE A – texto utilizado no teste 1, adaptado de GASPARG, A. Física: Série Brasil, v. único, São Paulo: Ed. Ática, 2004, p.336-340

Dilatação Linear

No estudo da dilatação linear considera-se apenas uma das dimensões do sólido. A obtenção da expressão matemática dessa dilatação é relativamente simples. Se uma barra sólida de comprimento l_0 sofre uma variação de temperatura ΔT , seu comprimento sofre uma variação Δl , cujo valor é dado por:

$$\Delta l = \alpha l_0 \Delta T$$

em que α é o **coeficiente de dilatação linear**, constante que depende do material de que é feita a barra.

Para obter a unidade dessa constante, basta isolar o valor de α :

$$\alpha = \frac{\Delta l}{l_0 \Delta T}$$

Como a razão $\frac{\Delta l}{l_0}$ é adimensional (razão entre dois comprimentos), a unidade de α é o inverso da unidade de temperatura: $1/^{\circ}\text{C} = ^{\circ}\text{C}^{-1}$ ou $1/\text{K} = \text{K}^{-1}$.

Conhecendo o acréscimo de comprimento, $\Delta l = l - l_0$, a expressão do comprimento da barra por causa da variação de temperatura pode ser escrita assim:

$$l = l_0(1 + \alpha \Delta T)$$

Embora varie pouco, o coeficiente de dilatação linear de um sólido só é constante em determinado intervalo de temperaturas. Por isso os dados da tabela a seguir se referem à temperatura ambiente de 20°C , em que foram determinados.

Substância	$\alpha (10^{-6} ^{\circ}\text{C}^{-1})$
gelo	51
chumbo	29
alumínio	24
latão	19
cobre	17
concreto	12
aço	11
Vidro comum	9,0
Vidro pirex	1,2
Invar (liga de níquel e aço projetada para ter pequena dilatação)	0,70

Exercício 1. O comprimento de um trilho de aço a 10°C é 100 m. Qual o acréscimo de comprimento desse trilho quando sua temperatura chega a 30°C ? (dados: coeficiente de dilatação linear do aço: $\alpha_{\text{aço}} = 1,1 \cdot 10^{-5} ^{\circ}\text{C}^{-1}$).

TECNOLOGIA: ESPAÇAMENTO ENTRE TRILHOS

Comuns em vigas, pontes, estradas de concreto, tubulações de vapor e trilhos das estradas de ferro, as juntas de dilatação são espaços (ou outros recursos semelhantes) entre estruturas que sofrem dilatação térmica.

Juntas de dilatação no piso de uma ponte e entre os trilhos de uma linha férrea.

Há algum tempo as juntas deixaram de ser indispensáveis nos trilhos, na medida em que os antigos dormentes de madeira, que apenas se apoiavam sobre o solo, foram substituídos por dormentes de concreto rigidamente fixados ao solo, como mostra a foto:

Detalhe de estrada de ferro com sistema mais moderno de fixação dos trilhos, que dispensa juntas de dilatação.

Dessa forma, embora a dilatação continue a ocorrer, seus efeitos não se manifestam porque a estrutura de fixação resiste.

DILATAÇÃO DO VAZIO

Há duas maneiras de entender a dilatação de um furo em uma chapa ou de um anel:

- supondo que o furo não tenha sido efetivado, mas que esteja apenas delineado na chapa, e que o anel esteja preenchido com o mesmo material de que é feito. Quando aquecido, o furo dilata-se como seu suposto conteúdo e torna-se maior;

O furo na chapa dilata-se como se estivesse preenchido pelo material que o circunda.

- lembrando que a dilatação de qualquer material é a soma das dilatações de cada célula unitária cristalina, o que, na prática, equivale a um afastamento das partículas que compõem essas células. Se as partículas da borda interna do furo ou do anel devem afastar-se umas das outras, a única forma possível de isso ocorrer é aumentando o perímetro dos dois. Por isso eles se tornam maiores.

Para você pensar:

É comum um copo ficar preso em outro. Como você poderia soltá-los raciocinando segundo os conceitos termodinâmicos? Explique.

Dilatação superficial e volumétrica

Quando a forma geométrica de um corpo sólido é definida, pode-se determinar a variação da área (ΔS) e do volume (ΔV) que ele sofre por causa da variação da sua temperatura (ΔT) a partir da dilatação de suas dimensões lineares. Quando isso não é possível, pode-se obter os valores de ΔS e ΔV utilizando essas expressões:

$$\Delta S = \beta S_0 \Delta T \quad \Delta V = \gamma V_0 \Delta T$$

em que β é o coeficiente de dilatação superficial e γ o coeficiente de dilatação volumétrica do material. Para um material de coeficiente de dilatação linear α , são válidas as seguintes relações:

$$\beta = 2\alpha \quad \gamma = 3\alpha$$

Coeficientes de dilatação volumétricas de líquidos (a 20 °C)	
Substância	$\gamma (10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1})$
éter	15
acetona	15

Tetracloroeto de carbono	12
benzeno	12
Alcool etílico	11
gasolina	9.6
glicerina	4.9
mercúrio	1.8

A dilatação volumétrica nos interessa por causa dos líquidos e dos gases. Para os sólidos é suficiente a tabela de coeficientes de dilatação linear porque com esses dados se deduz os outros coeficientes. Como não é possível estudar a dilatação de um líquido sem colocá-lo em um recipiente, que também sofre dilatação, definem-se os coeficientes de dilatação real e aparente de um líquido. O que se observa o que se pode medir diretamente é a dilatação aparente. Veja a figura:

Assim, define-se, por exemplo, o coeficiente de dilatação aparente do álcool em vidro ou o do mercúrio em vidro por serem úteis na fabricação e avaliação da qualidade de termômetros.

Quase todos os líquidos aumentam de volume quando a temperatura se eleva. O modelo proposto para explicar a dilatação de sólidos cristalinos também pode ser aplicado aos líquidos, embora para estes não haja conceitos equivalentes ao das células unitárias cristalinas. Pode-se supor que as partículas estejam amontoadas como pilhas de bolinhas de gude no recipiente e que cada bolinha represente o espaço reservado para a amplitude de oscilação de cada partícula. Com a elevação da temperatura, aumenta a

ECOLOGIA: DILATAÇÃO DA ÁGUA

A dilatação da água tem uma pequena anomalia de consequências extraordinárias. Veja no gráfico a seguir que, de 4 °C a 0 °C (à pressão normal), em vez de diminuir, o volume da água aumenta.

A importância ecológica desse comportamento da água é extraordinária. Imagine um lago em uma região fria. À medida que o inverno se aproxima, a temperatura da água abaixa e sua densidade aumenta, como se vê no gráfico a seguir.

A água mais fria desce e a mais quente sobe, o que origina correntes ascendentes e descendentes no lago. Mas, quando a temperatura da água de todo o lago chega a 4 °C, a água da superfície não desce mais e o fundo não sobe mais, pois a essa temperatura a densidade da água é máxima. O processo pára e, a partir daí, enquanto o inverno se acentua, a superfície do lago vai se congelando, mas abaixo do gelo a água continua líquida. Como o gelo é mau condutor de calor, quanto maior a camada de gelo da superfície, maior o isolamento térmico entre o ambiente e a água sob o gelo; por isso a cada dia se torna mais difícil o aumento da espessura da camada de gelo. O resultado é que as espécies de vida aquática que habitam o lago são preservadas ao longo de todo o inverno.

amplitude de oscilação e o tamanho das bolinhas, o que, no conjunto, resulta em um volume maior. Mas há exceções e a mais extraordinária é a dilatação da água (veja o box Ecologia: Dilatação da água)

Não é difícil imaginar o que ocorreria se a água não tivesse esse estranho comportamento – certamente a vida, se existisse, estaria restrita a faixa tropical da terra.

Para você pensar:

Quando a gasolina é mais cara: no verão ou no inverno? Justifique do ponto de vista termodinâmico.

APÊNDICE B – Teste 2A: Unidades de medida

Teste 2a: A linguagem matemática no ensino de Física: O caso das unidades de medida

Objetivo: Verificar como cada leitor de tela lê as unidades de medida, sendo transcrito na sua forma literal.

1. O que pesa mais? 1Kg de chumbo ou 1000g de pena?

JAWS 13.0 =

VIRTUAL VISION 7.0 =

ORCA 2.0 =

NVDA 2012 =

2. Joãozinho foi ao médico e o mesmo disse que ele está com 1,50m de altura e 50 kg.

JAWS 13.0 =

VIRTUAL VISION 7.0 =

ORCA 2.0 =

NVDA 2012 =

3. Priscila mora a 150 m da escola. Por isso demora menos de 5min para chegar lá.

JAWS 13.0 =

VIRTUAL VISION 7.0 =

ORCA 2.0 =

NVDA 2012 =

4. O Guepardo ou Chita é um predador que é conhecido por caçar suas presas através de perseguições de alta velocidade. Em uma perseguição pode atingir a marca dos 120km/h, em trechos de no máximo 400m.

JAWS 13.0 =

VIRTUAL VISION 7.0 =

ORCA 2.0 =

NVDA 2012 =

5. A vazão média nas cataratas do rio Iguaçu fica entorno de $1500\text{m}^3/\text{s}$, variando entre $500\text{m}^3/\text{s}$ nas ocasiões de seca e $8500\text{m}^3/\text{s}$ nas cheias.

JAWS 13.0 =

VIRTUAL VISION 7.0 =

ORCA 2012 =

NVDA 2012 =

6. De acordo com o site www.if.ufrj.br/teaching/astron/earth.html, a Terra é o quinto maior planeta de nosso sistema e o terceiro a partir do sol. Sua distância até o sol é de aproximadamente $149.600.000\text{km}$. Seu núcleo é composto quase que inteiramente por Ferro, com temperaturas que podem chegar a 7.500K .

JAWS 13.0 =

VIRTUAL VISION 7.0 =

ORCA 2.0 =

NVDA 2012 =

7. O coeficiente de dilatação do gelo é de $5,1 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

JAWS 13.0 =

VIRTUAL VISION 7.0 =

ORCA 2.0 =

NVDA 2012 =

8. A dilatação da água sofre uma pequena anomalia. De $4 \text{ } ^\circ\text{C}$ para $0 \text{ } ^\circ\text{C}$, à pressão normal, ao invés de diminuir, o volume da água aumenta.

JAWS 13.0 =

VIRTUAL VISION 7.0 =

ORCA 2.0 =

*NVDA 2012 =

APÊNDICE C – Teste 2B: Ordens de grandeza

Teste 2b: A linguagem matemática no ensino de Física: O caso das ordens de grandeza

Objetivo: Verificar como cada leitor de tela lê as ordens de grandeza, sendo transcrito na sua forma literal.

1. A distância da Terra à mais remota galáxia conhecida é de 4×10^{25} m

JAWS 13.0 =

VIRTUAL VISION 7.0 =

ORCA 2.0 =

NVDA 2012.1 =

2. O comprimento de uma mosca é de aproximadamente 5×10^{-3} m ou 5 mm.

JAWS 13.0 =

VIRTUAL VISION =

ORCA 2.0 =

NVDA 2012.1 =

3. O período típico de ondas de rádio é de 1×10^{-6} s ou 1 μ s.

JAWS 13.0 =

VIRTUAL VISION 7.0 =

ORCA 2.0 =

NVDA 2012.1 =

4. O tempo de vida de um próton é de aproximadamente 3.3×10^{-24} s.

JAWS 13.0 =

VIRTUAL VISION 7.0 =

ORCA 2.0 =

NVDA 2012.1 =

5. As unidades de disco rígido dos computadores modernos podem armazenar da ordem de Gb ou Tb.

JAWS 13.0 =

VIRTUAL VISION 7.0 =

ORCA 2.0 =

NVDA 2012.1 =

6. A massa de um elétron é $9,11 \cdot 10^{-31}$ kg. (Obs. Linguagem do LaTeX – programação)

JAWS 13.0 =

VIRTUAL VISION =

ORCA =

NVDA 2012.1 =

APÊNDICE D – Teste 2C: Símbolos matemáticos

Teste 2c: A linguagem matemática no ensino de Física: O caso dos símbolos matemáticos

Objetivo: Verificar como cada leitor de tela lê as ordens de grandeza, sendo transcrito na sua forma literal.

1. Letras gregas mais usadas no ensino de Física

	JAWS 13.0	VV 7.0	ORCA 2.0	NVDA 2012
α				
β				
γ				
δ				
ε				
ϕ				
λ				
μ				
ν				
π				
θ				
ρ				
σ				
ω				
Δ				
Σ				
Ω				

2. Sinais representativos de operações matemáticas

	JAWS 13.0	VV 7.0	ORCA 2.0	NVDA 2012
+				
-				
/				
*				
=				
^				
>				
<				
%				
\$				
&				
#				
_				
{				
}				
[				

]				
(				
)				

3. Símbolos matemáticos em contexto

	JAWS 13.0	VV 7.0	ORCA 2.0	NVDA 2012
$2 + 3$				
$15 - 10$				
$5/2$				
$5 \cdot 10^2$				
$X = 4$				
3^2				
$10 > 4$				
$3 < 5$				
50 %				
R\$ 2,00				
T_f				
{3}				
[2x]				
$(3x - 1)$				

APÊNDICE E – Modelo do Termo de consentimento livre e esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Concordo em participar, como voluntário (a), do estudo intitulado *“Escrita matemática para alunos com deficiência visual, adaptada da linguagem LaTeX”*, que tem como pesquisador responsável o aluno de pós-graduação *Julio Cesar Queiroz de Carvalho*, do *Instituto de Física da Universidade de São Paulo*, que pode ser contatado pelo e-mail *jcqcarvalho@gmail.com* e pelos telefones (62) 3434-6679 e (62) 8181-7356. Tenho ciência de que o estudo tem em vista realizar observações na instituição em que trabalho visando, por parte do referido aluno a realização de um trabalho de doutorado em que investiga *uso do computador como um instrumento no desenvolvimento da autonomia de alunos deficientes visuais em aulas de Física e consequentemente no estabelecimento da inclusão escolar*. Minha participação consistirá em conceder espaço para ele fazer suas observações e, também, conceder entrevista gravada caso venha a ser solicitado (a). Entendo que esse estudo possui finalidade de pesquisa acadêmica, que os dados obtidos não serão divulgados, a não ser com prévia autorização, e que nesse caso será preservado o anonimato dos participantes, assegurando assim minha privacidade. Caso venha a conceder entrevista, sei que receberei uma cópia da transcrição da mesma. Sei, além disso, que posso abandonar minha participação na pesquisa quando quiser e que não receberei nenhum pagamento por esta participação.

Nome:

Cargo:

APÊNDICE F – Tutorial

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO INTERUNIDADES EM ENSINO DE
CIÊNCIAS**

ESCRITA MATEMÁTICA PARA ALUNOS COM DEFICIÊNCIA VISUAL, ADAPTADA A PARTIR DA LINGUAGEM LaTeX

Julio Cesar Queiroz de Carvalho

USP/Programa de pós-graduação interunidades em Ensino de Ciências

jcqcarvalho@usp.br

Prof. Dr. Éder Píres de Camargo

UNESP (Ilha Solteira)/Departamento de Física e Química

camargoep@dfq.feis.unesp.br

Profa. Dra. Sheila Gonçalves do Couto

UFG/Instituto de Física

sgcoutho@if.ufg.br

1ª Edição

2012

INTRODUÇÃO

Física, do grego *physis*, quer dizer “natureza”. Dessa forma, é uma ciência que busca compreender cientificamente os comportamentos naturais e gerais que nos rodeiam: De partículas elementares a corpos celestes, valendo-se tanto de modelos teóricos quanto matemáticos. Neste contexto, um ensino de Física que priorize os conceitos está fadado à superficialidade. Em contrapartida, um ensino de Física que priorize a linguagem matemática, portanto os cálculos, transformar-se-á na própria Matemática. Dessa forma o ensino da Física deve contemplar, de forma complementar, tanto os conceitos quanto o formalismo matemático.

O grande desafio ao se ensinar Física para alunos com deficiência visual é sem dúvida quando inserimos a linguagem matemática. Tato (2009) nos faz refletir que os alunos videntes, ao resolverem um problema, podem perceber todas as constantes e variáveis envolvidas com uma simples “varredura” com os olhos. De modo que podem planejar, traçar estratégias de resolução e de como proceder do início ao fim do exercício, além de poder rapidamente retomar a qualquer informação anterior. Já para os alunos com deficiência visual, usuários do Sistema Braille, por exemplo, a leitura e escrita é feita caractere a caractere, que para Parry (1997), ao serem simplificadas para a leitura sequencial, principalmente equações fracionárias, dificultam o entendimento do todo e a retomada de alguma parcela da equação.

Com o surgimento do computador e o desenvolvimento de ferramentas de interface auditiva, que reconhecem todo texto exibido na tela de um computador pelos mais diversos aplicativos, desde editores de texto, browsers, até ícones e links, e os transformam em voz, por meio do sistema OCR (*Optical Character Recognition*, ou Reconhecimento Óptico de Caracteres), tornou-se possível o acesso de pessoas com deficiência visual ao mundo da informática. De acordo com Campell¹ (2001, apud SONZA; SANTAROSA, 2003), “desde a invenção do código Braille, nada teve tanto impacto nos programas de educação, reabilitação e emprego quanto o recente desenvolvimento da informática para os cegos”. Para Valente² (1991 apud SONZA; SANTAROSA, 2003), o computador para alunos com deficiência visual configura-se como uma valiosa ferramenta de ensino e aprendizagem ao

propiciar aos sujeitos a oportunidade de desenvolverem atividades interessantes, desafiantes e que tenham propósitos educacionais e de diagnósticos. Estas atividades podem oferecer a eles a chance de adquirir conhecimento e sobrepujar suas deficiências visuais.

De modo geral, o uso do computador no ensino teve início na década de 1980, quando o americano Seymour Papert criou a linguagem *Logo*, com a qual crianças a partir dos 6 anos de idade podiam programar e desenhar figuras geométricas (PAPERT³, 1980 apud FILHOAIS; TRINDADE, 2003). Nos anos 1990 com a popularização da internet, após a criação da *World Wide Web*, o impacto da informática na educação foi enorme. Ainda na

¹ CAMPPELL, L. Trabalho e cultura: meios de fortalecimento da cidadania e do desenvolvimento humano. Revista contato – conversas sobre deficiência visual – Ed. Especial. Ano 5, n. 7, 2001.

² VALENTE, J. A. Liberando a mente: computadores na educação especial. Campinas: Editora da UNICAMP, 1991.

³ PAPERT, S. *Mindstorms – Children, computers, and powerful ideas*. New York: Basics Books, 1980.

década de 1990 houve o aparecimento de processadores mais potentes, resultando em maior capacidade gráfica dos computadores. E com o preço dos computadores cada vez mais baixos, houve uma proliferação entre as escolas e a população em geral (FILHOAIS; TRINDADE, 2003).

Porém, quando utilizamos as ferramentas de interface auditiva no contexto do Ensino de Física, no que se refere ao acesso à materiais didáticos digitalizados, não conseguem acessar caracteres gráficos, principalmente expressões matemáticas. Neste sentido, o problema central do Ensino de Física para alunos com deficiência visual está na complexidade da linguagem matemática convencional. Se por um lado ela é de difícil representação em Braille, por outro sua simbologia a torna inacessível as mais variadas ferramentas de interface auditiva. Contudo, a linguagem LaTeX nos parece um caminho para a uma linguagem matemática mais acessível.

O exemplo 1 nos mostra como as expressões matemáticas, equações e fórmulas são escritas em *LaTeX*:

Exemplo 1

No Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRU), a expressão que descreve como o espaço varia em função do tempo, também chamada de função horária do espaço, pode ser escrita como: $S = S_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$. Sendo S o espaço final, S_0 o espaço inicial, v_0 a velocidade inicial e a a aceleração do sistema.

Em escrita *LaTeX*:

No Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRU), a expressão que descreve como o espaço varia em função do tempo, também chamada de função horária do espaço, pode ser escrita como: $S = S_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$. Sendo S o espaço final, S_0 o espaço inicial, v_0 a velocidade inicial e a a aceleração do sistema.

Percebam que os caracteres utilizados na linguagem *LaTeX* são totalmente textuais, desprovidos de qualquer elemento gráfico, predominantemente visual, que possam oferecer barreira aos *softwares* leitores de tela.

O intuito deste capítulo, porém, não será o de iniciá-lo na programação em *LaTeX*, ou seja, na editoração e compilação de textos de alto padrão, mas o de apresentá-lo a uma nova perspectiva para a leitura e escrita de expressões matemáticas, baseada na apropriação da escrita em *LaTeX*, ou em termos técnicos, na apropriação de sua *sintaxe*. Neste sentido, nosso foco será o “ambiente matemático” e seus principais códigos. Nas próximas seções faremos a descrição de alguns códigos que podem ser utilizados em textos de Física, tornando-os mais acessíveis aos alunos com deficiência visual, por meio do computador.

A seguir apresentamos algumas informações que são importantes saber ao preparar um computador a ser utilizado por um aluno com deficiência visual, para que o mesmo possa desfrutar com plenitude dessa nova abordagem em termos de leitura e escrita matemática,

baseada na linguagem LaTeX, apresentada neste capítulo. É importante lê-lo antes de navegar pelas próximas seções.

1 PRÉ-REQUISITOS

1. Como o uso do computador com um software leitor de tela é imprescindível, separamos os principais softwares e como consegui-los:
 - a. JAWS – Um *software* desenvolvido pela empresa *Freedom Scientific*. Trata-se de um *software* licenciado (pago), portanto sua utilização está vinculada a aquisição de uma licença de uso, que pode ser pessoal ou corporativa. Você pode obter uma versão para testes, que funciona em sessões de 45 min, por meio do próprio site da empresa (www.freedomscientific.com) ou por meio do site do “Ler para ver” (www.lerparaver.com), no link *downloads*.
 - b. VIRTUAL VISION – *Software* desenvolvido pela empresa *Micro Power*. Trata-se também de um *software* licenciado (pago), portanto sua utilização está vinculada a aquisição de uma licença de uso, que pode ser pessoal ou corporativa. Você pode obter uma versão para testes, que funciona em sessões de 30 min durante 30 dias, por meio do próprio site da empresa (www.micropower.com.br), na seção “tecnologia”.
 - c. ORCA – Desenvolvido pelo grupo *Linuxacessível.org*, trata-se de um *software* livre, de código aberto, portanto gratuito. Outra vantagem dele é o fato de poder ser executado por meio de um *Live-CD*, ou seja, um *CD*, *Pen-drive* ou Cartão de memória. O mesmo possui um sistema operacional (*Linux*) e um pacote de aplicativos, como um navegador *web*, programas de apresentação, edição de texto, planilha eletrônica, comunicador instantâneo e muito mais, garantindo sua portabilidade. Para adquiri-lo basta acessar o site www.linuxacessivel.org e visitar a página *downloads*.
 - d. NVDA – Trata-se também de um *software* gratuito e de código aberto. Também possui uma versão portátil, para sua utilização em qualquer computador. Para adquiri-lo basta acessar o link www.lerparaver.com/downloads.
2. Certifique-se de que o leitor de tela que será utilizado está configurado para ler TODOS os caracteres. Acompanhe as instruções a seguir:
 - a. JAWS: Ao abrir o menu principal, vá até “OPÇÕES”, em seguida em “VOZES” e escolha a opção “AJUSTE DE VOZ”. Abrirá uma janela com uma série de opções de ajuste. Com a tecla “TAB”, navegue pelas opções até chegar na opção “VOZ PONTUAÇÃO”. Com o auxílio da seta para cima ou para baixo, navegue pelas opções de pontuações e escolha a opção “TODOS”. Após realizar os ajustes, selecione o botão “OK”.
 - b. Virtual Vision: Aperte a tecla “CTRL” juntamente com a tecla “0”, do teclado numérico. Isto o levará ao “PAINEL DE CONTROLE”. Em seguida, pressionando a seta para direita, vá até o menu “LEITURA DE TEXTOS”. Nele, desmarque, pressionando a “BARRA DE ESPAÇO”, as funções “INFORMAR PONTUAÇÕES” e “SOLETRAR NÚMEROS”.

- c. *NVDA*: Tecle “INSERT” juntamente com a letra “N” para abrir o menu principal. Utilizando a seta para baixo ou para cima, navegue pelas opções de configuração. Em “PREFERÊNCIAS”, clique com a seta para a direita para abrir o submenu. No submenu, navegue utilizando a seta para baixo ou para cima. Em “OPÇÕES DE VOZ”, clique com a tecla “ENTER” para selecioná-lo. Em “OPÇÕES DE VOZ”, utilize a tecla “TAB” para navegar pelas opções. Vá até “GRAU DE SINAIS DE PONTUAÇÃO” e com o auxílio da seta para cima ou para baixo, altere-o para “TUDO”. Em seguida selecione o botão “OK”.
 - d. *Orca*: Tecle “INSERT” juntamente com a “BARRA DE ESPAÇO” para abrir janela de “PREFERÊNCIAS DO ORCA”. Pressionando a seta para a direita irá navegar pelas abas do menu de preferências. Na aba “FALA”, utilizando a tecla “TAB”, navegue pelas opções de configuração de fala. Ao encontrar “NÍVEL DE PONTUAÇÃO”, navegue pelas suas opções utilizando as setas do teclado, escolhendo “TUDO”. Utilizando novamente a tecla “TAB”, navegue pela janela até encontrar o botão “OK” e selecione-o.
3. Ajuste a velocidade de leitura do leitor de tela para um nível que fique confortável para o usuário. Leituras muito rápidas podem prejudicar a compreensão do todo, principalmente com relação às expressões matemáticas. Uma dica é se mesmo com o ajuste da velocidade ficar difícil a compreensão das expressões, tente uma leitura caractere a caractere, com a ajuda dos cursores (setas) do teclado do computador. Isso permitirá que o usuário avance e recue nas expressões quantas vezes for necessário.

