**Universidade de São Paulo
Instituto de Física
Instituto de Química
Instituto de Biociências
Faculdade de Educação**

Contribuições para a teoria e a prática do ensino de física na perspectiva do gênero-atividade

José Luís Nami Adum Ortega

Orientador: Prof. Dr. Cristiano Rodrigues de Mattos

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, da Universidade de São Paulo, para a obtenção do título de doutor em Ciências – Ensino de Física.

**São Paulo
2019**

FICHA CATALOGRÁFICA
Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Ortega, José Luís Nami Adum

Contribuições para a teoria e a prática do ensino de física na perspectiva do gênero-atividade. São Paulo, 2019.

Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências.

Orientador: Prof. Dr. Cristiano Rodrigues de Mattos
Área de Concentração: Ensino de Física

Unitermos: 1. Física – Estudo e ensino; 2. Ensino de física; 3. Gêneros discursivos; 4. Teoria da atividade; 5. Ontologia.

USP/IF/SBI-048/2019

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	5
RESUMO	7
ABSTRACT	8
APRESENTAÇÃO.....	9
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	11
1.1 AULAS DE CROCHÊ PARA PROFESSORES DE CIÊNCIAS?	12
1.2 E SE A FÍSICA FOSSE RETIRADA DOS VESTIBULARES?	16
1.3 QUAL A RECEITA PARA UNIR FÍSICA, CULINÁRIA E CIDADANIA?	21
1.4 ESTRUTURA DOS CAPÍTULOS.....	26
CAPÍTULO 2 – HISTÓRICO DA PESQUISA.....	31
2.1 BREVE HISTÓRICO DA PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS	34
2.2 CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS E MUDANÇA CONCEITUAL	35
2.3 MODELO DE PERFIL CONCEITUAL E SURGIMENTO DO GRUPO ECCO	36
2.4 DIMENSÃO HISTÓRICA NA PRODUÇÃO DE MATERIAIS DIDÁTICOS.	42
2.5 MODELO DE PERFIL CONCEITUAL E SUA TRANSIÇÃO PARA MODELO DE PERFIL CONCEITUAL COMPLEXO	46
2.6 PERSPECTIVA DA TASCH: HISTORICIDADE, CONTRADIÇÃO E PRÁXIS.	51
2.7 PESQUISA E DOCÊNCIA NO PLANEJAMENTO DE AULAS EXPERIMENTAIS.	54
2.8 DINÂMICA DAS ATIVIDADES E PRODUÇÃO DE SENTIDO.....	59
2.9 CONCEITOS, LINGUAGEM E ATIVIDADE.	63
2.10 A UNIDADE CONCEITO-ATIVIDADE.	64
2.11 CONCEITOS, ENUNCIACÃO E GÊNEROS.	68
2.12 GÊNEROS DE ENSINO DE FÍSICA.....	70
2.13 A NOVA UNIDADE DE ANÁLISE: O GÊNERO-ATIVIDADE.	78
CAPÍTULO 3 – QUESTÕES TEÓRICO-METODOLÓGICAS	82
3.1 GÊNERO COMO COISA OU GÊNERO COMO RELAÇÃO	83
3.2 ASPECTOS METODOLÓGICOS DO MODELO DE GÊNERO	85
3.3 A UNIDADE COMPLEXA DA VOZ, GÊNERO E ATIVIDADE	87
3.4 HIERARQUIAS DA VOZ	91
3.5 IMPLICAÇÕES NA PESQUISA EM ENSINO.....	94
3.6 UM POUCO MAIS SOBRE ONTOLOGIA, FORMAS DE SER E ATIVIDADE.....	97
CAPÍTULO 4 – O MODELO GÊNERO-ATIVIDADE NA ESCOLA, TEORIA E PRÁTICA	106
4.1 PEDAGOGIA ORIENTADA A TESTES.....	106
4.2 PEDAGOGIA DAS FORMAS DE SER.....	111
4.3 ATIVIDADE ESCOLAR PRODUTORA E REPRODUTORA DA CULTURA HUMANA.....	117
4.4 FORMAS DE ALIENAÇÃO NA ATIVIDADE	118
4.5 O MÉTODO DE ASCENSÃO DO ABSTRATO AO CONCRETO	120
4.6 O ENCAPSULAMENTO/ENVELOPAMENTO ESCOLAR	124
4.7 O MODELO GÊNERO-ATIVIDADE NA ESCOLA	126
4.8 SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	127
4.9 PROPOSTA DE ATIVIDADE EXPERIMENTAL INVESTIGATIVA	128
4.10 INSTRUMENTOS DE MEDIDA E SEU USO NO EXPERIMENTO.....	131
4.11 ALGUNS RESULTADOS PRELIMINARES	140
5. CONCLUSÃO.....	144
GLOSSÁRIO	148
REFERÊNCIAS	150
ANEXO 1 - INVESTIGAÇÃO INICIAL DA ATIVIDADE DA CAIXA PRETA: OBSERVAÇÃO E INVESTIGAÇÃO DO MECANISMO, ELABORAÇÃO HIPÓTESES.	157
ANEXO 2 - PRODUÇÃO DOS ALUNOS (CAIXA PRETA): PROTÓTIPOS DA ATIVIDADE DA CAIXA PRETA.....	160

ANEXO 3 - ATIVIDADE DO INCLINÔMETRO (FOTOS NA LADEIRA).	165
ANEXO 4 - ATIVIDADE DO INCLINÔMETRO (PRÉ-RELATÓRIOS).	169
ANEXO 5 - ATIVIDADE DO INCLINÔMETRO (RELATÓRIOS FINAIS):	170
ANEXO 6 - ATIVIDADE DO INCLINÔMETRO (AVALIAÇÕES ESCRITAS):	172

Agradecimentos

Ao Tito e à Henri que fizeram aflorar em mim tantas novas formas de ser e de amar.

À Cecília, “valeu ponto” hein, vovó adorada! Que alegria poder usufruir este momento da vida com você o Tito e a Henri, agora, quero vê-la concluir seu doutorado em Lisboa.

À Mary e à Lila, manas amadas, agora tias, não vejo a hora de irmos com o Tito para mil aventuras.

Ao Cristiano, amigo querido e afetuoso, fonte inesgotável de amparo, sinto uma admiração incontida por você.

Fernanda, Fefucha, amiga fiel, parceira de trabalho e um “cinturão protetivo”, grato por todas as contribuições e formas de amparo, é uma honra tê-la ao meu lado.

Ao Léo Lago, uma onda criativa que nos contaminou e nos fez expressar nossa autoria. Por favor, não pare!

Ao Grupo ECCO, pela experiência dialógica e de diversidade riquíssima: Fernanda, Luciani, Leonardo, Francisco, André, Juliano, Tamara, Jucivagno, Walter, Débora, Gabriela, Lucas, Maurício, Felipe (os três), Mônica, Danilo sou fã de vocês.

Ao Grupo Argonautas Libertários, Élvio e Cecília: “Avante idealistas”! O que dizer da alegria em meu coração por reconquistarmos nossa amizade nestes mares tormentosos. É uma delícia debater filosofia e política com vocês, saboreando chimarrão e doces árabes.

Ao amigo Ricardo Pereira, que nas conversas física e ensino, deu a ideia inicial para o experimento da ladeira.

Ao colégio Bandeirantes, que nos permite atuar em tantos planos desafiadores. Grato ao coordenador Alexandre e à equipe: Fernanda, Mariz, Renato, Felipe, Zen, Rabelo, Alberto, João. Ao professor Almeida, que nos abriu a possibilidade de atuar em diversos campos educacionais e nos estimula a alçar voo. E também aos professores Régis, Franco, Salgado pela generosidade em compartilhar tantas boas ideias.

Ao colégio Emillie de Villeneuve e sua equipe entusiasmada: Irmã Solange, irmã Marly, Marizilda, Fábio, Waldimir, Tânia, Eduardo, Rubens, João Paulo, Catalano, Tânia. Debater, com vocês, política, religião, ciência, sexualidade, arte etc. foi experiência interdisciplinar incrível.

À escola da Vila e aos professores Divino, Ana, Lua, Soraia, Alex, por compartilhar experiências de sala de aula e apreciações de mundo com muito bom humor.

Ao Grupo GEM e à Cia Caixa Mágica: W. Messa, amigo fiel, grato pelo apoio e parcerias neste mundo mágico e por me ensinar a transformar a mágica numa atividade concreta em minha vida.

À Universidade de São Paulo e ao Programa interunidades, aos funcionários pelo apoio.