2 A LINGUAGEM LATEX

Primeiramente, na década de 70, Donald Knuth desenvolveu o TEX, um sofisticado programa de escrita de textos de alto padrão de qualidade tipográfica. Segundo Paes e Ferreira (2008) o *Tex* “é popular no meio acadêmico, principalmente entre os físicos, matemáticos e cientistas da computação, devido a sua capacidade de produzir fórmulas e símbolos matemáticos de uma forma elegante”. O *LaTeX* foi desenvolvido por Leslie Lamport, na década de 80. Trata-se não de um processador de textos, mas uma linguagem que permite preparar automaticamente um documento de forma profissional e de alta qualidade. Neste caso, só precisamos editar o texto e alguns comandos, o *LaTeX* se encarrega de compilá-lo (FLORES & BORBÓN, 2009).

O *LaTeX* caracteriza-se, dessa forma, por uma linguagem de marcação de texto, uma sintaxe na qual você escreve já com as indicações da formatação final dos textos. Seu processamento é feito em duas etapas distintas: 1. O texto a ser impresso e os comandos de formatação são escritos em um arquivo fonte com o uso de um *software* editor de textos; 2. Em seguida o arquivo fonte é submetido a um *software* formatador de textos, neste caso o *LaTeX*, que gera um arquivo de saída, que pode ser impresso ou visualizado na tela (SANTOS, 2011).

Um documento escrito em formato LaTeX possui a seguinte estrutura básica, como mostra a tabela 2.1:

Tabela 2.1 – Estrutura básica de um documento em formato LaTeX.

PREAMBULO	<code>\documentclass[opções]{classe}</code>	opções – refere-se a formatação do documento em si: tamanho da fonte, tamanho do papel e tamanho da página; classe – determina o tipo de documento a ser processado: <i>article</i> (artigo), <i>report</i> (tese), <i>book</i> (livro) ou <i>slide</i> (apresentação).
	<code>\usepackage{pacote}</code>	Para usar os recursos do LaTeX, é preciso definir os pacotes a serem utilizados no documento.
CORPO DO TEXTO	<code>\begin{document}</code> ... <code>\end{document}</code>	Consiste no texto propriamente dito e comandos de natureza local, como parágrafos e equações.

Fonte: Adaptado de Vaz (2001)

A tabela 2.1 nos mostra um panorama geral da estrutura de um arquivo fonte. Como mencionado anteriormente, voltaremos nossas atenções ao modo como as equações e expressões matemáticas são escritas em LaTeX, em outras palavras, o foco desse capítulo será os ambientes matemáticos.

3 O AMBIENTE MATEMÁTICO

As opções de ambientes a serem usados em um texto está relacionado aos pacotes estabelecidos no preâmbulo do documento. Descreveremos nesta seção os ambientes matemáticos mais comuns: cifrões ($\$ \dots \$$ ou $\$ \$ \dots \$ \$$), o “ambiente *equation*” (`\begin{equation} \dots \end{equation}`), quando se deseja escrever equações numeradas em uma única linha e o “ambiente *eqnarray*” (`\begin{eqnarray} \dots \end{eqnarray}`), utilizado na escrita de equações multi-linhas, em que cada linha recebe uma numeração sequencial. A escolha do ambiente matemático está relacionada à estética de suas equações, ou seja, ao modo como elas serão dispostas (numeradas, sem numeração, multi-linhas, centralizadas, alinhadas, etc.). Os ambientes que apresentaremos neste capítulo são bastante básicos, porém suficientes para um primeiro contato com a *sintaxe* do LaTeX. Veja a seguir, com mais detalhes, como escrever um texto matemático de acordo com as propriedades de cada ambiente.

Cifrões simples ($\$ \dots \$$)

É o método utilizado quando se quer inserir uma expressão matemática dentro de um texto comum, como mostrado no exemplo 1.2:

Exemplo 3.1 – Expressão matemática no corpo do texto

Seja a função horária dada por $S = 10 + 5 \cdot t + 2 \cdot t^2$ temos que...

Texto formatado:

Seja a função horária dada por $S = 10 + 5 \cdot t + 2 \cdot t^2$ temos que...

Cifrões duplos (\$\$... \$\$)

Utilizado quando se quer destacar uma expressão matemática do restante do texto, em uma linha especial, como mostrado no exemplo 1.3:

Exemplo 3.2 – Expressão matemática destacada do corpo do texto

O módulo do vetor campo magnético gerado em um ponto p do espaço, a uma distância r, por um fio retilíneo, pode ser dado por: $B = \frac{\mu \cdot i}{2 \cdot r}$.

Ou

O módulo do vetor campo magnético gerado em um ponto p do espaço, a uma distância r, por um fio retilíneo, é dado por:

$$B = \frac{\mu \cdot i}{2 \cdot r}$$

Texto formatado:

O módulo do vetor campo magnético gerado em um ponto p do espaço, a uma distância r, por um fio retilíneo, pode ser dado por:

$$B = \frac{\mu \cdot i}{2 \cdot r}$$

Ambiente Equation (`\begin{equation} ... \end{equation}`)

Produz o mesmo efeito do método dos cifrões duplos, porém o resultado é uma expressão numerada de forma sequencial ao longo de seu texto. Utilizaremos também um código bastante importante, que é o `\label`, utilizado para nomear expressões matemáticas, para referência futura. No entanto, ao pensarmos na leitura dessa expressão matemática por um aluno com deficiência visual, por meio de um leitor de tela, o `\label` adquire uma importância ainda maior. Embora a expressão, ao ser formatada, seja numerada de forma sequencial, no arquivo fonte esse número não aparece. Então como saber a que equação se refere um texto? Neste caso, utiliza-se o `\label` para que o usuário, ao navegar pelo arquivo fonte possa saber de qual expressão se trata e assim poder fazer referências à mesma. Acompanhem o exemplo 2.3.

Exemplo 3.3 – Criando uma expressão matemática numerada, com o “ambiente equation”.

O módulo do vetor campo magnético gerado em um ponto p do espaço, a uma distância r, por um fio retilíneo, é dado por:

`\begin{equation}`

```
B = \frac{\mu*i}{2*r}
\end{equation}\label{cap02:eq01}
```

Texto formatado:

O módulo do vetor campo magnético gerado em um ponto p do espaço, a uma distância r, por um fio retilíneo, pode ser dado por:

$$B = \frac{\mu.i}{2.r}$$

(2.1)

No entanto, podemos também utilizar o “ambiente *equation*” para gerar expressões matemáticas não numeradas. Neste caso, basta acrescentar o sinal (*) após a palavra equation, ou seja, o código passa a ser `\begin{equation*} ... \end{equation*}`, como mostra o exemplo 2.4:

Exemplo 3.4 – *Criando uma expressão matemática não numerada, com o “ambiente equation”.*

O módulo do vetor campo magnético gerado em um ponto p do espaço, a uma distância r, por um fio retilíneo, é dado por:

```
\begin{equation*}
B = \frac{\mu*i}{2*r}
\end{equation*}
```

Texto formatado:

O módulo do vetor campo magnético gerado em um ponto p do espaço, a uma distância r, por um fio retilíneo, pode ser dado por:

$$B = \frac{\mu.i}{2.r}$$

Ambiente *Eqnarray* (`\begin{eqnarray} ... \end{eqnarray}`)

Utilizado quando se deseja escrever mais de uma equação, agrupadas em expressões multi-linhas. Neste caso, ao final de cada linha deve-se acrescentar `\\`, indicando uma quebra de linha. O resultado será um agrupamento de equações, cada uma em uma linha separada, todas numeradas. Caso não deseje que sejam numeradas, deve-se acrescentar (*) após a palavra eqnarray, ou seja, o novo comando seria `\begin{eqnarray*} ... \end{eqnarray*}`. Neste caso, nenhuma das equações serão numeradas. No entanto, se desejar que somente uma ou outra equação não sejam numeradas, basta utilizar o comando `\nonumber` após a equação e antes do `\\`. Acompanhem os exemplos a seguir:

Exemplo 3.5 – Criando uma expressão multi-linha não numerada.

Um móvel viaja no sentido retrógrado de uma trajetória, aumentando sua velocidade de modo uniforme, a partir do repouso, para 72 km/h em 10 s. Determine sua aceleração, em m/s^2 .

Primeiramente precisamos converter 72 km/h em m/s, unidade do S.I., dividindo-se a expressão por 3,6 (fator de conversão).

$$\begin{equation*} \frac{72 \text{ km/h}}{3,6} = 20 \text{ m/s} \end{equation*}$$

Sabendo-se que $a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t}$, temos que:

$$\begin{equation*} a_m = \frac{20}{10} \\ a_m = 2 \text{ m/s}^2 \end{equation*}$$

Texto Formatado:

Um móvel viaja no sentido retrógrado de uma trajetória, aumentando sua velocidade de modo uniforme, a partir do repouso, para 72 km/h em 10 s. Determine sua aceleração, em m/s^2 .

Primeiramente precisamos converter 72 km/h em m/s, unidade do S.I., dividindo-se a expressão por 3,6 (fator de conversão).

$$\frac{72 \text{ km/h}}{3,6} = 20 \text{ m/s}$$

Sabendo-se que $a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t}$, temos que:

$$a_m = \frac{20}{10}$$

$$a_m = 2 \text{ m/s}^2$$

Exemplo 3.6 – Criando uma expressão multi-linha numerada.

A partir da definição de aceleração podemos realizar algumas transformações algébricas para isolar a velocidade final do MUV. Admitiremos o instante inicial $t_0 = 0$.

$\begin{equation*}$


```

a &= & \frac{\Delta v}{\Delta t} \label{cap04:eq02} \\
a &= & \frac{v - v_0}{t - t_0} \nonumber \\
a \cdot t &= & v - v_0 \nonumber \\
v &= & v_0 + a \cdot t \label{cap04:eq03}
\end{eqnarray}

```

Texto Formatado:

A partir da definição de aceleração podemos realizar algumas transformações algébricas para isolar a velocidade final do MUV. Admitiremos o instante inicial $t_0 = 0$.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

(2.2)

$$a = \frac{v - v_0}{t - t_0}$$

$$a \cdot t = v - v_0$$

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

(2.3)

4 SÍMBOLOS ESPECIAIS

Barra invertida (\)

A barra invertida, \, encontra-se associada às funções matemáticas, fórmulas ou caracteres especiais, como letras gregas, por exemplo. Ela sinaliza um comando a ser executado quando o documento for compilado.

Também pode ser usada em expressões multi-linhas. Colocando-se duas barras invertidas, \\, ao final de cada linha, sinaliza-se que há uma continuação na linha seguinte, e assim sucessivamente. Na última linha não se coloca as duas barras, para sinalizar o término da expressão.

A barra invertida não pode ser confundida com a barra normal, /, que em expressões simples pode ser usada diretamente para representar o sinal de divisão. Veja alguns exemplos:

Exemplo 4.1 – Barra invertida associada a funções

$$\frac{2}{3} \text{ – fração – } \frac{2}{3};$$

$$\sqrt[5]{100} \text{ – radiciação – } \sqrt[5]{100};$$

$$\sin \theta \text{ – seno – } \sin \theta.$$

Exemplo 4.2 – Barra invertida associada a caracteres especiais

α – letra grega alfa – α ;

β – letra grega beta – β ;

$^\circ$ – grau – $^\circ$;

$\pm$ – mais ou menos – $\pm$.

Exemplo 4.3 – Barra invertida associada a expressões multi-linhas

```
\begin{eqnarray*}
```

```
t^2 - 4 = 0\\
```

```
t^2 = 4\\
```

```
t = \sqrt{4}\\
```

```
t = \pm 2
```

```
\end{eqnarray*}
```

Mas como não existe tempo negativo, logo $t = 2s$.

Texto formatado:

$$t^2 - 4 = 0$$

$$t^2 = 4$$

$$t = \sqrt{4}$$

$$t = \pm 2$$

Mas como não existe tempo negativo, logo $t = 2s$.

Chaves { }, Colchetes [] e Parêntesis ()

Na escrita de expressões, sejam elas numéricas ou algébricas, sinais como chaves, colchetes e parêntesis terão o mesmo significado que na linguagem matemática convencional, ou seja, o de sinais unificadores. Para o caso especial das funções, utiliza-se como padrão o sinal de chaves para separar cada termo que a compõe. Assim:

$\frac{\text{numerador}}{\text{denominador}}$ – Em uma fração, usa-se o sinal de chaves para separarmos o numerador do denominador.

$\sqrt[n]{\text{radicando}}$ – Na radiciação, usa-se o sinal de “colchetes” para diferenciar o índice “n”, que determina se ela será de índice 2, quadrada (neste caso em especial você poderá omitir o índice), de índice 3, cúbica, e assim sucessivamente, do radicando, expressa entre “chaves”.

Mais adiante teremos uma seção dedicada às funções, em que mostraremos o padrão de escrita para as funções mais usadas.

“E” comercial (&)

O símbolo & em expressões multilinhas permite transformar o ambiente matemático em uma matriz com três colunas, em que a coluna central está sempre preenchida por um sinal que caracteriza a relação entre os dois membros (direito e esquerdo). O resultado é que as expressões ficarão alinhadas pelo sinal da coluna central, o sinal de igualdade, por exemplo (ver exemplo 4.7). Sem este símbolo, as expressões ficam centralizadas, mas alinhadas à esquerda entre si (ver exemplo 4.10).

Representativos de operações fundamentais

Bastante importantes na escrita de equações, fórmulas e expressões tanto numéricas quanto algébricas.

+ = “mais”, adição, representando também a ideia de positivo;

- = “menos”, divisão, representando também a ideia de negativo;

/ = “dividido por”, divisão (neste caso pode ser usada também a função $\frac{a}{b}$);

* = “multiplicado por”, “vezes”, multiplicação;

^ = “elevado a”, potenciação. Também é utilizado para se escrever um índice superior (sobrescrito);

A radiciação já está representada com a função $\sqrt{}$;

_ = Índice inferior (subscrito). Embora não represente uma operação, foi acrescentado nesta seção devido a sua importância em Física. O índice “carrega” informações da grandeza a que se refere. Por exemplo, podemos diferenciar v_i ou v_0 , representando velocidade inicial, de v ou v_f , representando velocidade final; F_1 de F_2 , como os módulos de duas forças diferentes que agem sobre um determinado corpo.

Para que você possa entender na prática, acompanhe os exemplos a seguir:

Exemplo 4.4 – Resolvendo problemas numéricos

Sabemos que em uma divisão de potências de mesma base, a regra diz que devemos manter a base e subtrair os expoentes. A expressão a seguir representa uma divisão entre grandezas: $\frac{4 \cdot 10^2}{2 \cdot 10^{-3}}$. Acompanhe a resolução:

$$\begin{aligned} &\frac{4 \cdot 10^2}{2 \cdot 10^{-3}} = \frac{4}{2} \cdot [10^{(2-(-3))}] \\ &= 2 \cdot [10^{(2+3)}] \\ &= 2 \cdot 10^5 \end{aligned}$$

\end{eqnarray*}

Texto formatado:

Sabemos que em uma divisão de potências de mesma base, a regra diz que devemos manter a base e subtrair os expoentes. A expressão a seguir representa uma divisão entre grandezas: $\frac{4 \cdot 10^2}{2 \cdot 10^{-3}}$. Acompanhe a resolução:

$$\begin{aligned}\frac{4 \cdot 10^2}{2 \cdot 10^{-3}} &= (4/2) \cdot [10^{(2-(-3))}] \\ &= 2 \cdot [10^{(2+3)}] \\ &= 2 \cdot 10^5\end{aligned}$$

Exemplo 4.5 – Resolvendo problemas algébricos

O Cálculo da velocidade com que um objeto de apenas 200g, que cai de uma altura de 10m em queda livre, chega à superfície, pode ser feito da seguinte forma (considerando $g = 10 \text{ m/s}^2$).

Por conservação da energia mecânica temos que:

$$\begin{aligned}&\begin{aligned} &\text{\begin{equation*}} \\ &(M \cdot g \cdot h_0) + \frac{M \cdot v_0^2}{2} = (M \cdot g \cdot h) + \frac{M \cdot v^2}{2} \\ &\text{\end{equation*}} \end{aligned}\end{aligned}$$

Como o objeto parte do repouso, $\frac{M \cdot v_0^2}{2} = 0$. Ao atingir o solo, sua altura se reduz à zero, logo $M \cdot g \cdot h = 0$. A nova expressão fica assim:

$$\begin{aligned}&\text{\begin{equation*}} \\ &M \cdot g \cdot h_0 = \frac{M \cdot v^2}{2} \\ &\text{\end{equation*}}\end{aligned}$$

Dividindo ambos os termos por M temos

$$\begin{aligned}&\text{\begin{equation*}} \\ &g \cdot h_0 = \frac{v^2}{2} \\ &\text{\end{equation*}}\end{aligned}$$

Se isolarmos o termo v^2 , a expressão pode ser reescrita como

$$\begin{aligned}&\text{\begin{eqnarray*}} \\ &v^2 = 2 \cdot g \cdot h_0 \\ &v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_0} \\ &\text{\end{eqnarray*}}\end{aligned}$$

Substituindo $g = 10 \text{ m/s}^2$ e $h_0 = 10 \text{ m}$, temos que $v = 14,1 \text{ m/s}$

Texto formatado:

O Cálculo da velocidade com que um objeto de apenas 200g, que cai de uma altura de 10m em queda livre, chega à superfície, pode ser feito da seguinte forma (considerando $g = 10 \text{ m/s}^2$).

Por conservação da energia mecânica temos que:

$$M \cdot g \cdot h_0 + \frac{M \cdot v_0^2}{2} = M \cdot g \cdot h + \frac{M \cdot v^2}{2}$$

Como o objeto parte do repouso, $\frac{M \cdot v_0^2}{2} = 0$. Ao atingir o solo, sua altura se reduz à zero, logo $M \cdot g \cdot h = 0$. A nova expressão fica assim:

$$M \cdot g \cdot h_0 = \frac{M \cdot v^2}{2}$$

Dividindo ambos os termos por M temos

$$g \cdot h_0 = \frac{v^2}{2}$$

Se isolarmos o termo v^2 , a expressão pode ser reescrita como

$$v^2 = 2 \cdot g \cdot h_0$$

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_0}$$

Substituindo $g = 10 \text{ m/s}^2$ e $h_0 = 10 \text{ m}$, temos que

$$v = 14,1 \text{ m/s}$$

5 FÓRMULAS MATEMÁTICAS

São construídas seguindo o padrão “\nome da fórmula”. O nome da fórmula é utilizado em sua forma abreviada. No padrão da linguagem *LaTeX*, os nomes são dados em língua inglesa, uma forma de universalizar a linguagem.

Frações

Obtemos por meio do código $\frac{\text{numerador}}{\text{denominador}}$. Outra variação seria o uso direto do sinal de divisão, /, neste caso o código seria simplesmente $\text{numerador}/\text{denominador}$. Esta última variação é mais utilizada para expressões mais simples. Veja os exemplos:

Exemplo 5.1 – Usando o $\frac{\text{numerador}}{\text{denominador}}$

$$\frac{x^2}{k+1}$$

$$x^{\frac{2}{k+1}}$$

Exemplo 5.2 – Usando diretamente o sinal barra, /

$$x^{1/2} = x^{1/2}$$

$$(2x + 3)/3 = (2x + 3)/3$$

Radiciação

Obtemos por meio do código $\sqrt[n]{\text{radicando}}$. A letra n, entre colchetes, representa o índice da raiz, que pode ser quadrada, se ela for de índice 2, cúbica, se ela for de índice 3, quarta, se for de índice 4 e enésima, se for de índice n. Para o caso especial da raiz quadrada (índice 2), o índice pode ser omitido. O radicando, entre chaves, representa o número ou expressão a ser operada. Acompanhe os exemplos abaixo:

Exemplo 5.3 – Caso especial da raiz quadrada. O índice por ser omitido

$$\sqrt{x^2 - 4}$$

$$\sqrt{1024}$$

Exemplo 5.4 – Demais raízes. O índice deve ser destacado entre colchetes, antes das chaves.

$$\sqrt[3]{8}$$

$$\sqrt[5]{(x^2 - 3)^5} = 1$$

Somatório

Para o somatório usamos $\sum_{\text{índice inferior}}^{\text{índice superior}}$. Acompanhe o exemplo a seguir:

Exemplo 5.5 – Somatório

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = m \cdot \vec{a}$$

6 SÍMBOLOS MATEMÁTICOS

Destacaremos alguns dos principais símbolos matemáticos usados em Física. A escrita de um símbolo segue o padrão *\nome do símbolo* ou *\abreviação do nome*.

Letras Gregas

Na Física, uma mesma letra grega pode ter diferentes significados, dependendo se ela for maiúscula ou minúscula. Por exemplo, ômega minúsculo remete a uma grandeza, a velocidade angular, enquanto que ômega maiúsculo representa a unidade de medida de resistência elétrica, no caso, o ohm. Então, a diferenciação entre as letras gregas estará na letra que inicia seu nome. Assim, quando quiser escrever uma letra grega maiúscula, basta que a primeira letra de seu nome seja maiúscula, o mesmo raciocínio valendo para o caso de querer escrever uma letra grega minúscula. Acompanhe a relação das letras gregas mais usadas:

Minúsculas

<code>\alpha</code>	α	<code>\nu</code>	ν
<code>\beta</code>	β	<code>\pi</code>	π
<code>\gamma</code>	γ	<code>\rho</code>	ρ
<code>\delta</code>	δ	<code>\sigma</code>	σ
<code>\epsilon</code>	ϵ	<code>\tau</code>	τ
<code>\theta</code>	θ	<code>\upsilon</code>	υ
<code>\lambda</code>	λ	<code>\phi</code>	ϕ
<code>\mu</code>	μ	<code>\omega</code>	ω

Maiúsculas

<code>\Sigma</code>	Σ	<code>\Omega</code>	Ω
<code>\Delta</code>	Δ	<code>\Pi</code>	Π

Outros Símbolos

Além das letras gregas, representativas de grandezas, constantes e unidades de medida, a Física se utiliza de outros símbolos para representar relações matemáticas, entre outros. A seguir encontram-se os códigos de alguns desses símbolos e seus significados:

<code>\pm</code>	mais ou menos	$\pm$	<code>\forall</code>	qualquer que seja	$\forall$
<code>\times</code>	vezes	$\times$	<code>\perp</code>	perpendicular	$\perp$
<code>\circ</code>	grau	$\circ$	<code>\leftarrow</code>	seta para esq.	$\leftarrow$
<code>\leq</code>	menor ou igual	$\leq$	<code>\rightarrow</code>	seta para dir.	$\rightarrow$
<code>\geq</code>	maior ou igual	$\geq$	<code>\infty</code>	infinito	∞
<code>\equiv</code>	equivalente	$\equiv$	<code>\bar{a}</code>	a barra	$\bar{a}$
<code>\sim</code>	similar	$\sim$	<code>\hat{a}</code>	a chapéu	$\hat{a}$
<code>\approx</code>	aproximadamente	$\approx$	<code>\vec{a}</code>	vetor a	$\vec{a}$
<code>\neq</code>	diferente	$\neq$			

7 FUNÇÕES MATEMÁTICAS

Separamos algumas funções bastante usadas, cujos nomes já foram pré-definidos. O código pode ser obtido por meio de *\abreviatura*, como pode ser observado a seguir:

<code>\sin</code>	seno	sin
<code>\cos</code>	coseno	cos
<code>\tan</code>	tangente	tan
<code>\sec</code>	secante	sec
<code>\csc</code>	cossecante	csc
<code>\arcsin</code>	arco seno	arcsin
<code>\arccos</code>	arco coseno	arccos
<code>\arctan</code>	arco tangente	arctan
<code>\cot</code>	cotangente	cot
<code>\exp</code>	exponencial	exp
<code>\log</code>	logaritmo	log
<code>\ln</code>	logaritmo neperiano	ln

APÊNDICE G – Guia rápido para oficina de LaTeX

CÓDIGOS BÁSICOS DO LaTeX – escrita matemática

1. REPRESENTATIVOS DE OPERAÇÕES FUNDAMENTAIS

Bastante importantes na escrita de equações, fórmulas e expressões tanto numéricas quanto algébricas.

+ = “mais”, adição, representando também a ideia de positivo.

- = “menos”, subtração, representando também a ideia de negativo.

/ = “dividido por”, divisão (neste caso pode ser usada também a função `\frac`).

* = “multiplicado por”, “vezes”, multiplicação.

^ = “elevado a”, potenciação.

A radiciação já está representada com a função `\raiz`.

_ = Índice. Embora não represente uma operação, foi acrescentado nesta seção devido a sua importância em Física. O índice “carrega” informações da grandeza a que se refere. Por exemplo, podemos diferenciar v_i ou v_0 , representando velocidade inicial, de v ou v_f , representando velocidade final; x_1 de x_2 , raízes de uma equação do segundo grau, e assim sucessivamente.

Exemplos de expressões numéricas:

$$2+3-4=1$$

$$10/2=5$$

$$5*3=15$$

$$4,2*10^2=420$$

2. ELEMENTOS DE MARCAÇÃO (\$ e \)

São como sinalizadores dentro das expressões matemáticas. O \$ é utilizado para destacar uma equação, uma fórmula ou qualquer expressão matemática do restante do texto. Quando a expressão a ser destacada encontra-se no corpo do texto, deve-se colocar um \$ antes da expressão, sinalizando o início da mesma e outro após a expressão, sinalizando seu término. Quando a expressão matemática estiver escrita em uma linha especial, separada do texto, deve-se colocar dois cifrões na linha anterior à expressão matemática, sinalizando seu início, e dois cifrões na linha posterior à expressão matemática, sinalizando o término da expressão. Acompanhe os exemplos abaixo:

Exemplo 2. Expressão no corpo do texto

Seja a equação horária dada por $s=s_0+v_0*t+\frac{a*t^2}{2}$ temos que...

Exemplo 3. Expressão separada do corpo do texto

O módulo do vetor campo magnético gerado em um ponto p do espaço, a uma distância r , por um fio retilíneo, pode ser dado por:

\$\$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2r}$$

\$\$

A barra invertida, `\`, encontra-se geralmente associada às funções matemáticas, fórmulas ou caracteres especiais, como letras gregas, por exemplo, que serão detalhados nos próximos capítulos. Na linguagem LaTeX, ela sinaliza um comando, a ser executado quando o documento for compilado. Nessa nossa abordagem mantivemos a barra invertida para diferenciar um texto qualquer de um texto que é parte integrante de uma expressão matemática.

Pode ser usada também quando queremos escrever uma expressão matemática em várias linhas. Colocamos duas barras invertidas, `\\`, ao final de cada linha, sinalizando que há uma continuação na linha seguinte, e assim sucessivamente. Na última linha não se coloca as duas barras, para sinalizar o término da expressão.

A barra invertida não pode ser confundida com a barra normal, `/`, que em expressões simples pode ser usada diretamente para representar o sinal de divisão. Veja alguns exemplos:

Exemplo 4. Barra invertida associada a funções

`\frac` = fração

`\raiz` = raiz quadrada, cúbica, etc.

`\sen` = seno

`\int` = integral

Exemplo 5. Barra invertida associada a caracteres especiais

`\alfa` = letra grega alfa

`\beta` = letra grega beta

`\omega` = letra grega ômega

`\+ou-` = mais ou menos

Exemplo 6. Barra invertida associada a expressões multi-linhas

`x^2 -4=0\\`

`x^2=4\\`

`x=\raiz{4}\\`

`x=2`

3. CHAVES, COLCHETES E PARÊNTESES

Na escrita de expressões, sejam elas numéricas ou algébricas, sinais como chaves, colchetes e parêntesis terão o mesmo significado que na linguagem matemática convencional, ou seja, o de sinais unificadores. Para o caso especial das funções, utilizaremos como padrão o sinal de chaves para separar cada termo que a compõe, como veremos adiante.

Exemplo 1. Escrevendo expressões numéricas

Sabemos que em uma divisão de potências de mesma base, a regra diz que devemos manter a base e subtrair os expoentes. A expressão a seguir representa uma divisão entre grandezas: 4 vezes 10 elevado a 2 dividido por 2 vezes 10 elevado a menos 3. Acompanhe a resolução:

\$\$

$$(4 \cdot 10^2) / (2 \cdot 10^{-3}) \\$$

$$(4/2) \cdot [10^{2-(-3)}] \\$$

$$2 \cdot [10^{2+3}] \\$$

$$2 \cdot 10^5$$

\$\$

Exemplo 2. Escrevendo expressões algébricas

O Cálculo da velocidade com que um objeto de apenas 200g, que parte do repouso e cai de uma altura de 10m em queda livre, chega à superfície e considerando que a energia mecânica se conserva nesse processo, pode ser feito da seguinte forma:

\$\$

$$(M \cdot g \cdot h_0) + (M \cdot v_0^2) / 2 = (M \cdot g \cdot h) + (M \cdot v^2) / 2$$

\$\$

Observação: Quando tiver que inserir índice e potência na mesma grandeza, a ordem é sempre colocar primeiramente o índice e em seguida a potência, como foi colocado em v_0^2 , que representa velocidade inicial ao quadrado.

Como o objeto parte do repouso, $(M \cdot v_0^2) / 2 = 0$. Ao atingir o solo, sua altura se reduz a zero, logo $M \cdot g \cdot h = 0$. A nova expressão fica assim:

\$\$

$$M \cdot g \cdot h_0 = (M \cdot v^2) / 2, \text{ Dividindo ambos os termos por } M \text{ temos} \\$$

$$g \cdot h_0 = (v^2) / 2, \text{ se isolarmos o termo } v^2, \text{ a expressão fica assim} \\$$

$$v^2 = 2 \cdot g \cdot h_0, \text{ logo } v \text{ é igual a} \\$$

$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_0}$, como $h_0 = 10\text{m}$ e $g \sim 10\text{m/s}^2$, logo\\

$v = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 10}$ \\

$v = \sqrt{200}$ \\

$v = 14,1\text{m/s}$

\$\$

4. FÓRMULAS MATEMÁTICAS

São construídas seguindo o padrão **\nome da fórmula**. O nome da fórmula é utilizado em sua forma abreviada. No padrão do Latex, os nomes são dados em inglês, uma forma de universalizar a linguagem. No nosso caso, para que os nomes sejam os mais intuitivos possível e, principalmente, compreensíveis através dos leitores de tela, adotaremos como padrão a língua portuguesa. Para os casos em que a abreviatura em português coincida com a abreviatura em Inglês, não alteraremos sua forma original, mantendo a universalidade do código.

FRAÇÕES

Obtemos através do código **\frac{numerador}{denominador}**. Outra variação seria o uso direto do sinal de divisão, /, neste caso o código seria simplesmente **numerador/denominador**. Esta última variação é mais utilizada para expressões mais simples. acompanhe os exemplos:

Exemplo 1. Usando o código **\frac{numerador}{denominador}**

a. $\frac{x^2}{k+1}$ *x ao quadrado dividido por k + 1*

b. $x^{\frac{2}{k+1}}$ *x elevado a 2 sobre k + 1*

Exemplo2. Usando diretamente o sinal barra, /

a. $x^{1/2}$ *x elevado a um sobre dois ou x elevado a meio*

b. $(2x+3)/3$ *dois x mais 3 dividido por 3*

RAIZES

Obtemos através do código **\raiz[n]{radicando}**. A letra n, entre chaves, representa o índice da raiz, que pode ser quadrada, se ela for de índice 2, cúbica, se ela for de índice 3, quarta, se for de índice 4 e enésima, se for de índice n. Para o caso especial da raiz quadrada (índice 2), o índice pode ser omitido. O radicando, entre chaves, representa o número ou expressão a ser operada. Acompanhe os exemplos abaixo:

Exemplo1. Caso especial da raiz quadrada. O índice por ser omitido

a. $\raiz{x^2-4}$ *raiz quadrada de x ao quadrado menos 4*

b. $\raiz{1024}$ *raiz quadrada de 1024*

Exemplo2. Demais raízes. O índice deve ser destacado entre chaves.

- a. $\sqrt[3]{8}$ *raiz cúbica de oito*
- b. $\sqrt[5]{(x^2-3)^5}=1$ *raiz quinta de (x ao quadrado menos 3) ao quadrado é igual a 1*

Exercícios de fixação

Sendo de aproximadamente 60km a distancia entre as cidades de Goiânia a Anápolis, um veículo que trafegue a uma velocidade média de 100km/h demora quanto tempo para chegar à Anápolis?

Sendo 1km equivalente a 1000m, e 1h equivalente a 3600s, encontre uma expressão que represente a conversão de km/h para m/s.

4.1 SÍMBOLOS MATEMÁTICOS

Além dos símbolos disponíveis em seu teclado, cuja função da maioria deles já foi descrita anteriormente, existem outros símbolos matemáticos que são importantes para o ensino de Física. Assim como as demais fórmulas matemáticas, os símbolos são escritos como \nome do símbolo ou \abreviação do nome.

4.1.1 LETRAS GREGAS

Na Física, uma mesma letra grega pode ter diferentes significados, dependendo se ela for maiúscula ou minúscula. Por exemplo, ômega minúsculo representa uma grandeza, a velocidade angular, enquanto que ômega maiúsculo representa a unidade de medida de resistência elétrica, no caso, o ohm. Então, a diferenciação entre as letra gregas estará na letra que inicia seu nome. Assim, quando quiser escrever uma letra grega maiúscula, basta que a primeira letra de seu nome seja maiúscula, o mesmo raciocínio valendo para o caso de querer escrever uma letra grega minúscula. Acompanhe a relação das principais letras abaixo:

\alfa

\beta

\gamma

\delta

\epsilon

\zeta

\eta

\theta

\iota

\kappa

\lambda

$\backslash mi$ $\backslash ni$ $\backslash xi$ $\backslash o$ $\backslash pi$ $\backslash r\hat{o}$ $\backslash sigma$ $\backslash tau$ $\backslash fi$ $\backslash psi$ $\backslash \hat{o}mega$ $\backslash Delta$ $\backslash Teta$ $\backslash L\grave{a}mbda$ $\backslash Xi$ $\backslash Pi$ $\backslash Sigma$ $\backslash Fi$ $\backslash Psi$ $\backslash \hat{O}mega$

4.1.2 OUTROS SÍMBOLOS

Além das letras gregas, representativas de grandezas, constantes e unidades de medida, a Física se utiliza de outros símbolos para representar relações matemáticas, entre outros. A seguir encontram-se os códigos de alguns desses símbolos e seus significados:

 $\backslash sim$ – similar $\backslash dif$ – diferente $\backslash aprox$ – aproximadamente $\backslash equiv$ – equivalente $\backslash perp$ – perpendicular $\backslash qqseja$ – qualquer que seja

`\existe` – existe

`\infinito` – infinito

`\parcial` – derivada parcial

4.2 FUNÇÕES MATEMÁTICAS

Separamos algumas funções bastante usadas, cujos nomes já foram pré-definidos. O código pode ser obtido através de `\abreviatura` do nome da função, como podem acompanhar a seguir:

`\sen` = seno

`\cos` = cosseno

`\tan` = tangente

`\sec` = secante

`\csc` = cossecante

`\cot` = cotangente

`\arcsen` = arco seno

`\arccos` = arco cosseno

`\arctan` = arco tangente

`\senh` = seno hiperbólico

`\cosh` = cosseno hiperbólico

`\tanh` = tangente hiperbólica

`\exp` = exponencial

`\lim` = limite

`\ln` = logaritmo neperiano

`\log` = logaritmo

`\max` = máximo

`\min` = mínimo

Exemplo

\$\$

$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x}$
sobre x

Limite com x tendendo a zero de seno de x

\$\$

APÊNDICE H – Transcrição do Episódio 1 – aluno Gustavo

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Instituto de Física

Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências

Projeto de Pesquisa: O processo de ensino-aprendizagem de Física e os deficientes visuais: Possibilidades do uso do computador no desenvolvimento da autonomia de alunos deficientes visuais no processo de inclusão escolar

DADOS DE PESQUISA

Categoria: Transcrição de filmagem

Local: C. E. Isaac Newton (pseudônimo)

Descrição: Resolução de um exercício após a oficina oferecida ao aluno Gustavo (pseudônimo) com o propósito de inicializá-lo, de familiarizá-lo com a nova abordagem em termos de linguagem matemática que propúnhamos com o projeto, baseada na linguagem Latex.

-
NVDA	[01]	Um ônibus deixa a estação rodoviária da cidade do Rio de Janeiro às quatorze h e dirige hífen se [leitura da primeira linha]

A Petrópolis aonde chega às dezesseis h. Sabe hífen se que a velocidade média por ele [leitura da segunda linha]

desenvolvida na viagem é de setenta km barra h. Determine o espaço percorrido pelo ônibus [leitura da terceira linha] |
PESQUISADOR	[02]	Já mudou. Agora não é cálculo de velocidade. Ele já te deu a velocidade. Mas o que você entendeu até agora aqui? Você quer que ele [NVDA] leia de novo?
GUSTAVO	[03]	Quero.
PESQUISADOR	[04]	Também você pode fazer isso sozinho também oh!... com as setinhas aqui... pode ir pra cima... [mostrando os cursores do teclado para o Gustavo, para que ele possa navegar pelas linhas do problema]
NVDA	[05]	três Um ônibus deixa a estação rodoviária da cidade do Rio de Janeiro às quatorze h e dirige hífen se [leitura da primeira linha]

- PESQUISADOR [06] Agora você vai com a setinha pra baixo [indicando como Gustavo tinha que fazer para o NVDA ler a próxima linha do problema]
- GUSTAVO [07] Ele saiu do Rio de Janeiro às quatorze horas.
- PESQUISADOR [08] Isso.
Agora você vai pra baixo com a setinha.
- NVDA [09] [após o aluno Gustavo ter errado a tecla referente ao cursos para baixo]

A Petrópolis aonde chega às dezesseis h. Sabe hífen se que a velocidade média por ele [leitura da segunda linha]
- PESQUISADOR [10] Como é que é... ele saiu do Rio de Janeiro às 14 horas e dirige-se a Petrópolis aonde chega às?
- GUSTAVO [11] Às dezesseis horas
- PESQUISADOR [12] Às dezesseis horas. Aí sabe-se que a velocidade por ele... aí vai para baixo.
- NVDA [13] desenvolvida na viagem é de setenta km barra h. Determine o espaço percorrido pelo ônibus [leitura da terceira linha]
- PESQUISADOR [14] Quando você vai resolver qualquer problema de Física a primeira coisa que você tem que pensar é quais são os dados que você tem e depois, a partir dos dados que você tem, o que você precisa calcular. E aí você vai lembrar... se você vai usar alguma equação... assim... se para os dados que você tem e o que você quer calcular é suficiente. Então por exemplo, quais são os dados que você tem nesse exercício?
- GUSTAVO [15] O tempo...
- PESQUISADOR [16] O tempo... mas de que forma está esse tempo... ele te deu a variação do tempo?
- GUSTAVO [17] Foi! Não foi não?
- PESQUISADOR [18] Ele te deu o tempo separado... o momento que ele saiu e o momento que ele chegou. Você tem que pensar assim, isso que a gente coloca... a gente chama de instante. Então instante inicial, que foi essa saída, que foi às quatorze horas e tem o instante final que foi quando ele chegou lá, que foi às dezesseis horas. Então em termos de nomenclatura você pode usar t_1 igual a quatorze, por exemplo, e o t_2 igual a dezesseis horas. Agora quando eu falo de variação de tempo, é quanto tempo ele gastou. Aí seria aquele delta t. Aí

para você calcular o delta t, lembra lá que é o tempo final menos o inicial. Então nesse caso, se eu quiser saber quanto tempo ele demorou para sair do Rio de Janeiro e chegar em Petrópolis, então eu sei que ele saiu às quatorze e chegou às dezesseis... demorou quanto tempo? Faço dezesseis menos quatorze

GUSTAVO [19] Duas!

PESQUISADOR [20] Então você sabe que seu instante inicial é quatorze, final é dezesseis e delta t, que é a variação do tempo, é de duas horas. Aí qual outro dado que ele te deu, além do tempo?

GUSTAVO [21] Velocidade média.

PESQUISADOR [22] Velocidade média, que foi de?

GUSTAVO [23] Setenta quilômetros por hora.

PESQUISADOR [24] Isso. Ele te deu a velocidade, te deu o tempo e ele quer que você calcule o espaço percorrido pelo ônibus. Então de novo, o espaço, assim como o tempo, eu também tenho o espaço inicial, espaço final e tem a variação de espaço ou o espaço percorrido. Então como ele quer você determine o espaço percorrido pelo ônibus, ele quer o delta s. Então delta s é meu espaço percorrido ou minha variação de espaço. Então da mesma forma que a gente usou lá em cima [referindo-se aos exercícios anteriores] v_m é igual a delta s dividido por delta t. Aí nesse caso, o que você tem de dados? Você tem a velocidade média e você tem o delta t e você quer calcular o delta s. então vamos lá! Aperta o enter. Então velocidade média como é que é? Você escreve v_m , né...

GUSTAVO [25] v_m

PESQUISADOR [26] Igual...

GUSTAVO [27] $v_m =$

PESQUISADOR [28] Só pra você lembrar de novo... delta s dividido por delta t... aí como a gente escrevia lá delta s? O delta como é o delta?

GUSTAVO [29] o delta e o s.

PESQUISADOR [30] Só que para diferenciar a palavra delta, escrita aqui como uma constante aqui, da palavra delta do português, a gente vai utilizar a barra invertida... então barra invertida delta. Toda vez que você vai colocar o nome de uma função ou nome de uma letra, a gente vai usar a barra invertida. Então você vai escrever aí barra invertida delta

- GUSTAVO [31] Só uma [Sua dúvida refere-se ao caso em que ao escrever expressões multi-linhas, em LaTeX, ao final de cada linha coloca-se duas barras invertidas].
- PESQUISADOR [32] É só uma barra mesmo.
- GUSTAVO [33] $vm=\backslash$
- PESQUISADOR [34] Agora escreve delta
- GUSTAVO [35] $vm=\backslash delta s$
- PESQUISADOR [36] Não é delta s dividido por delta t? Então agora você vai por uma barra normal. Neste caso como você já colocou o barra invertida, pra não confundir, você pode colocar barra invertida delta s entre parêntesis depois você põe o barra normal aí você vai colocar entre parêntesis barra invertida delta t. Acho que fica melhor assim de separar para não confundir uma barra emendando com outro delta. Então volta com a setinha um pouquinho aqui... aí você volta até ele falar barra invertida [ensinando o aluno a navegar pelos caracteres para realizar alterações na frase].
- GUSTAVO [37] $vm=(\backslash delta s)$
- PESQUISADOR [38] Agora você coloca barra normal
- GUSTAVO [39] $vm=(\backslash delta s)/(\delta t)$
- PESQUISADOR [40] Agora a gente vai resolver. Bom, o vm você tem, não tem?
- GUSTAVO [41] Sim
- PESQUISADOR [42] Então quanto que é?
- GUSTAVO [43] Calma aí... esqueci.
- PESQUISADOR [44] Toda vez que você que você precisar retomar o exercício... sempre usando essas setas aqui, você pode voltar no exercício... pedir para ele ler de novo. Esse é um exercício que você pode fazer sempre.
- [...]
- GUSTAVO [45] 70
- PESQUISADOR [46] Igual...
- GUSTAVO [47] $70=$
- PESQUISADOR [48] Aí não é delta s sobre delta t? Delta s é o espaço percorrido, que é exatamente o que ele quer, então ovc6e escreve do

mesmo jeito que a gente escreveu lá em cima... pode por abre parêntesis... e escreve barra invertida delta s.

- GUSTAVO [49] $70=(\delta s)$
- PESQUISADOR [50] Agora barra né, divisão...
- GUSTAVO [51] $70=(\delta s)/$
- PESQUISADOR [52] Agora como o outro é delta t, esse você já sabe. Lembra que é o tempo que ele demorou para chegar. Ele chegou às quatorze e chegou às dezesseis.
- GUSTAVO [53] Duas horas.
- PESQUISADOR [54] Então você põe dois.
- GUSTAVO [55] $70=(\delta s)/2$
- PESQUISADOR [56] Agora “enter”. É só pensar agora... setenta é igual e delta s dividido por dois. Só que a gente quer calcular o que?... não é o delta s? o delta s a gente tem que isolar. Só que do lado esquerdo tá o setenta, do lado direito tá o delta s dividido por dois. Para eu deixar só o delta s... então o dois que tá dividindo, se ele passa para o outro lado ele passa?
- GUSTAVO [57] multiplicando
- PESQUISADOR [58] Então do lado esquerdo você vai escrever setenta vezes dois.
- GUSTAVO [59] $70*2=\delta s$
- PESQUISADOR [60] Aí agora ficou só para você resolver... ficou setenta vezes dois é igual a delta s, que é a mesma coisa se você pensar que delta s é igual a setenta vezes dois. Agora você tem que resolver, quanto que dá?
- GUSTAVO [62] Cento e quarenta
- PESQUISADOR [63] Muito bem. Então agora dá um “enter”. Agora você pode escrever delta s é igual...
- GUSTAVO [64] $\delta s=140\text{km}$

APÊNDICE I – Transcrição do Episódio 2 – aluno Gustavo

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Instituto de Física

Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências

Projeto de Pesquisa: O processo de ensino-aprendizagem de Física e os deficientes visuais: Possibilidades do uso do computador no desenvolvimento da autonomia de alunos deficientes visuais no processo de inclusão escolar

DADOS DE PESQUISA

Categoria: Transcrição de áudio

Local: C. E. Isaac Newton (pseudônimo)

Descrição: Resolução de uma lista de exercícios de revisão sobre MRU e MRUV. A lista continha dez exercícios, dentre os quais o aluno Gustavo já havia resolvido cinco deles. Neste caso, acompanhamos a resolução do exercício seis.

NVDA	[01]	<i>um móvel parte com velocidade de quatro m barra s de um ponto de uma trajetória retilínea com [leitura da primeira linha do enunciado]</i>
GUSTAVO	[02]	um móvel parte de uma trajetória... é... igual... não professor.
PESQUISADOR	[03]	É que você está pulando uma parte... é que você está assim: um móvel parte de um ponto, mas ele fala uma informação antes. “Um móvel parte com velocidade de quatro m barra s”, que é o que? Quatro metros por segundo, “de um ponto de uma trajetória retilínea”. Essa é a frase que ele fala, então qual que é a informação? Que a trajetória é retilínea e ele está com velocidade de quanto? Quatro metros por segundo. Essa é a informação que ele te dá nesta linha. Aí ele termina a frase assim: “[...] de uma trajetória retilínea com”... aí você tem que continuar na linha de baixo.
NVDA	[04]	<i>aceleração constante de cinco m barra s circunflexo dois ponto encontre sua velocidade no instante dezesseis s ponto [leitura da segunda linha do enunciado]</i>
GUSTAVO	[05]	aceleração de cinco metros por segundo... encontre sua velocidade em metros por segundo? Ou não?... pera aí...
JULIO	[06]	“encontre sua velocidade”... volta lá...

- NVDA [07] *um móvel parte com velocidade de quatro m barra s de um ponto de uma trajetória retilínea com [leitura da primeira linha do enunciado]*
- aceleração constante de cinco m barra s circunflexo dois ponto encontre sua velocidade no instante dezesseis s ponto [leitura da segunda linha do enunciado]*
- PESQUISADOR [08] Ele tá com aceleração constante de cinco metros por segundo ao quadrado, aí ele pergunta: “encontre sua velocidade no instante dezesseis segundos. Então quais são as informações que você tem até agora?
- GUSTAVO [09] Até agora. Informação da velocidade dele, inicial... não... é...
- PESQUISADOR [10] Inicial? Porque que é inicial?
- GUSTAVO [11] Então não é.
- PESQUISADOR [12] Não, to só te perguntando? Tá vendo como você é inseguro?
- É porque ele fala assim: “um móvel PARTE com velocidade...”, então se ele parte, quer dizer o que? Que ele está iniciando um movimento. Ele está partindo de um ponto. Ele estava parado e ele parte, parte com velocidade de quatro metros por segundo. Quatro metros por segundo é velocidade inicial, que a gente sempre chama de v ...?
- GUSTAVO [13] v ... zero.
- PESQUISADOR [14] Ele parte com v zero de quatro metros por segundo e depois ele fala que a trajetória é retilínea, tal, aí ele fala que ele tem aceleração constante de cinco metros por segundo ao quadrado. Então você já tem o “ a ”, a aceleração, não é?
- GUSTAVO [15] Sim.
- PESQUISADOR [16] Aí ele quer que encontre sua velocidade no instante dezesseis segundos. Então essa velocidade é o quê? Velocidade? Se a outra que ele partiu é inicial, essa outra é?
- GUSTAVO [17] velocidade final.
- PESQUISADOR [18] final. Aí ele fala no instante dezesseis segundos, quer dizer... toda vez que você começa um movimento, a gente sempre, na hora que vai marcar o tempo, a gente começa com zero. Então este instante “ t ” aqui, é o “ t ”. T inicial é zero, então “ t ” final é esse dezesseis segundos. Então a parte importante é assim, toda vez que você vai trabalhar com um exercício, seja ele de Física, de Matemática, primeiro você precisa entender o contexto, então tem algumas palavrinhas que são chaves. Por exemplo, um móvel PARTE com velocidade... a

palavra “parte” quer dizer que ele iniciou o movimento, então ele falou da velocidade de quatro metros por segundo, então neste caso é a velocidade inicial. Esse é um primeiro dado que você tem. Depois ele fala que durante o movimento, ele realiza com aceleração constante de cinco metros por segundo ao quadrado. Essa é a segunda informação que você tem. Você tem v zero, você tem o “ a ” e depois ele quer saber qual é a velocidade final, que você não sabe, que é o “ v ”, depois de dezesseis segundos, que é o “ t ”. Estes exercícios que a gente tava resolvendo, era sobre quem... as equações horárias... neste caso vamos ver que tipo de equação horária a gente vai trabalhar, que é uma equação horária que é do MRUV, que é o movimento retilíneo uniformemente variado, quando tem aceleração. Então neste caso vamos ver... que envolve velocidade inicial, aceleração, envolve tempo. Tem uma equação horária, que chama “equação horária da velocidade”, que ela é assim: v , que é a velocidade final é igual a v zero, que é a velocidade inicial mais “ a ”, que é a aceleração, vezes “ t ”. essa é uma equação da velocidade no MRUV. Então v é igual a v zero mais “ a ” vezes “ t ”. Então neste caso ela seria perfeita porque “ v ” você não sabe, é o que você quer achar né, v zero você tem, que é quanto?