RESUMO

Contribuições para a teoria e a prática do ensino de física na perspectiva do gênero-atividade

Neste trabalho, por meio de uma perspectiva integradora de pesquisa e docência, buscamos encontrar contradições, conflitos de interesses e sentidos das práticas educacionais, em espaços e tempos conhecidos, a fim de construir uma visão dinâmica de totalidades das diversas relações humanas nas quais nos inserimos. Para tanto, nós nos apoiamos em reflexões e contribuições dadas à área de pesquisa em ensino de ciências pelo Grupo de Pesquisa em Educação em Ciências e Complexidade (ECCo), cujas investigações versam sobre atividade, perfil conceitual complexo, gêneros, linguagem, entre outros, fundamentais para o estudo e reconhecimento do envelopamento ou encapsulação escolar como uma das questões latentes e atuais da educação, em particular do ensino de ciências. É na esteira dessas contribuições que, num esforço de unificar referenciais da Teoria da Atividade e dos Gêneros do discurso, propomos a estruturação da unidade de análise gênero-atividade, a fim de permitir a compreensão de totalidades cada vez mais complexas presentes nas relações do conhecimento escolar e cotidiano. Entendemos que a análise dos gêneros discursivos no marco da atividade, ou seja, dos cenários econômicos, sociais e culturais em que se inscrevem as práticas educativas, permite a superação das formas aparentes e imediatas das atividades escolares, possibilitando-nos a compreensão das dinâmicas internas que sustentam seus objetivos, influenciando os modos de ser no mundo e com o mundo de seus estudantes. À guisa de exemplo, apresentamos uma sequência didática experimental, numa proposta de investigação científico-cultural realizada com turmas de primeiro ano do ensino médio, na qual pudemos observar o estabelecimento de mediações entre os contextos escolar e cotidiano, a partir da mobilização de diversos conhecimentos e habilidades dos estudantes, além da verificação de perturbação na rede de atividades e espaços da escola.

Palavras-chave: Ensino de física; Gêneros do discurso; Teoria da atividade; Cronotopo; Ontologia

ABSTRACT

Contributions to the theory and practice of teaching physics from the perspective of genre-activity

In this work, through an integrative perspective of research and teaching, we seek to find contradictions, conflicts of interests and meanings of educational practices, in known spaces and times, to build a dynamic vision of totalities of the various human relationships in which we are inserted. Therefore, we rely on the reflections and contributions given to the area of research in science education by the Research Group on Science Education and Complexity (ECCo). ECCo investigates activity, complex conceptual profile, genres, language, among others science education themes that are fundamental for the study and recognition of school encapsulation as one of the latent and current issues of education, particularly science education. Supported by these contributions, we made an effort to unify references from Activity Theory and discourse genres, proposing the structuring of the genre-activity unit of analysis, to allow the understanding of increasingly complex totalities present in school and daily life knowledge relations. We understand that the analysis of discursive genres within the framework of the activity, considering the economic, social and cultural scenarios in which educational practices are inserted, allows overcome apparent and immediate forms of school activities and to understand their internal dynamics, that support their goals, influencing the ways of being in and with the world of students. As an example of our practice, we present an experimental didactic sequence, in a proposal of scientific-cultural research carried out with first-year high school classes. In this didactic sequence, we could observe the establishment of mediations between the school and daily contexts, emerged from the mobilization of diverse student's knowledge and skills, and we observed as well as the perturbation in the school's network of activities and spaces.

Keywords: Physics teaching; Speech genres; Activity theory; Chronotope; Ontology

APRESENTAÇÃO

Não há docência sem discência. (FREIRE, 2000, p.23)

Não há ensino sem pesquisa e pesquisa sem ensino. (FREIRE, 2000, p.31)

Com essa síntese, reveladora dos sentidos que atribuímos à educação, Paulo Freire abre o primeiro capítulo de sua obra *Pedagogia da Autonomia*, para fundamentar a relação teoria e prática numa perspectiva “educadora-crítica” e “progressista”. Para ele, educadores devem viver uma contínua reflexão sobre sua prática, sem a qual a teoria se torna fraseologia vazia, “*blá, blá, blá!*” e a prática, ação irrefletida, repetidora ou mero ativismo.

Por isso, docência e discência, ou melhor, “docência-discência” não devem ser entendidas como polos opostos, mas como uma unidade dialética que, quando reconhecida, transparece à beleza de nossa condição de “estar no mundo e com o mundo” (FREIRE, 2000, p.31), de reconhecer-nos como seres históricos, em diálogo, atuantes e transformadores do mundo, como um problema aberto para todos nós. É muito bom seguir aprendendo com os alunos que, hoje, se vão tornando amigos com quem podemos apreciar e reapreciar o mundo.

Outra unidade vital é aquela que se estabelece entre a docência e a pesquisa, que se estabelece entre o professor e seus pares, na escola e na academia, que torna nossa prática mais efetiva, rica e complexa.

É fundamental expressarmos, desde já, a gratidão ao grupo que estruturou e possibilitou sustentarmos esta conexão por quase duas décadas: Grupo ECCO, de Pesquisa em Educação em Ciências e Complexidade, organizado pelo orientador e amigo, Cristiano.