- GUSTAVO [19] Quatro metros por segundo.
- PESQUISADOR [20] Isso! Mais “ a ” vezes “ t ”. O “ a ” você sabe também, quanto é o “ a ”?
- GUSTAVO [21] cinco... cinco... ah! Professor, cinco alguma coisa! Risos.
- PESQUISADOR [22] Tem que lembrar que aceleração é sempre metros por segundo ao quadrado. É cinco metros por segundo ao quadrado.
- GUSTAVO [23] Só cinco metros por segundo ao quadrado?
- PESQUISADOR [24] É
- GUSTAVO [25] achei que tivesse alguma coisa a mais.
- PESQUISADOR [26] Não. A aceleração é cinco, mas aí você tem sempre que falar a unidade. Não pode falar só cinco... você não sabe se é cinco quilômetros por hora ao quadrado... você tem que falar é cinco metros por segundo ao quadrado. E o “ t ”, que é o tempo, que nesse caso é dezesseis segundos. Dá pra fazer, não dá?
- GUSTAVO [27] dá.
- PESQUISADOR [28] Então vamos lá.

- GUSTAVO [29] “v” é igual a “v” zero mais “a” vezes “t”. Certo?
- PESQUISADOR [30] Certo. Então vamos lá. Vai pra baixo que a gente já colocou o cifrão.
- GUSTAVO [31] com a setinha [referindo-se ao cursor]
- NVDA [32] cifrão cifrão
- PESQUISADOR [33] vai mais uma setinha pra baixo
- NVDA [34] em branco.
- PESQUISADOR [35] isso. Agora a gente vai começar a escrever. Então primeiro, pra você lembrar, então escreve a equação horária que você falou.
- GUSTAVO [36] $v=v_0$
- PESQUISADOR [37] lembra que... sempre quando é índice, tem que usar o sublinhado, “v” sublinhado zero. Sublinhado é o que está acima do hífen. SHIFT HÍFEN.
- GUSTAVO [38] $v=v_0$
- PESQUISADOR [39] entendeu? Sempre quando a gente for usar “v” zero, ou então se a gente usasse “v” um e “v” dois, você ia colocar “v” sublinhado um... tudo bem?
- GUSTAVO [40] então nesse caso colocaria “v” sublinhado dois.
- PESQUISADOR [41] é. Se fosse usar “v” um e “v” dois, “v” um como velocidade inicial, a gente ia colocar “v” sublinhado um e “v” dois, ia colocar “v” sublinhado dois. Só para diferenciar um do outro. Nesse caso a gente tá diferenciando como, o “v” sozinho é o “v” final, e o “v” sublinhado zero, a velocidade inicial. Aí “v” zero mais “a” vezes “t”.
- GUSTAVO [42] $v=v_0+a*t$
- PESQUISADOR [43] Você já escreveu a equação, agora a gente vai substituir os valores. Aí quando a gente vai passar para a outra linha como a gente faz? Quando a gente vai resolver um exercício em várias linhas no final da linha a gente coloca um símbolo, que símbolo é esse?
- GUSTAVO [44] barra barra
 $v=v_0+a*t \\$
- PESQUISADOR [45] agora você aperta o “enter” pra ir pra linha de baixo. Agora você vai substituir. O “v” é o que você quer achar, você reescreve ele. “v” é igual...

GUSTAVO [46] $v=$

PESQUISADOR [47] Agora, o que tinha na equação? “v” é igual a oquê?

GUSTAVO [48] quatro metros por segundo.

PESQUISADOR [49] que é o “v” zero. Então põe aí quatro.

GUSTAVO [50] $v=4$

PESQUISADOR [51] então esse é o “v” zero, mas a expressão era “v” é igual a “v” zero...

GUSTAVO [52] mais “a” vezes “t”.

PESQUISADOR [53] isso. Então termina de escrever com os dados que você tem.

GUSTAVO [54] “v” é igual a quatro...

PESQUISADOR [55] Deu branco?

GUSTAVO [56] “a” igual a cinco?

PESQUISADOR [57] não é “v” é igual a “v” zero mais “a” vezes “t”?

GUSTAVO [58] sim. Então é mais cinco vezes dezesseis?

PESQUISADOR [59] isso.

GUSTAVO [60] $v=4+5*16$

PESQUISADOR [61] Como que você faz pra passar para a outra linha? O barra barra

GUSTAVO [62] $v=4+5*16 \\$

PESQUISADOR [63] Agora aperta o “enter”. Agora tem que resolver a conta. Escreve de novo aí “v” é igual...

GUSTAVO [64] $v=$

PESQUISADOR [65] a expressão que você tem é quatro mais cinco vezes dezesseis? Qual que você tem que resolver primeiro?

GUSTAVO [66] “v” é igual a quatro mais cinco.

PESQUISADOR [67] quatro mais cinco? Quando você tem uma expressão numérica, que você em lá... soma, tem subtração e tem multiplicação. Existe uma ordem pra você resolver. Primeiro você resolve a multiplicação. Que nem uma expressão como esta aí quatro mais cinco vezes dezesseis, primeiro você tem que resolver quanto é cinco vezes dezesseis pra depois você fazer quatro mais o resultado que der

GUSTAVO [68] Entendi.

PESQUISADOR [69] Então no caso aí você vai fazer quatro mais. Escreve aí.

GUSTAVO [70] $v=4+$

PESQUISADOR [71] Isso. Agora quanto é cinco vezes dezesseis.

GUSTAVO [72] oitenta.

PESQUISADOR [73] escreve aí.

GUSTAVO [74] $v=4+80$

PESQUISADOR [75] tem que ir pra outra linha, o que você deve fazer?

GUSTAVO [76] $v=4+80 \backslash$

PESQUISADOR [77] agora você vai colocar o resultado. “v” é igual...

GUSTAVO [78] “v” é igual a noventa.

PESQUISADOR [79] quanto?

GUSTAVO [80] uai professor!

PESQUISADOR [81] quando você tiver dúvida, você volta com a setinha pra cima pra ele reler o que você escreveu na linha anterior.

NVDA [82] v é igual quatro mais oitenta barra invertida barra invertida
[...]

GUSTAVO [83] oitenta e quatro
 $v=84$

PESQUISADOR [84] Agora terminou. Não é o “v”, velocidade, é oitenta e quatro o quê?

GUSTAVO [85] metros por segundo

PESQUISADOR [86] isso. Como você escreve aí, metros por segundo?

GUSTAVO [87] $v=84 \text{ m/s}$

PESQUISADOR [88] muito bem.

APÊNDICE J – Transcrição do Episódio 3 – aluna Luana

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Instituto de Física

Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências

Projeto de Pesquisa: Ensino de Física e deficiência visual: Possibilidades do uso do computador no desenvolvimento da autonomia de alunos com deficiência visual no processo de inclusão escolar

DADOS DE PESQUISA

Categoria: Transcrição de filmagem

Local: C. E. Isaac Newton (pseudônimo)

Descrição: Resolução de um problema de Física durante a oficina de LaTeX.

Informações relevantes: Utilizávamos o Laptop disponibilizado pela escola, especialmente para a aluna Luana, com o NVDA instalado.

-
NVDA	[01] Sendo de aproximadamente sessenta km a distancia entre as cidades de Goiânia a Anápolis, um veículo que trafegue a uma velocidade média de cem k m barra h demora quanto tempo para chegar a Anápolis? [...]
PESQUISADOR	[02] A velocidade média... lembra lá... que é delta s sobre delta t? onde delta é sempre variação né... variação de espaço sobre variação de tempo. Distância sobre tempo. Aqui ó [lendo novamente o problema] Sendo de aproximadamente sessenta quilômetros a distância entre as cidades de Goiânia a Anápolis, um veículo que trafegue a uma velocidade média de cem quilômetros por hora demora quanto tempo para chegar a Anápolis? Então você tem a velocidade, que é cem quilômetros por hora e tem a distância que é sessenta quilômetros e você quer achar o tempo. Vamos só tentar fazer uma coisa aqui quer ver... [neste momento conecto um teclado ao notebook para que a Luana possa tentar resolver o problema]. Agora vamos escrever a fórmula. Como é velocidade média, é v_m...
LUANA	[03] $v_m =$ [Luana não estava encontrando a tecla de igual no teclado. Tive que ensiná-la onde ficava].

- PESQUISADOR [04] Agora não é espaço sobre o tempo? A gente deveria colocar delta s sobre delta t não é?
- LUANA [05] Isso.
- PESQUISADOR [06] Mas lembra que delta é uma “figura”... então você põe barra invertida
- LUANA [07] barra invertida fica aqui ou do outro lado? [também não lembrava onde ficava a tecla da barra invertida].
- $V_m = \backslash$
- PESQUISADOR [08] Agora escreve aí... delta s.
- LUANA [09] Escrever mesmo?
- PESQUISADOR [10] É.
- LUANA [11] $v_m = \backslash \text{delta s}$
- PESQUISADOR [12] Agora barra
- LUANA [13] [após orientações sobre onde ficava a tecla da barra]
- $V_m = \backslash \text{delta s} /$
- PESQUISADOR [14] É delta t né?... então você vai escrever de novo barra invertida delta t...
- LUANA [15] $v_m = \backslash \text{delta s} \backslash \text{delta t}$
- PESQUISADOR [16] Isso. Então ficou v_m igual barra invertida delta s barra barra invertida delta t. Agora você vai dar um “enter”. Agora a gente vai resolver, por exemplo v_m não é a velocidade média?
- LUANA [17] Isso!
- PESQUISADOR [18] Aí no problema aqui em cima ele já falou que a velocidade média do carro era de...
- LUANA [19] 100
- PESQUISADOR [20] Isso 100 quilômetros por hora... então você vai por 100.
- LUANA [21] $100 =$
- PESQUISADOR [22] Agora delta s não é o espaço?
- LUANA [23] Isso!
- PESQUISADOR [24] Ele disse que o espaço era de sessenta quilômetros. Então é sessenta.
- LUANA [25] $100 = 60$

- PESQUISADOR [26] Barra...
- LUANA [27] $100=60/$
- PESQUISADOR [28] Aí em baixo, que seria o delta t, que é o tempo, a gente pode por só t.
- LUANA [29] $100=60/t$
- PESQUISADOR [30] Agora a gente vai tentar resolver. Você tem cem que é igual a sessenta dividido por t, mas você quer achar quanto que é t. Como que você tem que fazer?
- LUANA [31] Aí eu não sei.
- PESQUISADOR [32] Quando você quer passar, por exemplo, uma letra ou um número, de um lado da igualdade para o outro... você tem sempre que fazer o que?
- LUANA [33] Inverter as operações.
- PESQUISADOR [34] Isso! Então você tem do lado de cá é cem, do outro lado é sessenta dividido por t. Se eu quero passar o t junto com o cem, ele está dividindo ele passa...
- LUANA [35] multiplicando.
- PESQUISADOR [36] Multiplicando, então fica cem vezes t. Aí o vezes é o... asterisco né? Que é "shift 8" [referindo-se às teclas que deve pressionar para escrever o símbolo "asterisco"]
- LUANA [37] $100*t$
- PESQUISADOR [38] que é igual a... sessenta, que sobrou só o sessenta desse lado.
- LUANA [39] $100*t=60$
- PESQUISADOR [40] Agora você tem cem vezes t igual a sessenta. Eu quero só o t, então tenho que passar o cem para o outro lado.
- LUANA [41] Ah! Então vai ficar sessenta dividido por cem.
 $t=60/100$
- PESQUISADOR [42] Agora ficou sessenta dividido por cem. Uma forma de simplificar seria cancelar um zero do numerador com um zero do denominador. Aí fica seis dividido por dez. Consegue imaginar a resposta?... é o mesmo que seis décimos. Quando temos uma divisão por dez, pensamos em termos de casas decimais, neste caso você vai andar uma casa decimal para a esquerda... que fica... zero virgula seis. Então t é igual a zero virgula seis horas.

- LUANA [43] t=0,6h
- PESQUISADOR [44] O que você achou? Difícil?
- LUANA [45] É!
- PESQUISADOR [46] Mas o que você achou mais difícil dessa nova linguagem aí?
- LUANA [47] Não. Até que a linguagem é mais tranquila, dá para compreender. Com o tempo se familiariza né!
- PESQUISADOR [48] Tá certo que... assim... às vezes fico pensando, é mais uma linguagem, por exemplo, você já aprendeu o Braille e aí de repente eu venho com outra proposta...

[...]

APÊNDICE K – Transcrição do Episódio 4 – aluna Luana

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Instituto de Física

Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências

Projeto de Pesquisa: Ensino de Física e deficiência visual: Possibilidades do uso do computador no desenvolvimento da autonomia de alunos com deficiência visual no processo de inclusão escolar

DADOS DE PESQUISA

Categoria: Transcrição de audio

Local: C. E. Isaac Newton (pseudônimo)

Descrição: Acompanhamento da aluna Luana (pseudônimo) na resolução de um problema envolvendo dilatação volumétrica de sólidos.

Informações relevantes:

NVDA	[01]	<p><i>o raio de uma esfera feita de liga de aço mede quatro <u>vírgula</u> zero centímetros a dez <u>circunflexo</u> zero c <u>ponto</u> determine a dilatação [leitura da primeira linha do problema]</i></p> <p><i>volumétrica sofrida por esta esfera se sua temperatura for elevada para duzentos e sessenta <u>circunflexo</u> zero c <u>ponto</u> [leitura da segunda linha do problema]</i></p> <p><i><u>abre parênteses</u> dados <u>dois pontos</u> o volume da esfera <u>igual</u> <u>abre parênteses</u> quatro <u>barra</u> três <u>fecha parênteses</u> <u>asterisco</u> <u>barra invertida</u> pi <u>asterisco</u> r <u>circunflexo</u> três <u>ponto e vírgula</u> <u>barra invertida</u> alfa <u>sublinhado</u> aço <u>igual</u> uma <u>vírgula</u> dois <u>asterisco</u> dez <u>circunflexo</u> <u>traço</u> cinco <u>circunflexo</u> zero c <u>circunflexo</u> c <u>traço</u> uma <u>fecha parênteses</u> <u>ponto</u></i></p>
PESQUISADOR	[02]	<p>Quando a frase tem muito caractere ele vai blablabla [referindo-se ao fato de o leitor de tela, para a leitura da última linha do problema, foi abaixando o tom de voz após ultrapassar cerca de metade da leitura, como se estivesse se cansando].</p>
LUANA	[02]	<p>É demais pra ele... risos.</p>
PESQUISADOR	[03]	<p>Ele falava de uma esfera que vai ser dilatada. Ta aqui que “o raio de uma esfera feita de liga de aço é quatro centímetros a dez graus Celsius. Determine a dilatação térmica volumétrica sofrida por esta esfera se sua temperatura for elevada para</p>

duzentos e sessenta graus Celsius. Dados, o volume da esfera é quatro terços de πr^3 e o alfa da liga de ferro é igual a um vírgula dois vezes dez elevado a menos cinco graus celsius a menos um. Aí a gente começou... porque tinha que... pra gente calcular quanto que é a dilatação, ou seja, o Δv , precisava conhecer primeiro quem era v_0 , que é o volume inicial. Como é uma esfera, pra calcular o volume da esfera é quatro terços vezes π vezes o r^3 , quer dizer o raio, ao cubo. A gente colocou aqui a Expressão. *[referindo-se a expressão que foi construída juntamente com a aluna no atendimento anterior].*

- NVDA [04] v sublinhado zero igual abre parênteses quatro barra três fecha parênteses asterisco três vírgula quatorze asterisco zero vírgula zero quatro circunflexo três
- PESQUISADOR [05] Era o que... quatro terços, que era da fórmula né, vezes três vírgula quatorze, que é o π , vezes o raio da esfera, como ela é quatro centímetros, então é quatro vírgula quatro metros, elevado a três. Esse que é o cálculo que a gente tem que fazer.
- [06] Então vamos lá... é quatro terços vezes três vírgula quatorze. Quatro terços como ele é uma fração multiplicado por um número, que é três vírgula quatorze, então vai ser o que... é o mesmo que quatro vezes três vírgula quatorze e o resultado a gente divide por três, não é isso?
- LUANA [07] É, multiplica depois divide.
- PESQUISADOR [08] É, que é quatro terços... como é uma multiplicação, ela é direta, numerador com numerador, quatro vezes três vírgula quatorze. Complicado esse aí ou... se fosse quatro vezes três vírgula... ou pensa em trezentos e quatorze, se você multiplicar por quatro, quanto que dá?
- LUANA [09] Trezentos e quatorze multiplicado por quatro? [Após pensar um pouco] mil duzentos e alguma coisa... mil duzentos e cinquenta e seis.
- [10] Neste momento, o pesquisador ensina a aluna Luana a utilizar a calculadora do computador. O resultado foi 12,56, o mesmo resultado dado pela aluna Luana, em seu cálculo mental, a menos das casas decimais, já que o cálculo que o pesquisador pediu que fizesse foi 314 vezes 4.
- PESQUISADOR [11] Então deu doze vírgula cinquenta e seis.
- LUANA [12] Isso!

- PESQUISADOR [13] Só que a gente tem que dividir por três. *[neste momento novamente utilizaram o recurso da calculadora do computador, já que o pesquisador pediu várias vezes para a aluna Luana levar o Soroban para a escola e ela sempre esquecia, alegando que nem gostava de levar mochila para a escola porque a mesma “ocupava seu espaço”].*
- A aluna não teve nenhuma dificuldade ao utilizar a calculadora já que o padrão para as operações básicas segue o mesmo padrão do LaTeX, ou seja, “asterisco” para multiplicação e “barra” para divisão.
- O resultado foi 4,19.
- [14] Aperta o “Enter” pra gente continuar. Então põe aí “v zero”, v sublinhado zero.
- LUANA [15] $v_0 =$
- [16] Então a gente vai escrever... deu quatro vírgula dezenove né? Então põe aí quatro vírgula dezenove
- LUANA [17] $v_0 = 4,19$
- PESQUISADOR [18] Tá. Aí assim, faltou fazer aí... vezes o queria raio ao cubo né? Que é zero vírgula zero quatro elevado a três. Consegue fazer isso de cabeça?
- LUANA [19] Não!
- LUANA [20] *[Novamente recorreram ao cálculo via calculadora do computador].*
- 0,04*0,04*0,04 – Agora aperta “enter”.
- NVDA [21] result zero vírgula zero zero zero zero sessenta e quatro.
- LUANA [22] Quantos zeros ele falou? Zero, zero zero... dois?
- PESQUISADOR [23] zero vírgula zero zero zero zero sessenta e quatro.
- LUANA [24] Quatro zeros depois da vírgula!
- PESQUISADOR [25] Quatro zeros e depois sessenta e quatro. Aí a gente já tinha escrito aí quatro vírgula dezenove, então vezes
- LUANA [26] Vezes?
- $v_0 = 4,19*0,000064$
- Agora o “enter”
- PESQUISADOR [27] Então escreve de novo aí v zero...

- LUANA [28] v
- Sublinhado né?
- PESQUISADOR [29] Isso! *[o cálculo foi feito na calculadora e o resultado foi 0,00027].*
- LUANA [30] $v_0 = 0,00027$
- PESQUISADOR [31] Agora qual que você acha que vai ser a unidade aí.
- LUANA [32] Unidade eu não sei.
- PESQUISADOR [33] Vamos ver as unidades que a gente usou aqui ó... pra calcular o volume. Quatro terços, não tem unidade, vezes o pi... o pi também não tem unidade nenhuma. O único que tem unidade aqui é o raio, o raio ao cubo. E o raio a gente colocou aqui em metros e você elevou o raio ao cubo. A unidade do raio é metro, metro ao... cubo, metro cúbico. A unidade de volume que a gente vai usar vai ser sempre o metro cúbico.
- LUANA [34] Em todas?
- PESQUISADOR [35] Em todas, porque é o sistema internacional. Agora pode acontecer que num problema ele te dá o valor do volume em outra unidade, só que aí temos que converter em metro cúbico. Tem que por metro cúbico, que é o mesmo que m elevado a três.
- LUANA [36] $v_0 = 0,00027 \text{ m}^3$
- PESQUISADOR [37] Então tá aí, o volume inicial já foi calculado. Vamos ver se já dá pra gente calcular o... você tem o volume inicial, aí tem... precisava do... gama. Lembra lá delta v é igual a quê? V zero vezes o gama vezes o delta t . O gama a gente não tem, ele deu o alfa, o coeficiente de dilatação linear. Pra achar o gama, que é o coeficiente de dilatação volumétrica, a gente viu que o quê é alfa vezes?
- LUANA [38] três.
- PESQUISADOR [39] três. Isso mesmo!. Então dá um “enter” aí. Dá dois “enter” pra fica separado. Então agora a gente vai achar o “gama”. Como tem que escrever o gama?
- LUANA [40] Gama!!!
- PESQUISADOR [41] barra invertida gama.
- LUANA [42] Ah! Tá! Não lembrava disso não. Barra invertida... eu tento lembrar, mas... pelo menos eu não esqueci do “circunflexo”.

\gama

PESQUISADOR [43] Então vamos lá! Barra invertida gama é igual.

LUANA [44] \gama =

PESQUISADOR [45] a três vezes

LUANA [46] \gama = 3*

PESQUISADOR [47] três vezes o alfa, só que o alfa é um vírgula dois... põe entre parênteses

LUANA [48] \gama = 3*(1,2

PESQUISADOR [49] vezes

LUANA [50] \gama = 3*(1,2*

PESQUISADOR [51] dez elevado a menos cinco.

LUANA [52] \gama = 3*(1,2*10^5

PESQUISADOR [53] fecha o parênteses.

LUANA [54] \gama = 3*(1,2*10^5)

PESQUISADOR [55] agora dá um “enter” pra gente resolver. Como que faz essa conta? Três vezes um vírgula dois vezes dez a menos cinco?

Um vírgula dois vezes dez a menos cinco é uma notação científica, aí você tá multiplicando ele por um número, que é o três... como que fica o resultado?

LUANA [56] ele poderia ficar três vírgula seis?

PESQUISADOR [57] sim!

LUANA [58] sério?

PESQUISADOR [59] porque você multiplica só os números, a notação científica você mantém. Então três vezes um vírgula dois, fica três vírgula seis. Põe aí barra invertida gama é igual

LUANA [60] \gama =

PESQUISADOR [61] vai ficar o que agora... três vírgula seis

LUANA [62] \gama = 3,6

PESQUISADOR [63] vezes dez elevado a menos cinco.

LUANA [64] \gama = 3,6*10^5.

- PESQUISADOR [65] E qual que é a unidade mesmo dos coeficientes de dilatação?
- LUANA [66] Unidade? Pra dilatação volumétrica é o gama, né? Pra dilatação linear é o alfa...
- PESQUISADOR [67] A unidade de medida!
- LUANA [68] Ah! Meu Deus do céu, não lembro disso.
- PESQUISADOR [69] Lembra lá da...
- LUANA [70] Tô tentando lembrar. Não, lembro não.
- PESQUISADOR [71] lembra do grau Celsius a menos um?
- LUANA [72] Isso! E qual é a da dilatação superficial?
- PESQUISADOR [73] pra todos eles vai ser graus Celsius a menos um. Porque todas as fórmulas lá não são... quando fala de dilatação, seja ela linear, volumétrica ou superficial, elas estão vinculadas a variação de temperatura, não é?
- LUANA [74] É.
- PESQUISADOR [75] Variou a temperatura, vai ocorrer dilatação, então a unidade de medida ela tá vinculada a temperatura, é grau Celsius a menos um.
- LUANA [76] Graus Celsius, eu ponho ...
- PESQUISADOR [77] Dá um espaço, pra não ficar tão junto... o grau é a mesma coisa que o elevado
- LUANA [78] $\gamma = 3,6 \cdot 10^{-5} ^\circ$
- PESQUISADOR [79] agora o zero né e depois c, c maiúsculo.
- LUANA [80] $\gamma = 3,6 \cdot 10^{-5} ^\circ\text{C}$
- PESQUISADOR [81] Agora elevado a menos um.
- LUANA [82] $\gamma = 3,6 \cdot 10^{-5} ^\circ\text{C}^{-1}$
- PESQUISADOR [83] Agora “enter” duas vezes de novo. Agora sim que a gente vai calcular quanto que é o delta v, que a variação... que é a dilatação. Então escreve aí “delta v”...
- LUANA [84] barra invertida! Não?
- PESQUISADOR [85] isso! Toda vez que for uma letra grega, você tem que por barra invertida.

- LUANA [86] *\delta v [o pesquisador instruiu a aluna Luana a deixar um espaço entre a palavra “delta” e a letra “v” para que o leitor de tela não lesse toda a expressão como uma única palavra, por exemplo deltav]*
- PESQUISADOR [87] delta v é igual... v zero, só que o v zero nosso é zero vírgula zero zero zero vinte e sete.
- LUANA [88] três zeros depois da vírgula.
 $\delta v = 0,00027$
- PESQUISADOR [89] vezes o gama... é melhor colocar um parênteses só pra organizar, porque o número vai ser três vírgula seis vezes dez elevado a menos cinco, só que já tem zero vírgula zero zero zero vinte e sete vezes... aí você vai colocar três vírgula seis vezes.... aí vai ficar deslocado.
- LUANA [90] $\delta v = 0,00027*(3,6*10^{-5})$
- PESQUISADOR [91] vezes de novo
- LUANA [92] $\delta v = 0,00027*(3,6*10^{-5})*$
- PESQUISADOR [93] agora variação de temperatura. Ele começou com dez graus Celsius e elevou até duzentos e sessenta. Quanto que é a variação de temperatura?
- LUANA [94] duzentos e cinquenta.
 $\delta v = 0,00027*(3,6*10^{-5})*250$
- PESQUISADOR [95] Agora dá enter... aí escreve de novo aí o delta v.
- LUANA [96] agora tem que por o barra invertida!
 $\delta v =$
- PESQUISADOR [97] Agora a gente vai ter que fazer essa conta aí. Você tem aquele número lá zero vírgula zero zero zero vinte e sete vezes três vírgula seis vezes duzentos e cinquenta. Aí no final vai a potência. Agora a gente vai só multiplicar os números. [após resolverem o cálculo utilizando a calculadora, o resultado obtido foi 0,243].
Então escreve aí zero vírgula duzentos e quarenta e três.
- LUANA [98] $\delta v = 0,243$
- PESQUISADOR [99] Aí faltou a gente multiplicar por dez elevado a menos cinco. Então põe aí dez elevado a menos cinco.
- LUANA [100] $\delta v = 0,243*10^{-5}$

- PESQUISADOR [101] Agora só faltou um detalhe... qual é a unidade de medida... do delta v. Delta v continua sendo volume, né?
- LUANA [102] É difícil. Esse negócio já me deixando maluca! Não to entendendo nada! Como assim unidade de medida? Eu não gravo esses “trem” não!
- PESQUISADOR [103] volume, nesse caso aqui vai ser sempre o que metro?
- LUANA [104] cúbico. Ah! Tá! Essa é a unidade de medida do volume?
- LUANA [105] $\Delta v = 0,243 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$

APÊNDICE L – Transcrição do Episódio 5 – aluno Gustavo

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Instituto de Física

Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências

Projeto de Pesquisa: Ensino de Física e deficiência visual: Possibilidades do uso do computador no desenvolvimento da autonomia de alunos com deficiência visual no processo de inclusão escolar

DADOS DE PESQUISA

Categoria: Transcrição de filmagem

Local: C. E. Isaac Newton (pseudônimo)

Descrição: Acompanhamento do aluno Gustavo (pseudônimo) na continuação da resolução de uma lista de exercícios sobre “dilatação térmica linear”, elaborada pelo pesquisador.

Informações relevantes: Utilizávamos o Laptop disponibilizado pela escola, especialmente para o aluno Gustavo, com o NVDA instalado.

1º momento: Leitura do enunciado do exercício 2 da lista.

NVDA	[01] um cabo de alumínio abre parêntesis cifrão barra invertida alfa sublinhado abre chaves al fecha chaves igual duas vírgula dois asterisco dez circunflexo abre chaves menos cinco fecha chaves acento circunflexo barra invertida erro ortográfico circ c acento circunflexo abre chaves menos uma fecha chaves cifrão fecha parêntesis vírgula de cento e cinquenta m de comprimento vírgula <i>[leitura da primeira linha do exercício]</i>
PESQUISADOR	[02] Agora vou tentar fazer diferente. Vou ver assim... é... agora vou tentar... você tenta entender o problema <i>[pausa]</i> e aí a gente vai discutindo à medida que você for tendo alguma dúvida. Mas eu quero que você tente fazer <i>[pausa]</i> sozinho esse processo, que é, por exemplo, entender o... risos <i>[neste momento Gustavo riu também]</i> ... porque por exemplo aqui <i>[gesticulando com os dedos que por meio dos cursores do teclado, Gustavo poderia navegar pelo problema, buscando uma leitura caractere a caractere]</i> ... você tem total liberdade de ir e voltar, por exemplo, porque ele <i>[NVDA]</i> lê a linha

inteira e as vezes fica muita informação pra você entender. Mas você pode, com as setinhas [cursos], ir informação por informação. Você fala: Ah! o que ele deu? Ah! Ele falou do “alfa” lá, mas eu não sei que número é... então você vai com as setinhas lá, tenta entender o que é pra depois a gente começar a resolver o exercício.

Agora você fica a vontade aí... risos. *[incentivando Gustavo a explorar o enunciado do exercício com o auxílio dos cursores]*

GUSTAVO	[03]	risos... vou ver até onde consigo chegar. Quer dizer, se eu vou conseguir sair... risos.
PESQUISADOR	[04]	risos... sai ué!!
NVDA	[05]	dois travessão um cabo de alumínio abre parêntesis cifrão barra invertida alfa sublinhado abre chaves al fecha chaves igual duas vírgula dois asterisco dez circunflexo abre chaves menos cinco fecha chaves acento circunflexo barra invertida erro ortográfico circ c acento circunflexo abre chaves menos uma fecha chaves cifrão fecha parêntesis vírgula de cento e cinquenta m de comprimento vírgula <i>[leitura da primeira linha do exercício]</i>
GUSTAVO	[06]	Legal! Só entendi que é um “tal” de alumínio... risos. <i>[neste momento Gustavo solicita novamente que o NVDA leia o exercício].</i>
NVDA	[07]	dois travessão um cabo de alumínio abre parêntesis cifrão barra invertida alfa sublinhado abre chaves al fecha chaves igual duas vírgula dois asterisco dez circunflexo abre chaves menos cinco fecha chaves acento circunflexo barra invertida erro ortográfico circ c acento circunflexo abre chaves menos uma fecha chaves cifrão fecha parêntesis vírgula de cento e cinquenta m de comprimento vírgula <i>[leitura da primeira linha do exercício]</i>

É preso entre dois postes vírgula num dia em que a temperatura é de cifrão trinta e cinco circunflexo barra invertida erro ortográfico circ c cifrão ponto de quanto ele se <i>[leitura da segunda linha do exercício]</i>

Contrairá quando a temperatura baixar para cifrão vinte circunflexo barra invertida erro ortográfico circ c cifrão interrogação <i>[leitura da terceira linha do exercício]</i> |
| GUSTAVO | [08] | <i>[após pensar durante alguns segundos]</i> Esse “alfa”... essas coisas aí significam o que professor? Esses “sublinhados”, esse monte de códigos aí... risos. |

- PESQUISADOR [09] Lembra lá... quais são as informações que normalmente ele *[exercício]* vai te fornecer ou vai pedir, com relação a dilatação? O que era o “alfa” mesmo?
- GUSTAVO [10] O “alfa”... é ... o material? Não... deixa eu ver... o tamanho do material... risos.
- PESQUISADOR [11] Tem a ver com o material, mas é uma constante, um coeficiente, que a gente chama, de dilatação linear. É uma característica do material. Então ele vai ser sempre um... um valor bem pequeno né... ele vai sempre dessa forma *[apontando para a expressão no computador]* cifrão barra invertida alfa sublinhado... aí entre chaves... ele *[NVDA]* leu “au”, porque o símbolo do alumínio é “Al”... ele falou “au”. É dois vírgula dois vezes dez elevado a menos cinco graus célcus elevado a menos um. Esse é o coeficiente de dilatação linear, que é o “alfa”. Ele falou que é um cabo de alumínio. Como ele *[exercício]* falou alumínio, ele *[exercício]* vai te dar as características do alumínio, no caso o alfa. Ele falou que o cabo tem quantos metros?
- GUSTAVO [12] Humm... humm...
- PESQUISADOR [13] Volta no começo do exercício para ver que outra informação ele te dá...
- GUSTAVO [14] Quê?
- PESQUISADOR [15] volta lá no começo do exercício...
- NVDA [16] dois travessão um cabo de alumínio abre parêntesis cifrão barra invertida alfa sublinhado abre chaves al fecha chaves igual duas vírgula dois asterisco dez circunflexo abre chaves menos cinco fecha chaves acento circunflexo barra invertida erro ortográfico circ c acento circunflexo abre chaves menos uma fecha chaves cifrão fecha parêntesis vírgula de cento e cinquenta m de comprimento vírgula *[leitura da primeira linha do exercício]*
- GUSTAVO [17] cento e cinquenta metros.
- PESQUISADOR [18] Então, nesta primeira linha, ele *[exercício]* te deu basicamente quais informações?
- GUSTAVO [19] o tamanho do cabo... o c-o-e-f-i-c-i-e-n-t-e d-e dilatação linear... mais ou menos isso aí? Risos *[neste momento Julio riu também]*.
- PESQUISADOR [20] É. Ele te deu o tipo de material, disse que era um cabo de alumínio. Aí, entre parêntesis, ele te deu o coeficiente de dilatação linear, que é o alfa do alumínio e ele falou de

quantos metros era o cabo, cento e cinquenta metros de comprimento. Segunda linha [*referindo-se a leitura da segunda linha*].

- NVDA [21] É preso entre dois postes vírgula num dia em que a temperatura é de cifrao trinta e cinco circunflexo barra invertida erro ortográfico circ c cifrao ponto de quanto ele se [*leitura da segunda linha do exercício*]
- PESQUISADOR [22] Aí nesta linha ele [*exercício*] falou sobre o quê?
- GUSTAVO [23] que o fio está preso no poste num dia em que a temperatura é de trinta graus... trinta e cinco graus célsius?
- PESQUISADOR [24] O fio está na verdade está preso entre dois postes, né... num dia em que a temperatura é de trinta e cinco graus célsius. Essa temperatura então seria a temperatura... que temperatura?
- GUSTAVO [25] Como assim professor?
- PESQUISADOR [26] É que ele falou que o fio tem cento e cinquenta metros de comprimento e tá preso entre dois postes num dia em que a temperatura é de trinta e cinco. Essa é sua temperatura inicial. Por que depois ele vai falar assim: “de quanto ele se...” [*lendo o final da linha 2*]
- NVDA [27] Contrairá quando a temperatura baixar para cifrao vinte circunflexo barra invertida erro ortográfico circ c cifrao interrogação [*leitura da terceira linha do exercício*]
- PESQUISADOR [28] Ele quer saber o que?
- GUSTAVO [29] Quanto ele se contrairá quando a temperatura baixar para vinte e cinco... [*fez um som com a boca, demonstrando ter dado uma informação errada*] vinte graus célsius.
- PESQUISADOR [30] Então esse “vinte graus célsius” é sua temperatura?!
- GUSTAVO [31] Final.
- PESQUISADOR [32] Final. Então veja que ele te deu várias informações: que o cabo é de alumínio, te deu o valor de alfa (do alumínio), falou quanto era o comprimento inicial, que é de cento e cinquenta metros. Depois ele te diz que cabo está preso entre dois postes e que a temperatura inicial é de trinta e cinco graus célsius e ele quer saber de quanto que ele se contrairá quando a temperatura baixar para vinte graus célsius. Então agora a gente não está falando mais de dilatação, então ele não vai aumentar, ele vai diminuir de tamanho. Então como a gente vai calcular isso daí?

A gente calcula da mesma forma. O quanto ele vai aumentar ou o quanto ele vai diminuir, significa o quanto ele vai variar no comprimento. Então continua sendo o delta... L. Aí o L zero é o comprimento inicial, o alfa é o coeficiente de dilatação do material, que neste caso é o alumínio e a variação de temperatura é essa variação aí. Sempre vamos fazer temperatura final menos inicial. Neste caso a final é vinte e a inicial é trinta e cinco.

- GUSTAVO [33] Como é a fórmula mesmo professor?
- PESQUISADOR [34] Então vamos lá. “Dá um Enter...”. Aperta ENTER antes de começar a resolver. *[apertar significa apertar a tecla “Enter” do teclado, para que Gustavo pudesse ir para a linha seguinte, onde iniciaria a resolver o exercício].*

3º momento: Resolução do problema.

- PESQUISADOR [35] Antes de começar a resolver, o que tem que escrever para começar?
- GUSTAVO [36] Fórmula?
- PESQUISADOR [37] Antes de colocar a fórmula... como é que é o ambiente matemático que eu te ensinei?
- GUSTAVO [38] Ah! do cifrão... é mais ou menos isso daí, só não lembro como é que é... risos.
- PESQUISADOR [39] Ah! Gabriel!! O que a gente acabou de ver no exercício anterior, não tinha o... que você achou engraçado, que você falou que parecia oriental... *[referindo-se ao comentário de Gustavo a forma literal com que o NVDA leu a palavra “eqnarray”. Ele leu “eqnarrai” ao invés de “eqnarei”].*
- GUSTAVO [40] Ah!... humm... não. O que eu achei engraçado professor?
- PESQUISADOR [41] Quando ele leu “eqnarrai”... *[referindo-se a leitura feita pelo NVDA para a expressssão “eqnarray”, um dos ambientes matemáticos ensinado ao Gustavo].*
- GUSTAVO [42] Ah! Tá! O “eqnarrai”.
- PESQUISADOR [43] O que eu quero que você entenda é que sempre que formos resolver um exercício, vamos sempre resolver dentro de um ambiente matemático, que é da linguagem que estou te ensinando, que é a linguagem LaTeX. Então o ambiente que a gente vai sempre usar aí, é o “eqnarrai”. Então ele começa assim... na primeira linha você escreve barra invertida “begin” (b – e – g – i – n), abre chaves, “eqnarrai”. Aí a gente vai colocar um asterisco e aí fecha chaves.

[44] Então coloca aí: barra invertida... “begin”, é b – e – g – i – n, abre chaves. Aí você vai escrever “eqnarrai”, então é e – q – n – a – r – r – a – y, você vai colocar um asterisco. O asterisco é sempre quando a gente não quer que ele *[referindo-me a linguagem LaTeX]* numere... porque a linguagem original geralmente ela numera as equações. Então você põe um asterisco. Aí fecha chaves.

Então a gente vai sempre começar com este “begin eqnarrai”, aí quando a gente terminar de fazer tudo, aí lá no final a gente vai escrever barra invertida “end” abre chaves “eqnarrai”, asterisco, fecha chaves. Então vamos lá... ENTER... *[enquanto eu ditava para ele escrever, o NVDA lia cada caracter que Gustavo inseria no texto]*. Então agora a gente vai resolver. A primeira coisa, só para você tentar memorizar, é a gente colocar a equação que você vai precisar usar. Então é delta L... como se escreve delta?

- GUSTAVO [45] Vai colocar a palavra delta... não... maiúscula. Delta... L... *[neste momento Gustavo tossiu]*.
- PESQUISADOR [46] não engasga não!!! Risos. Você está indo certo, você só tem que ter certeza... risos... porque você tá em dúvida...
- GUSTAVO [47] Barra invertida delta L *[pausa]*
- PESQUISADOR [48] É isso mesmo! Agora você vai escrever somente o delta L. então você vai escrever aí barra invertida, delta... esse delta que a gente quer usar, que é de variação, é um delta maiúsculo. Então você vai colocar barra invertida... você vai escrever delta com “d” maiúsculo. Então escreve aí.
- GUSTAVO [49] \Delta L *[escrevendo no computador]*
- PESQUISADOR [50] “Igual” agora...
- GUSTAVO [51] \Delta L = *[a forma como escreveu. Antes de colocar o sinal de “igual”, havia errado e colocado o “hífen”]*
- PESQUISADOR [52] Agora você tem o “L” inicial ou o L zero. Então você por o L maiúsculo...
- GUSTAVO [53] \Delta L = L
- PESQUISADOR [54] Como é L zero, é um índice... então você vai colocar L sublinhado zero.
- GUSTAVO [55] \Delta L = L_0
- PESQUISADOR [56] Então este é o L zero. Vezes...
- GUSTAVO [57] \Delta L = L_0*

- PESQUISADOR [58] Alfa. Da mesma forma que você escreveu o Delta lá, você vai escrever o alfa.
- GUSTAVO [59] Dentro do barra invertida?
- PESQUISADOR [60] Isso.
- GUSTAVO [61] $\Delta L = L_0 \cdot$
- PESQUISADOR [62] Aí o alfa também com letra maiúscula. Então “A”. Só que esse alfa é um pouco diferente de como a gente escuta, porque não é um alfa com “f”, ele é com “ph”. Então A – l – p – h – a.
- GUSTAVO [63] $\Delta L = L_0 \cdot \text{Alpha}$
- PESQUISADOR [64] Vezes
- GUSTAVO [65] $\Delta L = L_0 \cdot \text{Alpha}^*$
- PESQUISADOR [66] Aí você vai colocar Delta T.
- GUSTAVO [67] É para colocar a palavra delta?
- PESQUISADOR [68] Aí sempre que a gente colocar essas letras “delta”, “alpha”, a gente vai sempre fazer assim: barra invertida e a letra escrita por extenso.
- GUSTAVO [69] $\Delta L = L_0 \cdot \text{Alpha}^* \Delta T$
- PESQUISADOR [70] Então a expressão para calcular a dilatação, a variação no comprimento... é esta aí “delta l é igual a l zero vezes alfa vezes delta t”. Então vamos lá, aí terminou esta linha, barra invertida barra invertida... duas vezes.
- GUSTAVO [71] Aqui! Agora eu sei...
 $\Delta L = L_0 \cdot \text{Alpha}^* \Delta T$
 Ahh... não ficou muito legal não *[referindo-se ao som emitido pelo NVDA após escrever \ rápido: “ba barra invertida”].*
 Ele falou “ba barra invertida”. Eu queria que ele falasse “barra barra” *[Gustavo gosta quando ele consegue fazer o NVDA ler “barra barra invertida”]*
- PESQUISADOR [72] Aperta “Enter”... vamos para a outra linha. Agora o que você quer calcular é o... é o quê?
- GUSTAVO [73] É a contração *[hesitante]*
- PESQUISADOR [74] É a contração, mas na expressão que a gente acabou de escrever, quem é a contração?

- GUSTAVO [75] A contração vai ser o... alfa...
- PESQUISADOR O alfa?
- GUSTAVO [76] Não. Pera aí... *[pausa]* ... l é igual a l zero... vezes... *[pausa]*... uai professor!
- PESQUISADOR [77] O que representa a contração? Ou a dilatação? Não é a variação no comprimento?
- GUSTAVO [78] sim
- PESQUISADOR [79] Se é a variação no comprimento, é quem na sua expressão?
- GUSTAVO [80] É o “L”?
- PESQUISADOR [81] *[som com a boca não concordando totalmente com a resposta do Gustavo]*
- GUSTAVO [82] Não! Professor...
- PESQUISADOR [83] A expressão é “delta l é igual a l zero vezes alfa vezes delta t”.
- GUSTAVO [84] sim
- PESQUISADOR [85] Sempre quando tem “delta alguma coisa” não quer dizer variação... dessa coisa? Por exemplo: se é delta l... variação... do comprimento, que é o l. Se é delta T, variação de temperatura. Então neste caso aqui, se você quer saber a contração... é o quanto ele variou, então é a variação do comprimento. Porque o L zero é o comprimento inicial. Então o que você quer calcular é o delta L. Entendeu?
- GUSTAVO [86] Deixa eu ver... queremos calcular o delta L, porque L é o comprimento!
- PESQUISADOR [87] É, L representa o comprimento. Só que delta L é o mesmo que o que? Comprimento final menos comprimento...
- GUSTAVO [88] inicial
- PESQUISADOR [89] A gente tem o que? A gente tem o comprimento inicial, que ele deu... o comprimento do fio é 150 m. Ele não te deu quanto é o comprimento final, mas ele quer saber o quanto ele contraiu. O quanto ele contraiu é o “delta L”. Ele não quer saber qual foi o comprimento final depois de... variar a temperatura em “tanto”... ele quer saber exatamente a contração. A contração é o “delta L”. É o quanto ele variou. Entendeu?
- GUSTAVO [90] Entendi.

- PESQUISADOR [91] Então você vai escrever de novo aí “delta L é igual”.
- GUSTAVO [92] \Delta L =
- PESQUISADOR [93] Agora vamos substituir. “Delta L é igual a L zero”, é o comprimento inicial. Quanto que é o comprimento inicial do fio?
- GUSTAVO [94] 150 metros.
- PESQUISADOR [95] Então coloca aí... 150.
- GUSTAVO [96] \Delta L = 150
- PESQUISADOR [97] Vezes
- GUSTAVO [98] \Delta L = 150*
- PESQUISADOR [99] Agora e o alfa?
- GUSTAVO [100] Devo colocar “barra invertida” e o alfa?
- PESQUISADOR [101] Não, você vai substituir. Quanto que é o alfa? Aí você vai ter que voltar. Vai com a setinha *[cursor]* lá para cima e vê quanto que é o alfa. Vai lá no início do exercício.
- NVDA [102] dois travessão um cabo de alumínio abre parêntesis cifrão barra invertida alfa sublinhado abre chaves al fecha chaves igual duas vírgula dois asterisco dez circunflexo abre chaves menos cinco fecha chaves acento circunflexo [...]
- GUSTAVO [103] 2,2
- PESQUISADOR [104] *[ensinei o Gustavo “selecionar” a expressão, “copiar” e “colar” onde precisar, para não precisar ter que memorizar tudo]*
- GUSTAVO [105] \Delta L = 150*2,2*10^{-5}
- PESQUISADOR [106] A gente já colocou o alfa, falta agora o “delta T”. De quanto foi a variação de temperatura?
- GUSTAVO [107] Foi... de... esqueci...
- PESQUISADOR [108] Qualquer coisa você volta lá no problema. Lá ele te falou quanto foi a temperatura final e inicial.
- GUSTAVO [109] A inicial foi de 35 *[referindo-se a temperatura]*
- PESQUISADOR [110] Hum... E a final?
- GUSTAVO [111] Era de 20.
- PESQUISADOR [112] Então quanto vai ficar a variação de temperatura?

- GUSTAVO [113] *[falando enquanto pensa]* 20 menos 35... vai ficar... deixa eu ver... menos 15.
- PESQUISADOR [114] Menos 15? Então como é menos quinze você coloca “abre parêntesis menos 15 fecha o parêntesis”.
- GUSTAVO [115] Mas tá certo?
- PESQUISADOR [116] Tá. Como a temperatura inicial é 35 e a final é 20 e a variação de temperatura é final menos inicial, então 20 menos 35 é menos 15.
- GUSTAVO [117] O que eu tenho que fazer aqui é abrir o parêntesis e colocar o menos 15?
- PESQUISADOR [118] Ahã!
- GUSTAVO [119] $\Delta L = 150 \cdot 2,2 \cdot 10^{-5} \cdot (-15)$
- PESQUISADOR [120] Agora escreve “barra barra invertida”
- GUSTAVO [121] Vou conseguir... agora vai dar certo...
- NVDA [122] barra barra invertida
- GUSTAVO [123] Aê! Ficou mais ou menos.
- PESQUISADOR [124] Risos. Agora “Enter”... *[pausa... neste momento fiquei aguardando Gustavo continuar com os cálculos, mas ele ficou parado, esperando alguma ordem minha]*. Pode continuar a conta aí... escreve “Delta L...”. Como você escreve... primeiramente escreve “Delta L é igual...” depois você vai pensar nas contas.
- GUSTAVO [125] D-e-l-t-a l... coloca dentro de barra?
- PESQUISADOR [126] Daquele mesmo jeito “barra invertida delta l, com d maiúsculo...”
- GUSTAVO [127] $\Delta L =$
- PESQUISADOR [128] Agora o que a gente tem lá... 150 vezes 2,2 vezes 10 elevado a menos 5 vezes menos quinze...
- GUSTAVO [129] Nossa senhora!!
- PESQUISADOR [130] Você tem que multiplicar primeiro 150 vezes 2,2.
- GUSTAVO [131] humm... vixe...
- PESQUISADOR [132] Não trouxe o soroban!!!....
- GUSTAVO [133] Neste caso não ia ajudar muito não. Porque eu não consigo multiplicar número decimal.

- PESQUISADOR [134] Mas é que nem eu já te falei... você vai multiplicar 150 vezes 2,2... a vírgula aí na verdade você só vai mexer com ela no fim da conta, pra saber quantas casas decimais seu resultado vai ter. A conta que você vai ter que fazer na verdade é 150 vezes 22. Essa aí você faz no Soroban tranquilo. Aí quando você chega no resultado... aí é que você vai pensar. Chegou num número grandão lá... aí você vai olhar o 150 está inteiro, só o 2,2 dois tem uma casa decimal. Aí você vai ter que deslocar a vírgula do seu resultado uma casa decimal para a esquerda. O fato de ser decimal, você só vai decidir lá no final quantas casa decimais vai ter o seu número, mas a conta você faz com o número sem vírgula. Entendeu?
- GUSTAVO [135] Entendi.
- Dá 3300? *[enquanto conversávamos ele fez a conta de "cabeça"]*
- PESQUISADOR [136] 150 vezes 22 dá 3300.
- GUSTAVO [137] Ah! Moleque!!
- PESQUISADOR [138] Só que daí, o que você vai preocupar agora... Deu 3300, o fato de ter uma casa decimal lá... do 2,2 né... o que você vai fazer, você vai pegar o 3300 e você vai deslocar a vírgula uma casa para a esquerda. Em que número que vai ficar?
- GUSTAVO [139] Vai ficar 33... não!... 33,0... 3, *[nesta hora começou a rir e desistiu]*
- PESQUISADOR [140] 3300, então vamos lá. Quer dizer que a casa decimal está aonde? Tá no último número não é?
- GUSTAVO [141] Sim.
- PESQUISADOR [142] No último zero. 3300, então tá 3-3-0-0. Aí você vai deslocar uma casa para a esquerda, então do último zero ele vai pra???...
- GUSTAVO [143] Pro penúltimo zero?
- PESQUISADOR [144] Pro penúltimo zero. Então vai ficar que número?... vai sumir com o último zero, não vai?
- GUSTAVO [145] Uai, vai ficar... 330!.
- PESQUISADOR [146] 330. Entendeu? Você faz a conta sem a vírgula e aí no resultado você vai... de acordo com o tanto de casa que contém sua multiplicação. Neste caso, de 150 vezes 2,2, você tinha apenas uma casa decimal. Agora se fosse 1,5 vezes 2,2, você multiplicaria 15 vezes 22 e o resultado deveria ter duas casas decimais. Entendeu?

- GUSTAVO [147] Entendi... claramente professor.
- PESQUISADOR [148] Então agora escreve aí... 330...
- GUSTAVO [149] $\Delta L = 330$
- PESQUISADOR [150] Agora a gente vai copiar o restante. Como você escreve “10 elevado a menos cinco?”
- GUSTAVO [151] “vezes 10”... coloca dentro da barra invertida?
- PESQUISADOR [152] Não, a barra invertida você põe só quando é letra grega e quando é alguma função. O número você põe normal.
- GUSTAVO [153] Então é só colocar “dez elevado a menos cinco?”
- PESQUISADOR [154] Isso. Como você escreve “dez elevado a menos cinco”? Põe aí...
- GUSTAVO [155] $\Delta L = 330 \cdot 10$
- PESQUISADOR [156] Elevado... como é o sinal de elevado? Como é menos cinco você vai ter que colocar entre chaves.
- GUSTAVO [157] $\Delta L = 330 \cdot 10^{\{-5\}}$
- PESQUISADOR [158] Vezes...
- GUSTAVO [159] $\Delta L = 330 \cdot 10^{\{-5\}} \cdot$
- PESQUISADOR [160] Abre parêntesis menos quinze
- GUSTAVO [161] $\Delta L = 330 \cdot 10^{\{-5\}} \cdot (-15)$
- PESQUISADOR [162] barra invertida barra invertida...
- GUSTAVO [163] $\Delta L = 330 \cdot 10^{\{-5\}} \cdot \backslash$
- PESQUISADOR [164] Aí tem que escrever de novo aí delta L...
- GUSTAVO [165] $\Delta L =$
- PESQUISADOR [166] Agora temos que terminar de fazer a conta. Tem trezentos e trinta vezes dez elevado a menos cinco vezes menos quinze.

O dez elevado a menos cinco a gente faz sempre por último porque a única coisa aqui é... como é dez elevado a menos cinco então você vai ter que... o resultado que der deslocar a casa decimal cinco casas para a esquerda. Não é isso, porque sempre o expoente do dez é o número de casas decimais que você vai ter que deslocar. Como ele é negativo. Dez elevado a menos cinco, você desloca a casa para a esquerda. Se o expoente do dez é positivo, você desloca a

casa para a direita. Então o que você vai ter que fazer agora é quanto é trezentos e trinta vezes menos quinze.

Neste momento Gustavo tentava fazer o cálculo mentalmente.

GUSTAVO [167] Dá mil novecentos e oitenta?

PESQUISADOR faz o cálculo na calculadora.

PESQUISADOR [168] Dá quatro mil novecentos e cinquenta.

GUSTAVO [169] Nossa senhora!!

PESQUISADOR [170] Então como é menos quinze, o resultado é negativo. Menos quatro mil novecentos e cinquenta.

GUSTAVO [171] $\Delta L = -4950$

PESQUISADOR [172] Aí vezes... porque temos o dez elevado a menos cinco...

GUSTAVO [173] $\Delta L = -4950 \cdot 10^{-5}$

PESQUISADOR [174] Agora a gente vai fazer somente o deslocamento da casa decimal. Então são cinco casa para a esquerda. Se é quatro mil novecentos e cinquenta, que número fica agora? Se você deslocar cinco casas para a esquerda?

GUSTAVO [175] Como assim?

PESQUISADOR [176] Porque não é dez elevado a menos cinco? O sinal negativo quer dizer o sentido que eu vou deslocar a casa decimal. Se é negativo é para a esquerda.

GUSTAVO [177] Sim, mas o número de casas.... eu não sei esse número de casas.

A dúvida de Gustavo era porque o número 4.950 tinha 4 algarismos. Neste caso, como poderíamos deslocar cinco casas decimais para a esquerda? Neste momento o Pesquisador explica novamente para Gustavo como trabalhar com potência de 10 e no caso de deslocamentos que são maiores que o número de algarismos do número, acrescenta-se tantos zeros quanto forem necessários.

PESQUISADOR [178] Se eu deslocar cinco casas decimais para a esquerda... se eu deslocar uma, a vírgula sai do zero e vai para o cinco. Se eu deslocar mais uma, ela vai para o nove. Se eu deslocar mais uma, ela vai para o quatro. Se eu deslocar mais uma, você acaba acrescentando um zero antes. Fica zero vírgula zero quatro nove cinco.

GUSTAVO [179] Ah! Agora eu entendi porque são cinco. Esse número só tem quatro.

$\Delta L = -0,0495\text{m}$

PESQUISADOR [180] Agora lembra lá que a gente colocou toda a resolução do problema dentro do nosso ambiente matemático. A gente começou lá em cima com barra invertida Begin entre chaves eqnarray. Aí a gente tem que terminar ele com end eqnarray. [Neste momento o Pesquisador soletra para Gustavo escrever a expressão].

GUSTAVO [181] $\end{eqnarray}$

APÊNDICE M – Transcrição do Episódio 6 – aluno Gustavo

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Instituto de Física

Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências

Projeto de Pesquisa: Ensino de Física e deficiência visual: Possibilidades do uso do computador no desenvolvimento da autonomia de alunos com deficiência visual no processo de inclusão escolar

DADOS DE PESQUISA

Categoria: Transcrição de filmagem

Local: C. E. Isaac Newton (pseudônimo)

Descrição: Acompanhamento do aluno Gustavo (pseudônimo) na continuação da resolução de uma lista de exercícios sobre “dilatação térmica linear”.

Informações relevantes: Utilizávamos o Laptop disponibilizado pela escola, especialmente para o aluno Gustavo, com o NVDA instalado.

-
NVDA	[01]	um agrimensor usa uma trena de aço abre parêntesis cifrão barra invertida alpha sublinhado abre chaves aço fecha chaves igual uma vírgula dois asterisco dez circunflexo abre chaves menos cinco fecha chaves circunflexo barra invertida erro ortográfico circ c circunflexo abre chaves menos uma fecha chaves cifrão fecha parêntesis de cem m [leitura da primeira linha]
PESQUISADOR	[02]	O que ele falou até agora? Entendeu alguma coisa?
GUSTAVO	[03]	Deixa eu ver... um... um cara aí usa uma trena de aço... o aço tem dois virgula dois vezes dez... é, mais ou menos isso daí...
NVDA	[04]	três travessão um agrimensor usa uma trena de aço abre parêntesis cifrão barra invertida alpha sublinhado abre chaves aço fecha chaves igual uma vírgula dois asterisco dez circunflexo abre chaves menos cinco fecha chaves circunflexo barra invertida erro ortográfico circ c circunflexo abre chaves menos uma fecha chaves cifr... [a leitura foi interrompida]
PESQUISADOR	[05]	Ele fala de um agrimensor... é tipo um agrônomo, um profissional que trabalha no campo. Aí ele fala que ele usa uma trena de aço... trena é aquele instrumento de fazer medida né... Ele te deu uma informação. O alpha do aço que é um vírgula dois vezes dez elevado a menos cinco graus

- celsius a menos um. Esse é o α . Ele fala que a trena é de aço, ele te dá o α do aço e aí ele fala que a trena tem cem metros
- NVDA [06] de comprimento a α vinte α erro ortográfico α α α ponto qual deve ser o valor do comprimento da trena a α dez α barra invertida erro ortográfico α α α interrogação [leitura da segunda linha do problema].
- GUSTAVO [07] Como é aí? O que ele quer saber?
- PESQUISADOR [08] Na primeira linha ele só te deu informação. Aí na segunda linha, vamos ver...
- NVDA [09] de comprimento a α vinte α erro ortográfico α α α ponto qual deve ser o valor do comprimento da trena a α dez α barra invertida erro ortográfico α α α interrogação [leitura da segunda linha do problema].
- GUSTAVO [10] Ele quer saber o comprimento da trena a dez graus celsius, certo?
- PESQUISADOR [11] Isso. Ele falou que a trena tem...
- GUSTAVO [12] cem metros.
- PESQUISADOR [13] cem metros a quantos graus?
- GUSTAVO [14] vinte graus
- PESQUISADOR [15] Ele quer saber qual deve ser o comprimento da trena a dez graus celsius. Então quer dizer... sei lá, vai ser num dia frio né! Vamos supor que a trena dele a vinte graus celsius mede cem metros. Agora vamos supor que esteja num dia bem frio, dez graus celsius e aí ele vai fazer a medida. Ele quer saber qual o valor desse comprimento. Veja que aqui, para esse exercício, ele não perguntou de quanto vai ser a contração. Ele não quer saber quanto é ΔL . Ele quer saber o comprimento da trena, quer dizer, o comprimento final. Por que olha, temperatura inicial vinte graus celsius, temperatura final dez graus celsius. Quando ele está na temperatura inicial de vinte graus celsius, o comprimento inicial dele é...
- GUSTAVO [16] cem.
- PESQUISADOR [17] cem. Ele quer saber quando você estiver na temperatura final, que é dez graus celsius, quanto vai ser o comprimento final. Então o que você vai fazer é o seguinte na expressão de dilatação não é ΔL ... ΔL é o quanto variou... mas ΔL , quando tem ΔL não significa variação?
- GUSTAVO [18] Sim.

- PESQUISADOR [19] Então quando tem delta Δ você pode escrever como?
- GUSTAVO [20] Δ final menos Δ inicial?
- PESQUISADOR [21] Isso. Então por exemplo, delta Δ você pode escrever como sendo Δ final menos Δ inicial que é igual e aí depois do igual é a mesma expressão: Δ inicial vezes alpha vezes delta Δ . Entendeu? Por que daí se você coloca como sendo Δ final menos Δ inicial, o Δ inicial você sabe, não sabe?
- GUSTAVO [22] Sim
- PESQUISADOR [23] Que é quanto?
- GUSTAVO [24] cem.
- PESQUISADOR [25] cem. Aí o Δ final você não sabe, que é exatamente o que você quer calcular e aí as outras informações você tem, que é o alpha, que ele te deu e ele te deu quanto variou a temperatura. Vamos lá, então aperta “enter”...
- Vamos lá, como a gente faz para começar? Antes de resolver o exercício?
- GUSTAVO [26] Fazer a fórmula?
- PESQUISADOR [27] Antes de escrever a fórmula como é o ambiente matemático lá...
- GUSTAVO [28] Ah! Do eqnarray lá?
- PESQUISADOR [29] Isso. Mas antes do eqnarray tem o que?
- GUSTAVO [30] tem o... tem... tem o Begin...
- PESQUISADOR [31] Hoje você tá com a memória boa... risos. Então vamos lá! Sempre que você vai fazer um comando no LaTeX tem o barra invertida. Barra invertida Begin e depois entre chaves você vai por o eqnarray .
- GUSTAVO [32] \ como escreve Begin mesmo?
- PESQUISADOR [33] b – e – g – i – n
- GUSTAVO [34] \begin
- PESQUISADOR [35] Abre chaves...
- GUSTAVO [36] \begin{
- PESQUISADOR [37] E aí como se escreve eqnarray
- GUSTAVO [38] e – q – n – a – r – r – y.

- PESQUISADOR [39] Só faltou uma letra, que é depois do r – r – a – y. Então vai lá...
- GUSTAVO [40] $\backslash\begin{eqnarray}$
- PESQUISADOR [41] Antes de fechar a chave tem um asterisco... que eu falei lá que como a gente vai escrever... vai resolver o exercício em várias linhas, a gente não quer que ele numere as linhas. Então no código você tem que colocar o asterisco.
- GUSTAVO [42] $\backslash\begin{eqnarray*}$
- PESQUISADOR [43] Agora como que coloca a expressão?
- GUSTAVO [44] Aí coloca... a expressão da...
Ah! Pra colocar aqui L_0 ... não... L igual a L_0 vezes...
- PESQUISADOR [45] Antes do igual faltou só uma coisa!
- GUSTAVO [46] Faltou...
- PESQUISADOR [47] Antes do igual não é delta L ?
- GUSTAVO [48] Sim!
- PESQUISADOR [49] Então é L menos...
- GUSTAVO [50] menos L inicial?
- PESQUISADOR [51] Isso. É o L_0 . Então L menos L_0 .
- GUSTAVO [52] $L - L_0 =$
- PESQUISADOR [53] E agora, o que vem depois do igual?
- GUSTAVO [54] Pode ser... α vezes t . Não?
- PESQUISADOR [55] Humm. É que como você colocou o L_0 antes você tá achando que depois não tem de novo, mas L_0 que você colocou antes tem a ver com o delta L , porque delta L é L menos L_0 , mas o que vem depois do igual continua sendo L_0 vezes α vezes delta t .
- GUSTAVO [56] $L - L_0 = L_0 * \alpha$
- PESQUISADOR [57] Aí como o α é uma letra grega e você está escrevendo por extenso, você tem que colocar o barra invertida antes. Só neste caso, para letra grega ou quando é um comando, que nem uma fração... uma raiz, aí você coloca o barra invertida.
- GUSTAVO [58] $L - L_0 = L_0 * \alpha * t$

- PESQUISADOR [59] Aí como é delta t e não só t, então como tem o delta e é uma letra grega, você tem que colocar barra invertida... e esse delta tem letra maiúscula. Assim como no nosso alfabeto nós temos letras maiúsculas e minúsculas, as letras gregas também e nesse caso que é variação, a letra é maiúscula.
- GUSTAVO [60] $L - L_0 = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta t$
- PESQUISADOR [61] E esse t também é maiúsculo tá! É porque o t minúsculo em Física está sempre relacionado com o tempo e o t maiúsculo com temperatura.
- GUSTAVO [62] Eu não sabia disso.
 $L - L_0 = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$
- PESQUISADOR [63] Agora vamos lá! Barra invertida barra invertida
- GUSTAVO [64] $L - L_0 = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$
E agora professor?
- PESQUISADOR [65] E agora... enter... e tenta resolver! O que que você não conhece aí?
- GUSTAVO [66] Não conhecemos... o L... o delta L
- PESQUISADOR [67] O delta L? Mas do delta L... você não conhece nada do delta L?
- GUSTAVO [68] É vai ser o... não conhecemos o L final,
- PESQUISADOR [69] Isso. Então aí você copia ele de novo... L...
- GUSTAVO [70] L
- PESQUISADOR [71] Aí a expressão não é L menos L0? Só que o L0 mede quanto?
- GUSTAVO [72] cem.
- PESQUISADOR [73] Então você vai colocar menos cem.
- GUSTAVO [74] L-100 [Gustavo pensando em voz alta] vezes... vinte?
- PESQUISADOR [75] faltou um igual aí.
- GUSTAVO [76] $L - 100 =$
- PESQUISADOR [77] aí a primeira letra que aparece é... oh, é l menos l zero é igual a l zero vezes alfa vezes delta t. Então o primeiro é l zero.
- GUSTAVO [78] Tô esquecendo tudo professor, to esquecendo até do alfa.

- L-100=100
- PESQUISADOR [79] vezes...
- GUSTAVO [80] asterisco... L-100=100*
- PESQUISADOR [81] quanto é o alfa?
- GUSTAVO [82] um vírgula dois...
- PESQUISADOR [83] hum! O que mais?
- GUSTAVO [84] um vírgula dois vezes dez elevado a...
- PESQUISADOR [85] você pode voltar com a setinha aqui... volta lá no início do problema
- NVDA [86] um agrimensor usa uma trena de aço abre parêntesis cifrão barra invertida alpha sublinhado abre chaves aço fecha chaves igual uma vírgula dois asterisco dez circunflexo abre chaves menos cinco fecha chaves circunflexo barra invertida erro ortográfico circ c circunflexo abre chaves menos uma fecha chaves cifrão fecha parêntesis de cem m
- GUSTAVO [87] pronto!
- PESQUISADOR [88] é um vírgula dois vezes quanto?
- GUSTAVO [89] vezes dez elevado a menos cinco.
- PESQUISADOR [90] isso. Agora com a setinha pra baixo você volta... você vai pra baixo até a parte que você tava.
- GUSTAVO [91] $L-100=100*1,2*10^5$
- PESQUISADOR [92] você colocou o alfa. Agora vezes o delta t. quanto que é a variação de temperatura?
- GUSTAVO [93] foi de... deixa eu ver... dez?
- PESQUISADOR [94] É, você só tem que tomar cuidado com o sinal, porque é delta t, então não é sempre final menos inicial? A final foi quanto?
- GUSTAVO [95] vinte.
- PESQUISADOR [96] a final foi vinte?
- GUSTAVO [97] foi não?
- PESQUISADOR [98] volta lá... sempre que você tiver dúvida, volta lá no seu problema. Volta lá.
- NVDA [99] de comprimento a cifrão vinte circunflexo erro ortográfico circ c cifrão ponto qual deve ser o valor do comprimento da trena

a cifrao dez circunflexo barra invertida erro ortográfico circ c
cifrao interrogação

- GUSTAVO [100] Ah! então tem que ser dez menos vinte?
- PESQUISADOR [101] Ele disse que a trena tem cem metros a vinte graus Celsius. Ele quer saber qual deve ser o comprimento final quando a temperatura for de dez. Então dez é a temperatura final, menos a inicial... vai dar quanto?
- GUSTAVO [102] menos dez.
- PESQUISADOR [103] menos dez. então volta lá com a setinha... Aí ó, você está na linha, só que o cursor não está exatamente no final, aí um jeito de você resolver é... bem aqui em cima tem o END, quer ver, aperta aí... *[encaminhando o dedo indicador de Gustavo para ele sentir onde ficava a tecla END]*.
- NVDA [104] nova linha.
- PESQUISADOR [105] quando ele fala “nova linha” é porque ele já está no final da linha. Então agora você vai continuar resolvendo. Você põe vezes...
- GUSTAVO [106] $L-100=100*1,2*10^{-5}$... menos dez?
- PESQUISADOR [107] Isso, aí você como você vai colocar menos dez, abre um parênteses aí...
- GUSTAVO [108] $L-100=100*1,2*10^{-5}*(-10)$
- PESQUISADOR [109] Aí terminou essa parte. Agora barra barra invertida...

Aí antes do igual está l menos 100. Esse aí não tem como fazer nada agora. Vamos resolver o que está do outro lado do igual, que é... copia de novo aí l menos cem...
- GUSTAVO [110] L-100
- PESQUISADOR [111] igual...
- GUSTAVO [112] L-100=
- PESQUISADOR [113] Aí a gente vai ter cem vezes um vírgula dois... na verdade é cem vezes um vírgula dois vezes dez elevado a menos cinco, mas a potência de dez a gente sempre multiplica ela por último, e tem o menos dez. Vamos ver, se for cem vezes um vírgula dois...
- [...]
- Então põe aí menos mil e duzentos e põe a potência de dez.

GUSTAVO [114] $L-100=-1200*10^{-5}$

PESQUISADOR [115] barra barra invertida

GUSTAVO [116] $L-100=-1200*10^{-5}$

PESQUISADOR [117] Aí continua lá L menos cem...

GUSTAVO [118] $L-100=$

PESQUISADOR [119] sempre que você tiver dúvida, volta na linha anterior pra ver o que tem lá...

NVDA [120] L hífen cem é igual a menos mil e duzentos asterisco dez circunflexo menos cinco barra invertida barra invertida

PESQUISADOR [121] A gente vai tentar resolver agora. A gente tem menos mil e duzentos vezes dez elevado a menos cinco. Só que o vezes dez elevado a menos cinco... quando você tem uma potência de dez, você tem que pensar que quando você quer transformar a potência de dez num número decimal, o expoente é quantas casas decimais você vai andar, não é isso? Então se é menos cinco, então são cinco casas que você vai ter que andar pra esquerda ou direita?

GUSTAVO [122] esquerda.

PESQUISADOR [123] Então pensa lá... o número é mil e duzentos... você vai andar cinco casas pra esquerda. Que número que fica?

GUSTAVO [124] deixa eu ver...

PESQUISADOR [125] Vai ficar zero vírgula zero doze. Então como que vai ficar, vai ficar menos zero vírgula zero doze.

GUSTAVO [126] $L-100=-0,012$

PESQUISADOR [127] Agora você tem L menos cem é igual menos zero vírgula doze. Não esquece do barra barra invertida... vamos pra próxima linha. Você quer calcular quem é o L, que é o comprimento final, aí você tem L menos cem que é igual a menos zero vírgula zero doze. O que você vai ter que fazer?

GUSTAVO [128] $L=-0,012+100$

PESQUISADOR [129] próxima linha...

GUSTAVO [130] $L=$

PESQUISADOR [131] Aí você tem menos zero vírgula zero doze mais cem. Você pode inverter aí né? Cem menos zero vírgula zero doze. Fica mais fácil pra você pensar...

Na calculadora deu 99,988. Que é um número muito pequeno né? Então de cem, ela vai passar a ter 99,988 metro.

GUSTAVO	[132]	$L=99,99\text{m}$
PESQUISADOR	[133]	Agora finalizou, você vai pra próxima linha. Aí põe barra invertida end
GUSTAVO	[134]	$\end$
PESQUISADOR	[135]	Aí você abre chaves
GUSTAVO	[136]	$\end\{$
PESQUISADOR	[137]	$\eqnarray\ldots$
GUSTAVO	[138]	$\end\{\eqnarray$
PESQUISADOR	[139]	agora asterisco e fecha chaves
GUSTAVO	[140]	$\end\{\eqnarray^*\}$

APÊNDICE N – Transcrição do Episódio 7 – aluna Luana

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Instituto de Física

Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências

Projeto de Pesquisa: Ensino de Física e deficiência visual: Possibilidades do uso do computador no desenvolvimento da autonomia de alunos com deficiência visual no processo de inclusão escolar

DADOS DE PESQUISA

Categoria: Transcrição de filmagem

Local: C. E. Isaac Newton (pseudônimo)

Descrição: Acompanhamento da aluna Luana (pseudônimo) na resolução de um problema de Física envolvendo a Lei de Coulomb.

Informações relevantes: Utilizávamos o Laptop disponibilizado pela escola, especialmente para a aluna Luana, com o NVDA instalado. Na resolução deste problema, o pesquisador procurou interferir menos, para ver o quanto a aluna Luana havia incorporado da linguagem LaTeX.

1º Momento – Leitura e compreensão do enunciado do problema.

NVDA	[01]	<p><i>duas cargas elétricas puntiformes de 5×10^{-6} C e 2×10^{-6} C estão</i> [Leitura da primeira linha do enunciado].</p> <p><i>Separadas entre si por uma distância de cinco cm ponto calcule a intensidade da força de repulsão entre</i> [leitura da segunda linha do enunciado].</p> <p><i>Elas ponto</i> [leitura da terceira linha do enunciado].</p>
PESQUISADOR	[02]	<p>Agora eu quero que você navegue pelas linhas do exercício e depois eu quero que você me diga o que você entendeu né... o que você conseguiu compreender e depois a gente vai resolver, pela Lei de Coulomb. Se você quiser mexer com a setinha... [referindo-se ao cursor do teclado, de forma a sozinha navegar pelo enunciado do problema. Neste momento ela retomou a leitura desde a primeira linha]</p>
NVDA	[03]	<p><i>duas cargas elétricas puntiformes de 5×10^{-6} C e 2×10^{-6} C estão</i></p>

asterisco dez circunflexo menos seis c cifrão vírgula no vácuo vírgula estão [Leitura da primeira linha do enunciado].

Separadas entre si por uma distância de cinco cm ponto calcule a intensidade da força de repulsão entre [leitura da segunda linha do enunciado].

Elas ponto [leitura da terceira linha do enunciado].

SILÊNCIO [04] Neste momento a aluna Luana encontra-se em silêncio, como quem está pensando.

PESQUISADOR [05] Aí você faz o que você quiser, como normalmente faz pra entender... voltar várias vezes... se você quiser ir palavra por palavra... O importante é conseguir compreender o exercício.

SILÊNCIO [06] Novamente a aluna Luana ficou em silêncio.

NVDA [07] *Separadas entre si por uma distância de cinco cm ponto calcule a intensidade da força de repulsão entre [leitura da segunda linha do enunciado].*

Exercícios extra dois pontos capítulo dois abre parênteses bonjorno vírgula erro ortográfico vol ponto único vírgula dois ed ponto vírgula dois mil e uma fecha parênteses travessão lei de coulombo abre parênteses pag ponto trezentas e sessenta e seis fecha parênteses. [Leitura do cabeçalho da lista de exercícios]

Setessentos e vinte e seis travessão duas cargas elétricas puntiformes de cifrão cinco asterisco dez circunflexo menos cinco c cifrão e cifrão zero vírgula três asterisco dez circunflexo menos seis c cifrão vírgula no vácuo vírgula estão [Leitura da primeira linha do enunciado].

Separadas entre si por uma distância de cinco cm ponto calcule a intensidade da força de repulsão entre [leitura da segunda linha do enunciado].

PESQUISADOR [08] O que você entendeu?

LUANA [09] Professor! Cifrão serve pra quê?

PESQUISADOR [10] Sempre quando você tem uma expressão matemática no meio do texto, então é o que diferencia ela do restante do texto. Toda vez que a gente vai ler um texto e de repente aparece um “cifrão”, quer dizer que vai ter uma expressão matemática que vai vir a seguir. A expressão matemática é colocada, tal, aí quando termina a expressão matemática, tem outro “cifrão”... o que você escreve entre um “cifrão” e outro, é um ambiente matemático. Então toda expressão

matemática é escrita entre dois cifrão. Então aí, qual é a expressão matemática que ele colocou entre cifrão?

“Duas cargas puntiformes de...” aí “cifrão cinco asterisco dez circunflexo menos cinco c”. O que significa isso?

- LUANA [11] Cinco vezes dez elevado a menos seis.
- PESQUISADOR [12] O que é o “c”?
- LUANA [13] Cêeeee...
- PESQUISADOR [14] É a unidade de medida de carga elétrica.
- [15] Quem que é o cara que vocês estão estudando? Quem é o cientista que vocês estão estudando nessa parte aí?
- LUANA [16] Coulomb!
- PESQUISADOR [17] Coulomb. A unidade que se estabeleceu de carga elétrica é o Coulomb, que é o “C” maiúsculo. As vezes a gente confunde, por exemplo quando vamos falar de temperatura, que tem o grau Celsius, que também é “C”, só que sempre o grau Celsius vai aparecer com uma “bolinha” antes. Vai ter sempre um acento circunflexo, aí vai ter barra invertida circle e o C. Como se fosse uma “bolinha” na parte de cima e o C. Agora só o C sozinho é Coulomb. Então volta lá na outra linha para ver o que você entendeu?
- NVDA [18] *Setessentos e vinte e seis travessão duas cargas elétricas puntiformes de cifrão cinco asterisco dez circunflexo menos cinco c cifrão e cifrão zero vírgula três asterisco dez circunflexo menos seis c cifrão vírgula no vácuo vírgula estão [Leitura da primeira linha do enunciado].*
- PESQUISADOR [19] Nessa primeira linha, que informações tem?
- LUANA [20] Humm! Tem as cargas...
- PESQUISADOR [21] São quantas cargas?
- LUANA [22] Hummm!.
- PESQUISADOR [23] Oh! Vamos voltar...
- NVDA [24] *Setessentos e vinte e seis travessão duas cargas elétricas puntiformes de cifrão cinco asterisco dez circunflexo menos cinco c cifrão e cifrão zero vírgula três asterisco dez circunflexo menos seis c cifrão vírgula no vácuo vírgula estão [Leitura da primeira linha do enunciado].*
- LUANA [25] Duas.

- PESQUISADOR [26] Então são duas cargas elétricas puntiformes de... Aí tudo o que aparece entre cifrão são as informações que ele tá dando das duas cargas. "São duas cargas puntiformes de... cinco..."
- LUANA [27] vezes dez elevado a menos seis c?
- PESQUISADOR [28] Isso! ... e...
- LUANA [29] zero vírgula três vezes dez elevado a menos seis C.
- PESQUISADOR [30] Então uma é... um é cinco vezes dez a menos cinco coulombs e a outra é zero vírgula três vezes dez elevado a menos seis coulombs. "no vácuo, estão..." [leitura do final da linha 1 do enunciado]
- NVDA [31] *Separadas entre si por uma distância de cinco cm ponto calcule a intensidade da força de repulsão entre [leitura da segunda linha do enunciado].*
- PESQUISADOR [32] Ele te deu duas cargas. Ele falou que elas estão no vácuo e estão separadas entre si por uma distância de...
- LUANA [33] cinco centímetros.
- PESQUISADOR [34] cinco centímetros. E ele pede pra você calcular o quê?
- LUANA [35] A força de repulsão
- PESQUISADOR [36] Ele quer a intensidade da força de repulsão entre elas. E aí, como você vai fazer?
- Você vai usar a Lei de Coulomb.
- LUANA [37] Aí fica "F" igual a "K" vezes "Q1" vezes "Q2" dividido por "d" ao quadrado.

2º Momento – Definição do ambiente matemático a ser utilizado e a expressão algébrica a ser utilizada.

- PESQUISADOR [38] Isso! Muito bem! Risos. O que a gente vai fazer agora é substituir esses valores. Agora tem alguma coisa que você tem que mexer aí? Por exemplo, sempre quando a gente vai fazer, antes de começar a fazer o exercício, primeiro, você tem que entender o enunciado, entender quais são os dados que ele te dá. Depois é perceber se esses dados estão no sistema internacional. Por exemplo, as cargas aí são dadas

- em coulomb. A distância foi dada em centímetro. Está tudo certo, ou não?
- LUANA [39] A distância tem que ser metro.
- PESQUISADOR [40] E as cargas são sempre em Coulomb, então não tem problema com elas. Então agora você vai dar “enter” pra começar resolver... E antes disso, com é que é, a gente vai resolver dentro de... a gente precisa começar nosso ambiente matemático. O que tem que escrever pra gente começar, qual é a primeira linha que temos que escrever? Qual ambiente que estou ensinando pra você?
- LUANA [41] Qual? O “equation” ou o “eqnarray”?
- PESQUISADOR [42] A gente vai resolver o exercício né, a gente vai usar mais de uma linha...
- LUANA [43] Então, o “eqnarray”!
- PESQUISADOR [44] Isso! Então como que escreve?
- LUANA [45] Ficaaaaa.... Begin... aí... eqnarray...
- PESQUISADOR [46] É por aí... risos.
- LUANA [47] É, tem o asterisco!
- PESQUISADOR [48] Isso! Sempre quando a gente coloca um comando, ele vem sempre acompanhado do barra invertida. Então você põe “barra invertida begin abre chaves eqnarray asterisco fecha chaves”. Então escreve aí...
- LUANA [49] `\begin{eqnarray*}`
- PESQUISADOR [50] Isso! Agora você já pode dar enter e começar a resolver.
- [51] Escreve aí... Bom, você pode fazer do jeito que você quiser, se você quiser escrever a expressão de Coulomb e depois começar a substituir ou você já vai substituindo... Qual era a expressão de Coulomb mesmo, que você falou?
- LUANA [52] “F” igual a “K” vezes “Q1” vezes “Q2” dividido por “d” ao quadrado.
- PESQUISADOR [53] Então como que fica escrito aí...
- LUANA [54] “F” maiúsculo...
- PESQUISADOR [55] Vai escrevendo... risos.
- LUANA [56] F
- Ponho o sublinhado?

- PESQUISADOR [57] Você só vai por o sublinhado quando você está... porque ele não falou entre a carga Q1, Q2, que tenha mais de uma força que você tenha que nomear, por exemplo, F1, F2... Aí você tá só chamando de "F". Aí você não precisa colocar.
- LUANA [58] $F=$
O "k" é minúsculo né?
- PESQUISADOR [59] Hum! Hum! *[sinalizando positivamente]*
- LUANA [60] $F=k$
Vezes...
- PESQUISADOR [61] Você tem que pensar que a expressão é uma fração né? Que é "k" vezes "Q1" vezes "Q2" dividido por "d" quadrado. Como é que você faz quando é fração?
- LUANA [62] Põe "barra invertida" e escreve "frac". Tá, mas agora fica só "K" vezes "Q1" vezes "Q2"? Ou tem que por o "frac" antes?
- PESQUISADOR [63] Então, é que o "k" vezes "Q1" vezes "Q2" tá no numerador e no denominador tá o "d" quadrado. Então tem que colocar...
- LUANA [64] barra invertida frac.
 $F=k\backslash\text{frac}$
Aí eu posso escrever aqui "vezes Q1 vezes Q2"
- PESQUISADOR [65] Mas primeiro você abre chaves né, aí você põe o numerador
- LUANA [66] $F=k\backslash\text{frac}\{$
Tem que por o asterisco antes?
- PESQUISADOR [67] No "k"?
- LUANA [68] Porque assim: "F" é igual "k" vezes "Q1" vezes "Q2", aí eu abri chaves. Não tem que por o vezes aqui antes do "Q1"?
- PESQUISADOR [69] Acho que aí nesse caso, aí dentro você escreve o "Q1" depois põe o asterisco... só antes do... você escreveu "k" barra invertida "frac". O "k" também tá multiplicando o que vem na frente, não é? Aí então você põe "k" asterisco, vezes, aí você pode começar "barra invertida frac"... Só faltou um asterisco antes do "frac". Bom, mas escreve aí depois você põe. Escreve o "Q1"... aí sim, você tá chamando a carga de "Q1", aí você põe Q sublinhado 1.
- LUANA [70] É o "SHIFT" hífen né?
- PESQUISADOR [71] Isso!

- LUANA [72] $F=k\frac{Q_1*Q_2}{d^2}$
- PESQUISADOR [73] Esse é o seu numerador. Agora você vai fechar chaves. Aí você vai abrir chaves de novo e vai colocar o denominador. O que vem no denominador? É Q1 vezes Q2 dividido por?
- LUANA [74] $F=k\frac{Q_1*Q_2}{d^2}$
- LUANA [75] “d” ao quadrado.
- Tem que por barra invertida? Não né?
- PESQUISADOR [76] Você só põe barra invertida quando você tem uma função, que nem fração, você põe barra invertida frac, ou então quando é uma letra grega, tipo barra invertida delta, alfa. Quando é só a letra normal, número normal, não precisa não. Entendeu?
- LUANA [77] Ah! Entendi, é que eu achei que podia usar o barra para divisão.
- PESQUISADOR [78] Ah! Tá! É porque assim, você pode escrever uma fração também como sendo, por exemplo, um número barra outro né, só que você usa o barra normal e não o barra invertida. Aí no caso a gente sempre usa o “frac”, porque sempre são expressões mais complexas, por exemplo, se é um meio, então você põe um barra dois. É a mesma coisa, no látex você usa também como fração. Nesse caso pra fazer o... o que diferencia do barra frac aí é o fato de você usar dois conjuntos de chaves, então o primeiro conjunto de chaves é o numerador e o segundo é o denominador, então por isso que você não precisa da barra.
- LUANA [79] Ah! Tá!... “d” ao quadrado né?
- $F=k\frac{Q_1*Q_2}{d^2}$
- Aí fecha chaves?
- PESQUISADOR [80] Fecha chaves.
- LUANA [81] $F=k\frac{Q_1*Q_2}{d^2}$
- PESQUISADOR [82] Aí no “eqnarray”, como a gente vai usar sempre várias linhas, aí no final de cada linha você põe duas barras invertidas, pra simbolizar que ele vai continuar na linha de baixo.
- LUANA [83] $F=k\frac{Q_1*Q_2}{d^2}$
- PESQUISADOR [84] Só uma coisinha que faltou. Volta na linha anterior. Depois do “k” faltou um asterisco só. Vai com a setinha até chegar no “k”.

LUANA [85] $F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{d^2}$

PESQUISADOR [86] Agora vai para a linha de baixo...

3º Momento – Resolução do problema propriamente dito.

PESQUISADOR [87] Agora você vai substituir. O que ele quer que você calcule é a força. Então é exatamente o “F”. Você vai deixar o “F” e vai substituir os outros.

LUANA [88] F

Igual a cinco vezes dez elevado a menos cinco c...

PESQUISADOR [89] “F” é igual. Aí tem que substituir o valor de “k”. “k” é uma constante. Qual é o valor de “k”?

LUANA [90] Constante... é igual aquele nove elevado a nona?

PESQUISADOR [91] Nove vezes dez elevado a nona. Esse é o “k”. Então “F” é igual, e no lugar de “k” você põe nove vezes dez elevado a nona.

LUANA [92] Aí abre chaves aqui?

PESQUISADOR [93] Não. Aí não precisa, porque o “k” está antes da fração. É nove vezes dez a nona.

LUANA [94] $F = 9 \cdot 10^9$

PESQUISADOR [95] Vezes né... Porque é “k” vezes... aí vai vir a fração.

LUANA [96] $F = 9 \cdot 10^9 \cdot$

Agora barra invertida né?

PESQUISADOR [97] Isso!. Agora vem a fração. Como você vai...

LUANA [98] $F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{1}{10^5}$

Aí abre chaves!

PESQUISADOR [99] Você vai escrever o que agora... Q1 vezes Q2 né?

LUANA [100] Isso.

PESQUISADOR [101] Lembra de cabeça quem é Q1 e Q2?

LUANA [102] cinco vezes dez elevado a menos cinco “c”, é o Q1.

PESQUISADOR [103] Aí o “c” não precisa, é só a unidade dele.

LUANA [104] Sério!

- PESQUISADOR [105] Aí como é menos cinco, aí você põe entre chaves, porque é o número mais o sinal que você quer deixar elevado.
- LUANA [106] $F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-5}}{}$
- PESQUISADOR [107] Essa foi a carga Q1 né... vezes a carga Q2.
- LUANA [108] $F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-5}}{}$ *
- PESQUISADOR [109] Que é a carga Q2?
- LUANA [110] zero vírgula três vezes dez elevado a menos seis.
 $F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-5}}{}$ *0,3*10⁻⁶
- PESQUISADOR [111] Agora você precisa fechar mais uma chave, porque isso daí é o numerador né? Agora você abre chaves de novo, pra colocar o denominador
- LUANA [112] $F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-5}}{}$ *0,3*10⁻⁶{
- PESQUISADOR [113] Agora não é distância ao quadrado? Quanto que era a distância?
- LUANA [114] Cinco centímetros!
- PESQUISADOR [115] Cinco centímetros, mas se for em metros, quanto que dá?
 Cinco centímetros em metros.
- LUANA [116] SILÊNCIO. A aluna estava pensando.
- PESQUISADOR [117] Essa matemática hein?! Quantas casa decimais tem do centímetro para o metro?
 Você pode pensar assim, centímetro são duas casas. Porque não é a mesma coisa que cem?, por isso que é centímetro. Do centímetro pro metro é o mesmo que dividir por cem. Você vai andar duas casa pra esquerda. Cinco centímetros, se você andar duas casa pra esquerda fica? Se andar uma casa fica zero vírgula cinco. Se andar duas casa fica zero vírgula zero cinco. Entendeu ou não?
- LUANA [118] Mais ou menos.
- PESQUISADOR [119] Você tem a escala é... metro, decímetro, centímetro, milímetro. Por exemplo, o próprio nome já diz, decímetro, então do decímetro para o metro é dez, você divide por dez. Do centímetro pro metro, você divide por cem e do milímetro pro metro você divide por mil. Então vamos lá, é zero vírgula zero cinco ao quadrado...
- LUANA [120] $F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-5}}{}$ *0,3*10⁻⁶}{0,05^2

- PESQUISADOR [121] E agora? Fecha chaves...
- LUANA [122] $F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-5} \cdot 0,3 \cdot 10^{-6}}{0,05^2}$
- PESQUISADOR [123] Aí terminou a linha você tem que por duas barras invertidas...
- LUANA [124] $F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-5} \cdot 0,3 \cdot 10^{-6}}{0,05^2} \backslash \backslash$
- PESQUISADOR [125] Pode continuar resolvendo... enter...
- Agora como você resolve a conta?
- [126] *[como a aluna ficou sem reação, aguardando o próximo passo, sendo que deveria continuar resolvendo o exercício, o pesquisador interferiu] O “F” você mantém, que é o que você quer achar... escreve o “F”.*
- LUANA [127] F
- PESQUISADOR [128] O que você vai resolver primeiro?
- LUANA [129] Primeiro tem que resolver as potências, não é?
- PESQUISADOR [130] Você vai ter que ir resolvendo junto, porque por exemplo, você vai multiplicar número com número e potência com potência. Então você tem nove vezes dez a nona vezes aí você tem a fração cinco vezes dez elevado a menos cinco vezes zero vírgula três vezes dez elevado a menos seis tudo isso dividido por zero vírgula zero cinco ao quadrado. O numerador você pode multiplicar tudo junto, não é? Então, por exemplo, você tem nove vezes dez a nona vezes cinco vezes dez a menos cinco vezes zero vírgula três vezes dez a menos seis. Aí você pode multiplicar os números primeiro, que vai ser nove vezes cinco vezes zero vírgula três. Depois você multiplica as potências, dez a nona vezes dez a menos cinco vezes dez a menos seis.
- LUANA [131] Ah! Tá!
- PESQUISADOR [132] Como é que fica os números? Você tem nove vezes cinco... quanto que dá?
- LUANA [133] Quarenta e cinco.
- PESQUISADOR [134] Põe o igual aí... pode escrever quarenta e cinco... na verdade tem que por o... escrever o frac antes. Você vai continuar com a fração... você tá só multiplicando o que está no numerador... só apaga o quarenta e cinco e põe o código de fração
- LUANA [135] $F = \frac{\quad}{\quad}$
- PESQUISADOR [136] Agora abre chaves...

- LUANA [137] $F = \frac{\quad}{\quad}$
- PESQUISADOR [138] A gente fez nove vezes cinco, que dá quarenta e cinco. Agora se pegarmos quarenta e cinco vezes zero vírgula três... sem pensar na vírgula... se fosse quarenta e cinco vezes três, dá quanto?
- LUANA [139] Quarenta e cinco vezes três? [após pensar um pouco] – cento e trinta e cinco.
- PESQUISADOR [140] Cento e trinta e cinco. Mas como você está multiplicando por zero vírgula três, então tem uma casa decimal aí não tem? Que por exemplo, o quarenta e cinco não tem, o zero vírgula três tem, que é uma casa. Por exemplo, seu resultado tem que ter uma casa decimal, então você vai ter que andar uma casa decimal para a esquerda. Então seu resultado deu cento e trinta e cinco, quer dizer que é treze vírgula cinco.
- LUANA [141] Ah! Tá!
- PESQUISADOR [142] É assim que você faz conta quando tem números decimais. Você faz a conta sem se preocupar com as vírgulas e aí elas vão aparecer no resultado. Então você tem que somar a quantidade de casas decimais que seu problema tem, por exemplo, você tem lá um vírgula trinta e cinco vezes dois vírgula cinco. Então o primeiro tem duas casas decimais e o segundo número tem uma casa decimal, aí você soma os dois, de forma que seu resultado tem que ter três casas decimais. É sempre assim que você faz. Se é um vírgula dois vezes um vírgula cinco, então cada um tem uma casa decimal, então seu resultado vai ser... você faz doze vezes quinze e o resultado que der tem que ter duas casa decimais. Então sempre que você for fazer a conta você não se preocupa com a vírgula, mas ela vai ter que aparecer no resultado. Entendeu como que... ou tá difícil...
- LUANA [143] Não. Eu tô entendendo.
- PESQUISADOR [144] Então nesse caso deu cento e trinta e cinco, mas como tem uma casa decimal, treze vírgula cinco. Então põe aí treze vírgula cinco.
- LUANA [145] $F = \frac{\quad}{\quad}$
- PESQUISADOR [146] Agora vamos resolver as potências. Você põe vezes...
- LUANA [147] $F = \frac{\quad}{\quad}$
- PESQUISADOR [148] Agora as potências você tem dez a nona vezes dez a menos cinco vezes dez a menos seis. Qual operação que você tem que fazer? Você tem três potências de mesma base...

- LUANA [149] Somar.
- PESQUISADOR [150] Mantém a base né, que é dez e soma os expoentes. Então o dez você já pode colocar aí...
- LUANA [151] $F = \frac{13,5 \cdot 10}{10}$
- PESQUISADOR [152] Agora o que vai mudar é a potência... então põe o sinal de elevado
- [153] Se você der um espaço, ele também mostra o sinal... *[referindo-se ao fato de o código para potência ser o acento circunflexo. Por ser um acento, só se torna visível e legível ao redor de tela quando inserimos o próximo caractere ou clicamos na barra de espaço].*
- LUANA [154] Mas não precisa por chaves não né?
- PESQUISADOR [155] Não. Quer dizer, não sei, vamos ver. Você tem nove positivo aí você tem menos cinco e menos seis. Nove menos cinco dá?
- LUANA [156] Nove menos cinco? Quatro.
- PESQUISADOR [157] Quatro. Quatro menos seis?
- LUANA [158] Quatro menos seis? *[após pensar um pouco]* – Fica dois?
- PESQUISADOR [159] O sinal que “manda” é o maior número. Se é quatro menos seis... então vai dar...
- LUANA [160] Menos dois.
- PESQUISADOR [161] Então vai ter que abrir chaves e por menos dois.
- LUANA [162] Tá.
- $F = \frac{13,5 \cdot 10^{-2}}{10}$
- PESQUISADOR [163] Aí você fecha chaves de novo, que aí já é do denominador. Aí abre chaves pra gente colocar o denominador
- LUANA [164] $F = \frac{13,5 \cdot 10^{-2}}{10}$
- PESQUISADOR [165] Agora você tem zero vírgula zero cinco ao quadrado. E agora? Você tem zero vírgula zero cinco vezes zero vírgula zero cinco. O raciocínio é o mesmo que eu falei pra você, a conta que você vai ter que fazer é cinco vezes cinco...
- LUANA [166] Vinte e cinco.
- PESQUISADOR [167] Vinte e cinco. Só que a diferença é que você vai ter zero vírgula zero cinco vezes zero vírgula zero cinco. Quantas casa decimais tem envolvidas aí? Somando tudo?

- LUANA [168] Zero vírgula zero cinco... Esses dois zeros são porque andou duas casa não é?
- PESQUISADOR [169] O que conta é o depois da vírgula, por exemplo, zero vírgula... aí tem zero cinco não é? Então esses dois números que vem depois da vírgula determina quantas casas tem. Então são duas. Duas em cima e duas embaixo. Você está multiplicando zero vírgula zero cinco por zero vírgula zero cinco, então você tem que somar todas as casas, então dois em cima e dois embaixo, são quatro casas decimais. A sua resposta vai ter que ter quatro casas decimais. Então você multiplicou cinco vezes cinco, é vinte e cinco, só que você vai ter que pegar a vírgula que tá lá no cinco e andar quatro casas pra esquerda. Vai ficar como agora?
- Oh, se você andar uma, dois vírgula cinco, se andar duas, zero vírgula vinte e cinco, se andar três, zero vírgula zero vinte e cinco e se andar quatro, zero vírgula zero zero vinte e cinco. Então escreve aí zero vírgula zero zero vinte e cinco.
- LUANA [170] $F = \frac{13,5 \cdot 10^{-2}}{0,0025}$
- PESQUISADOR [171] Agora fecha chaves...
- LUANA [172] $F = \frac{13,5 \cdot 10^{-2}}{0,0025}$
- PESQUISADOR [173] Aí de novo barra invertida barra invertida...
- LUANA [174] Ah! É!
- $F = \frac{13,5 \cdot 10^{-2}}{0,0025} \backslash \backslash$
- PESQUISADOR [175] A gente vai continuar na outra linha que ainda tem mais uma conta. De novo “F” é igual...
- LUANA [176] F =
- PESQUISADOR [177] Qual que é a conta que você tem que fazer? Volta lá na linha anterior?
- NVDA [178] *F igual barra invertida erro ortográfico frac abre chaves treze vírgula cinco asterisco dez circunflexo abre chaves menos duas fecha chaves fecha chaves abre chaves zero vírgula zero zero dois cinco fecha chaves barra invertida barra invertida.*
- PESQUISADOR [179] Que conta que tem que fazer aí?
- LUANA [180] [após um tempo pensando] – Acho que tem que subtrair...
- PESQUISADOR [181] Subtrair?

- NVDA [182] *F igual barra invertida erro ortográfico frac abre chaves treze vírgula cinco asterisco dez circunflexo abre chaves menos duas fecha chaves fecha chaves abre chaves zero vírgula zero zero dois cinco fecha chaves barra invertida barra invertida.*
- PESQUISADOR [183] Ele começou a expressão “barra invertida frac”. Se é “barra invertida frac”...
- LUANA [184] Fração
- PESQUISADOR [185] Uma fração. Então você tem treze vírgula cinco vezes dez elevado a menos dois dividido por zero vírgula zero zero vinte cinco. Apareceu “frac”, então agora a gente tem uma única expressão agora que é uma fração. Você vai ter que dividir um pelo outro. É treze vírgula cinco vezes dez a menos dois por zero vírgula zero zero vinte e cinco. A gente vai dividir número por número e depois o resultado a gente vai multiplicar por dez elevado a menos dois. Vamos ter que dividir treze vírgula cinco por zero vírgula zero zero vinte e cinco.
- [ao fazer o cálculo na calculadora, o resultado foi 5.400]
- Então o resultado vai ser cinco mil e quatrocentos vezes dez elevado a menos dois. A gente pode até já tentar fazer agora. É cinco mil e quatrocentos vezes dez elevado a menos dois... consegue transformar isso daí num número decimal? É uma potência de dez. O que significar ter dez elevado a menos dois? Você vai andar com a casa decimal pra onde e quantas casas?
- LUANA [186] Duas...
- PESQUISADOR [187] Pra direita ou pra esquerda?
- Você tem cinco mil e quatrocentos, você vai transformar em qual número?
- [188] Essas casas estão te pegando hein?! Cinco mil e quatrocentos. A vírgula está no último zero, não é? Se você andar uma casa pra esquerda, dá para a gente diminuir um zero desses não é? Fica quinhentos e quarenta e aí você anda mais uma casa pra esquerda... fica cinquenta e quatro. Então cinco mil e quatrocentos vezes dez a menos dois é o mesmo que cinquenta e quatro. Então nesse caso, como é força, é cinquenta e quatro Newtons. Então põe aí cinquenta e quatro “n” maiúsculo.
- LUANA [189] $F = 54N$

PESQUISADOR [190] Agora finalizou. Você vai para a linha de baixo pra fechar o ambiente matemático... aí escreve o quê?

LUANA [191] $\end{eqnarray}$

PESQUISADOR [192] Não esqueça do “barra invertida”...

LUANA [193] $\end$

PESQUISADOR [194] Agora abre chaves...

LUANA [195] $\end{eqnarray}$

PESQUISADOR [196] Põe o asterisco...

LUANA [197] $\end{eqnarray*}$

PESQUISADOR [198] Aí tá feito o exercício.

APÊNDICE O – Transcrição do Episódio 8 – aluna Luana

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Instituto de Física

Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências

Projeto de Pesquisa: Ensino de Física e deficiência visual: Possibilidades do uso do computador no desenvolvimento da autonomia de alunos com deficiência visual no processo de inclusão escolar

DADOS DE PESQUISA

Categoria: Transcrição de filmagem

Data: 29/04/2014

Local: C. E. Isaac Newton (pseudônimo)

Descrição: Acompanhamento da aluna Luana (pseudônimo) na continuação da resolução de uma lista de exercícios sobre “Lei de Coulomb”, elaborada pelo pesquisador.

Informações relevantes: Utilizávamos o Laptop disponibilizado pela escola, especialmente para a aluna Luana, com o NVDA instalado.

1º momento: Leitura do enunciado do exercício extra da lista.

NVDA	[01]	a intensidade da força entre duas cargas elétricas puntiformes iguais vírgula situadas no vácuo <i>[leitura da primeira linha do exercício]</i>
		A uma distância de dois m uma da outra vírgula é de duzentas e duas vírgula cinco n ponto qual o valor das cargas interrogação <i>[leitura da segunda linha do exercício]</i>
PESQUISADOR	[02]	E agora Luana?... também é sobre Lei de Coulomb.
LUANA	[03]	É!
PESQUISADOR	[04]	Como você sugere que seja a resolução...
	[05]	Você entendeu o exercício? O exercício tem duas linhas!! Risos. Vamos ler de novo
NVDA	[06]	a intensidade da força entre duas cargas elétricas puntiformes iguais vírgula situadas no vácuo <i>[leitura da primeira linha do exercício]</i>
PESQUISADOR	[07]	O que você entendeu dessa linha?
LUANA	[08]	setecentos e vinte e sete...

- PESQUISADOR [09] Ah tá, esse aí é o número do exercício... risos.
- LUANA [10] Ah tá!
- Tem duas forças... não... duas cargas... sei lá o que... formes...
- NVDA [11] a intensidade da força entre duas cargas elétricas puntiformes iguais vírgula situadas no vácuo *[leitura da primeira linha do exercício]*
- LUANA [12] Humm, estão situadas no vácuo!
- NVDA [13] A uma distância de dois m uma da outra vírgula é de duzentas e duas vírgula cinco n ponto qual o valor das cargas interrogação *[leitura da segunda linha do exercício]*
- LUANA [14] dois m... então dois metros só ou... é um m só né?... ah tá! Então já está em metros!
- PESQUISADOR [15] Essa é a distância entre as duas cargas. E o que é o... que ele [NVDA] falou assim... “dois m uma da outra é de duzentas e duas vírgula cinco n”. O que é isto?
- LUANA [16] duzentos e dois vírgula cinco n?
- PESQUISADOR [17] duzentos e dois vírgula cinco n... n maiúsculo!
- LUANA [18] Ah! É o Newton!
- PESQUISADOR [19] Então o que é isto aí? É a... Força Elétrica né?
- LUANA [20] É.
- PESQUISADOR [21] Por que ele [NVDA] fala assim... “a intensidade da força entre duas cargas elétricas puntiformes iguais”... puntiformes porque você não está considerando as dimensões dela... como se fosse um ponto. Não interessa se as cargas são esféricas, se elas tem... sei lá, cinquenta centímetros de raio... não importa o... se fala puntiforme é porque você vai desconsiderar as dimensões dela. E elas são iguais... “são duas cargas elétricas puntiformes iguais, situadas no vácuo a uma distância de dois metros uma da outra”. Essa força então é de duzentos e dois vírgula cinco newtons. Ele quer saber qual o valor das cargas...
- Geralmente nos exercícios a gente tem o valor das cargas, tem não sei o que e pede a força...
- LUANA [22] Isso!
- PESQUISADOR [23] Mas ele quer saber qual o valor das cargas...

- LUANA [24] Não tinha essa na lista não!
- PESQUISADOR [25] Risos... Esse eu peguei de um outro livro... Mas a expressão é a mesma. Qual é a expressão para a Lei de Coulomb?
- LUANA [26] “F” igual a “K” vezes “Q1” vezes “Q2” dividido por distância ao quadrado.
- PESQUISADOR [27] Isso! Aí nesse caso... que é o “F”?
- LUANA [28] “F”?
- PESQUISADOR [29] Ele te deu o “F” no exercício, que é a força?
- LUANA [30] Duzentos e vinte cinco?
- PESQUISADOR [31] O certo é “duzentos e dois vírgula cinco”!
- LUANA [32] É! Risos... “duzentos e dois vírgula cinco”!
- PESQUISADOR [33] Bom, o “K” é constante!
- LUANA [34] É.
- PESQUISADOR [35] Aí você tem “Q1” vezes “Q2”. Então neste caso ele falou que as cargas são de que jeito? São... I... guais. Se elas são iguais, elas tem a mesma carga né?
- LUANA [36] Isso!
- PESQUISADOR [37] Então ao invés de você fazer “Q1” vezes “Q2”, é a mesma coisa de você fazer “Q1” vezes “Q1” ou “Q” vezes “Q”. Como você não sabe a carga, você chama de “Q”. Então as duas são iguais, então é a mesma coisa que “Q” vezes “Q”. Então é “Q” ao?
- LUANA [38] Quadrado!
- PESQUISADOR [39] Quadrado. Aí você quer distância ao quadrado. A distância é de quanto?
- LUANA [40] Dois metros!
- PESQUISADOR [41] Dois metros. Aí a única coisa que você não sabe é o “Q”, que é justamente o que ele [exercício] quer, que é o valor das cargas. Entendeu?
- LUANA [42] Hummrrumm.

2º momento: Resolução do exercício propriamente dito.

- PESQUISADOR [43] Então vamos lá! Primeira coisa antes de resolver... como que a gente tem que... qual é o ambiente matemático?

LUANA [44] Vai ser em muitas linhas?

PESQUISADOR [45] Vai ser em muitas linhas.

LUANA [46] É! Nossa... essa Lei de Coulomb dão umas contas enormes... gente do céu! A profa. deu uma lista ali, que Deus o livre!

PESQUISADOR [47] Sendo em várias linhas qual que é?

LUANA [48] É o “eqnarray”!

PESQUISADOR [49] Então como que começa então!

LUANA [50] “Begin eqnarray”.

PESQUISADOR [51] Isso! Só que sempre “barra invertida”...

LUANA [52] Ah é! barra invertida begin eqnarray asterisco, aí fecha!

PESQUISADOR [53] Isso! Então escreve aí

LUANA [54] Tem que por “chaves”?

PESQUISADOR [55] Tem! É barra invertida...

LUANA [56] Chaves!

PESQUISADOR [57] ...begin... aí depois do begin... é que você vai escrever só o eqnarray entre chaves...

LUANA [58] Ah! É?

PESQUISADOR [59] ... Begin abre chaves eqnarray...

LUANA [60] Ah! Tá! “\begin”...

PESQUISADOR [61] Aí você abre chaves...

LUANA [62] “\begin{eqnarray*” “... aí fecha!

PESQUISADOR [63] Isso!

LUANA [64] “\begin{eqnarray*}

PESQUISADOR [65] Aí você vai para a linha de baixo... Agora escreve a expressão...

LUANA [66] $F=K \cdot$ (enquanto escrevia, pensava em voz alta: “F é igual a K vezes...”) “Q1” e “Q2” né?

PESQUISADOR [67] Só que aí você tem que lembrar que é uma fração. Vai ser “Q1” vezes “Q2” dividido por “d” ao quadrado.

LUANA [68] Ah! É!... vou pôr “barra invertida frac”!

- PESQUISADOR [69] Isso! Risos.
- LUANA [70] Tem que apagar o “vezes”[referindo-se ao sinal de asterisco que havia colocado]
- PESQUISADOR [71] Não. Porque é o “K” vezes a fração. A fração vem depois.
- LUANA [72] Ahhh! Achei que vinha antes.
 $F = K * \frac{\dots}{\dots}$ tem que abrir chaves?
- PESQUISADOR [73] Tem.
- LUANA [74] $F = K * \frac{\dots}{\dots}$ [enquanto escrevia falava: “aqui é... “Q1” e “Q2”, referindo-se à expressão que deveria colocar dentro das chaves]
 $F = K * \frac{q_{\dots}}{\dots}$ agora é o sublinhado né? [referindo-se ao modo de expressar o índice na linguagem LaTeX, já que terá que colocar q_1]
 $F = K * \frac{q_1}{\dots}$
- PESQUISADOR [75] “Q1” vezes “Q2”...
- LUANA [76] $F = K * \frac{q_1 * q_2}{\dots}$ “Q1” vezes “Q2” fecha chaves?
- PESQUISADOR [77] Isso! Aí você vai terminar de escrever o numerador né?
- LUANA [78] $F = K * \frac{q_1 * q_2}{\dots}$
- PESQUISADOR [79] Agora para escrever o denominador como é que faz?... Você tem que abrir chaves de novo...
- LUANA [80] É verdade!
 $F = K * \frac{q_1 * q_2}{\{ \dots \}}$
- PESQUISADOR [81] Aí você vai colocar d ao quadrado.
- LUANA [82] $F = K * \frac{q_1 * q_2}{\{d^2 \dots \}}$ agora fecha de novo!
- PESQUISADOR [83] Isso!
- LUANA [84] $F = K * \frac{q_1 * q_2}{\{d^2 \}}$
- PESQUISADOR [85] Agora como a gente vai para a próxima linha, você põe duas barras invertidas.
- LUANA [86] $F = K * \frac{q_1 * q_2}{\{d^2 \} \backslash \backslash}$
- PESQUISADOR [87] Agora você vai só substituir. Então “F” você sabe, quanto que é o “F”?
- LUANA [88] Duzentos e dois vírgula cinco. Então “F” igual a 202,5 ou só

- PESQUISADOR [89] Não, você está substituindo, então no lugar do “F” você vai colocar...
- LUANA [90] 202,5
- PESQUISADOR [91] 202,5. Então pode pôr aí... O “F” é o que está antes do igual né? Agora você põe o valor dele.
- LUANA [92] 202,5=
- PESQUISADOR [93] E agora?
- LUANA [94] Nove vezes dez elevado a nove.
- PESQUISADOR [95] Isso!
- LUANA [96] $202,5=9 \cdot 10^9$ [Luana pensando alto: “nove vezes dez elevado a nove”...]
- PESQUISADOR [97] Qualquer dúvida que você tiver use a “setinha” (cursor) para cima para ler a expressão novamente. Pra você lembrar o que tem que fazer.
- NVDA [98] “F” igual “k” asterisco barra invertida erro ortográfico frac abre chaves q sublinhado 1 asterisco q sublinhado duas fecha chaves abre chaves d circunflexo duas fecha chaves barra invertida barra invertida.
- LUANA [99] Mas ele [exercício] não deu “Q1” nem “Q2”, então fica “Q” só.
- PESQUISADOR [100] Só que é como se fosse “Q” vezes “Q”. Então fica “Q” ao...
- LUANA [101] quadrado.
- NVDA [102] duzentos e duas vírgula cinco igual nove asterisco dez elevado a nove
- LUANA [103] vezes... igual a “Q” ao quadrado... vezes nove... não, tem que por o igual?
- PESQUISADOR [104] Igual você já colocou... que é lá... duzentos e dois vírgula cinco igual a nove vezes dez a nona, que é o “K”, vezes. Lembra lá em cima, o que que tinha depois do “k”? Então vai lá em cima pra ver.
- NVDA [105] “F” igual “k” asterisco barra invertida erro ortográfico frac abre chaves q sublinhado 1 asterisco q sublinhado duas fecha chaves abre chaves d circunflexo duas fecha chaves barra invertida barra invertida.
- PESQUISADOR [106] Depois do “k” vem uma fração né? “Q1” vezes “Q2” sobre “d” ao quadrado. Por enquanto a gente vai continuar escrevendo

na forma de fração. Então você tem que colocar o barra invertida frac...

- LUANA [107] $202,5=9*10^9*\frac{1}{4}$
- PESQUISADOR [108] E agora como você faz para colocar o numerador?
- LUANA [109] Abre chaves!
- PESQUISADOR [110] Isso!
- LUANA [111] $202,5=9*10^9*\frac{Q^2}{4}$
- PESQUISADOR [112] Agora vamos lá! Agora a gente vai tentar isolar que é o “Q”...
- LUANA [113] É.
- PESQUISADOR [114] Por enquanto... você tem aqui ó...
- NVDA [115] duzentos e duas vírgula cinco igual nove asterisco dez elevado a nove asterisco barra invertida erro ortográfico frac abre chaves q circunflexo duas fecha chaves abre chaves quatro fecha chaves barra invertida barra invertida.
- PESQUISADOR [116] Você consegue imaginar a conta aqui?... o que você tem... que operações tem que fazer? O que tem que fazer primeiro...
- LUANA [117] Hummm... [silêncio]
- PESQUISADOR [118] [Após ler passo a passo com o NVDA, utilizando o cursor] Então do lado esquerdo você tem duzentos e dois vírgula cinco que é igual a nove vezes dez a nona vezes q ao quadrado sobre quatro. O que você pode fazer, por exemplo, é... q ao quadrado sobre quatro, então o quatro está... dividindo, está no denominador, não está?
- LUANA [119] Hummmrum.
- PESQUISADOR [120] Porque a intenção é tentar isolar o “Q”. Tem que tentar passar os outros números, para deixar só o “Q”. Então quem você vai passar primeiro?
- LUANA [121] Nesse caso então vai ser...
- PESQUISADOR [122] Quando você tem uma fração, que nem no caso ali, q ao quadrado sobre quatro. Então sempre você começa pelo número que está dividindo. Porque o que está no denominador, que está dividindo, você passa para o outro lado...
- LUANA [123] Multiplicando.

- PESQUISADOR [124] Multiplicando. Aí você vai ter agora... entre aspas, você vai sumir com a fração e você vai ficar com duzentos e dois vírgula cinco vezes quatro que vai ser igual a nove vezes dez a nona vezes q ao quadrado.
- LUANA [125] huuummm.
- PESQUISADOR [126] E depois, quem está multiplicando você passa dividindo... Então a primeira coisa aqui é passar o quatro, que está dividindo, para o outro lado, multiplicando a força. Então vai ser duzentos e dois vírgula cinco vezes quatro.
- LUANA [127] $202,5 \cdot 4 =$
- PESQUISADOR [128] Bom, agora você não tem fração mais, o que sobrou do outro lado?
- LUANA [129] nove vezes dez elevado a nove vezes q
- PESQUISADOR [130] Só o "q"?... q ao quadrado...
- LUANA [131] Ah é!
- $202,5 \cdot 4 = 9 \cdot 10^9 \cdot Q^2 \backslash \backslash$
- PESQUISADOR [132] Agora você tem duzentos e dois vírgula cinco vezes quatro... quanto que dá?
- LUANA [133] Hummm. Não Sei.
- PESQUISADOR [134] [como a aluna Luana não faz uso do Soroban, embora saiba usar, fiz o cálculo com ela utilizando a calculadora do Windows] Deu 810.
- LUANA [135] $810 =$
- PESQUISADOR [136] Depois do igual temos nove vezes dez a nova vezes q ao quadrado. Então não tem o que fazer aí, né? Então repete lá...
- LUANA [137] $810 = 9 \cdot 10^9 \cdot Q^2 \backslash \backslash$
- PESQUISADOR [138] Bom, a intenção é deixar o q sozinho né? O que sobrou... você tem oitocentos e dez igual a nove vezes dez a nona vezes q ao quadrado. Então nove vezes dez a nona é que está multiplicando, então ele vai ter que ir... se ele passar do outro lado, ele vai...
- LUANA [139] Dividindo
- PESQUISADOR [140] Então como vai ficar? Então antes do igual você vai ter uma... fração não é? Você vai ter oitocentos e dez dividido por nove vezes dez a nona. Como é que escreve a fração?

- LUANA [141] Barra invertida frac.
- PESQUISADOR [142] Isso!
- LUANA [143] $\frac{810}{9 \cdot 10^9} = Q^2$
- PESQUISADOR [144] Então temos oitocentos e dez dividido por nove vezes dez a nona. Primeiramente temos oitocentos e dez dividido por nove. Consegue fazer?
- LUANA [145] Não.
- PESQUISADOR [146] E oitenta e um dividido por nove?
- LUANA [147] Nove!
- PESQUISADOR [148] nove vezes nove é oitenta e um. Como sobrou um zero, leva o zero pra lá... noventa.
- LUANA [149] Ahhh!
- PESQUISADOR [150] Então fica noventa dividido por dez elevado a nove. Pra você passar... quando você tem uma potência de dez no denominador e passa ela para o numerador, o que acontece com o sinal do expoente?
- LUANA [151] Aí ele muda!
- PESQUISADOR [152] Ele muda?
- LUANA [153] Acho que muda. Risos.
- PESQUISADOR [154] Se ele estava positivo, ele passa a ser...
- LUANA [155] Negativo.
- PESQUISADOR [156] Então vai ficar de que jeito... noventa vezes dez elevado a menos nove. Aí do outro lado vai ficar o q ao quadrado. Então escreve aí.
- LUANA [157] $90 \cdot 10^{-}$
- PESQUISADOR [158] Como o expoente é negativo, ou seja, menos nove, aí você coloca ele entre...
- LUANA [159] entre chaves!!
 $90 \cdot 10^{-9} = Q^2$
- PESQUISADOR [160] Aí ó noventa vezes dez a menos nove é igual a q ao quadrado. Você não quer saber quanto vale q ao quadrado, você quer saber quanto vale q. Então qual seria o jeito de fazer? Se q ao quadrado é igual a noventa vezes dez elevado a menos nove, então q vai ser quanto? Qual a operação que

você vai ter que fazer? Porque o q está elevado ao quadrado. Quando você tem um número elevado ao quadrado, você tem que pensar em termos de operação inversa. Então, por exemplo, a operação inversa da potenciação, é a radiciação. Então se eu tenho q ao quadrado igual a noventa vezes dez elevado a menos nove, então q é igual a raiz quadrada de noventa vezes dez elevado a menos nove. Lembra disso?

- LUANA [161] Lembro... ela falou isso na primeira aula!... verdade!
- PESQUISADOR [162] Então agora o que você tem que escrever... q é igual...
- LUANA [163] $Q=$
- PESQUISADOR [164] Agora é uma raiz quadrada. Você vai escrever barra invertida sqrt
- LUANA [165] $Q=\sqrt{}$
- PESQUISADOR [166] Aí como é raiz quadrada não é preciso escrever o índice, a gente já vai colocar o radicando. Então você abre chaves. Porque se tivesse um índice diferente, por exemplo q ao cubo, aí teria que colocar barra invertida sqrt abre colchete três fecha colchete abre chaves coloca o radicando e aí fecha chaves.
- LUANA [167] Mas como é só a raiz né,
- PESQUISADOR [168] Como é raiz quadrada então não precisa colocar o colchete dois... então podemos colocar direto... abre chaves...
- LUANA [169] $Q=\sqrt{90*10^{-9}}$
- PESQUISADOR [170] Tem uma simplificação que dá pra fazer. Porque normalmente, quando a gente escreve uma potência de dez a gente sempre tenta deixar o número antes do dez um número entre zero e dez. Como aqui está noventa... por exemplo se eu quisesse transformar em nove, eu vou ter que andar uma casa decimal para a esquerda né? Aí como você já tem dez elevado a menos nove... se eu andar uma casa para a esquerda aqui, está diminuindo do tanto que eu deveria andar né? Porque aqui, dez elevado a menos nove, então quer dizer que eu teria que andar nove casas para a esquerda do noventa. Se eu andar uma casa já agora, e colocar nove, então eu vou ter que andar menos uma né, então ao invés de menos nove, fica menos oito.
- LUANA [171] hummm.
- PESQUISADOR [172] Então fica nove vezes dez elevado a menos oito. Então coloca aí.

- LUANA [173] $Q = \sqrt{9 \cdot 10^{-8}}$
- PESQUISADOR [174] Agora você tem que calcular a raiz quadrada de dez elevado a menos oito. Porque por exemplo, quando você tem um dez elevado a menos oito. Porque raiz, não sei se você lembra... você consegue transformar o número que está na raiz numa potência... por exemplo você tem dez elevado a um sobre dois. O que representa esta potência, em forma de fração?
- LUANA [175] Não lembro.
- PESQUISADOR [176] Você consegue transformar essa potência fracionária em uma raiz, de forma que o denominador da potência é o índice da raiz e o numerador da potência é o número que vai em cima... por exemplo dez elevado a um sobre dois é o mesmo que raiz quadrada de dez elevado a um.
- LUANA [177] Ah! Tá!
- PESQUISADOR [178] O número que está no denominador do expoente aparece no índice da raiz e o que está no numerador aparece dentro da chave. Então você tem uma raiz quadrada de dez elevado a menos oito, você pode transformar isso daí numa potência fracionária. Por exemplo, o número que está elevado no dez ali, ele vai no numerador. Então vai ser dez elevado a menos oito dividido... não é uma raiz quadrada?... por dois. Então fica dez elevado a menos oito dividido por dois. Aí menos oito dividido por dois, dá para resolver, não dá? Dá menos quatro.
- Então q é igual a raiz quadrada de nove vezes dez elevado a menos oito. Como é uma multiplicação, é o mesmo que raiz quadrada de nove vezes raiz quadrada de dez elevado a menos oito. Raiz quadrada de nove é três, e raiz quadrada de dez elevado a menos oito é dez elevado a menos oito dividido por dois, que é dez elevado a menos quatro. O resultado então é três vezes dez elevado a menos quatro. Entendeu, ou não? Então põe aí...
- LUANA [179] $Q = 3 \cdot 10^{-4}$
- PESQUISADOR [180] Como é carga né, então é c maiúsculo, Coulomb.
- LUANA [181] $Q = 3 \cdot 10^{-4} C$
- PESQUISADOR [182] Agora você vai pra próxima linha... como você finaliza o ambiente matemático? Você começou lá com “begin eqnarray” aí termina com...
- LUANA [183] end eqnarray
- PESQUISADOR [184] Isso! Só que é barra invertida... end, abre chaves eqnarray...

LUANA

[185] \end{eqnarray*}