Há quinze anos, desde que começamos a participar do ECCO, assumimos radicalmente a “do-discência” e a pesquisa, levando, continuamente, a academia e os pesquisadores para dentro do espaço escolar e as práticas escolares para dentro da academia, compartilhando os produtos de nossa pesquisa com nossos pares, num contínuo processo de formação crítica. Lá, em meio a acalorados debates sobre nossos referenciais teóricos, desenvolvemos o hábito de expor nossas aulas uns para os outros, produzir material didático, planejar e implementar pesquisas (filmar e gravar aulas, coletar dados,

entrevistar), publicar nossos resultados, participar de congressos pelo mundo, produzir nossos próprios congressos internos e inúmeras outras aventuras.

Graças a esse processo, encontramos força e amparo para resistir às inúmeras situações de “deprofissionalização” que afetam de forma devastadora nossa realidade escolar (FIEDLER-FERRARA; MATTOS, 2002) e acabam por desesperançar e emudecer os professores, levando-os a desistir da pesquisa e muitas vezes da profissão.

Os que passaram por esse grupo, hoje, representam uma parcela considerável da produção em ensino de ciências no Brasil, no que tange não só ao emprego sistemático dos referenciais da teoria da atividade em sua pesquisa, mas também à do-discência.

Como professor-pesquisador, assumir o conceito de atividade como unidade de análise, em nossa prática escolar e pesquisa, significa atuar em diversos planos da complexa atividade educacional, sempre procurando revelar o que sustenta a relação sujeito-objeto, ou seja, o sentido dessa prática em cada espaço de ação. Isso quer dizer, explicitar como cada grupamento humano está organizado, como reproduz essa organização no tempo, quais enunciados e visões de realidade elabora em decorrência dessa forma dinâmica, consciente e finita, portanto histórica, de organização e trabalho. Finalmente, significa tornar explícito como nossa prática se relaciona com outras formas de organização estabelecidas por outros grupos na totalidade social, formando uma visão rigorosa e de conjunto que possibilite superar as contradições de nossa prática.

Dos frutos dessa contínua experiência de formação como professor pesquisador, apresentaremos uma síntese teórica que amplia nossa unidade de análise, à qual daremos o nome de Gênero-Atividade, bem como os produtos oriundos dessa reflexão em nossa prática que nomeamos como atividade de investigação científico-cultural.

Capítulo 1 - Introdução

Qualquer ato humano, seja prático ou teórico, acontece dentro dos limites da dicotomia sujeito-objeto. Entretanto, se quisermos explicar o ato apenas na imanência dos termos que compõem a dicotomia, ele se torna completamente absurdo, e isso porque há um sentido anterior e abrangente que empresta sentido ao ato humano particular. (BORNHEIM, 1983, p.223)

Quando se pensa o encadeamento complexo de atividades que sustentam o ato educacional, desde a relação professor-aluno, até as relações do governo com as escolas e famílias, faz-se urgente evidenciar problema do sentido, ou seja, do sentido de cada ato educacional como um problema ontológico que não se resolve isoladamente no objeto ou no sujeito, mas na totalidade de uma práxis historicamente determinada - “Não há sentido sem práxis, isso é, sem realidade humana” (GERD, 2001, p. 173). Em última análise, ao assumir o sentido como um problema ontológico, buscamos explicitar as relações sociais e atividades que estão estabelecidas onde o ato educacional acontece, que conflitos expressam os grupos que participam dessa atividade, que tipo de sociedade estamos reproduzindo e que formas de ser afloram e se desenvolvem por meio de nossa prática nessas atividades educacionais. Tal problema tem facetas profundas que enfrentaremos mais adiante, com todo o rigor que pudermos, especificamente no que se refere ao sentido do ensino de ciências no Brasil. Para esboçar alguns aspectos do problema, apresentaremos uma breve retrospectiva de nosso histórico como docente.

Em todas as escolas e espaços educacionais em que o autor deste trabalho atuou, o problema do sentido aflorava nas práticas de sala de aula, nas relações pedagógicas entre a instituição escolar e os professores, no posicionamento das escolas diante das deliberações do Ministério da Educação etc. Sempre que tentávamos resolver o problema do sentido na dimensão apenas do objeto, ficávamos perdidos e acuados diante de sua infinitude. Quando o fazíamos como indivíduos isolados, tendíamos ao solipsismo e ao desamparo. No entanto, quando atacávamos o problema como grupo, vislumbrávamos sua dimensão política, ou seja, sua capacidade de alterar as relações existentes e fundar novas práticas educacionais.

Para ilustrar e introduzir essa questão, central para este trabalho, de maneira gradativa e informal, apresentaremos três curtas narrativas autobiográficas que resgatam

um pouco da história e das vivências que produziram os questionamentos deste trabalho ao longo de dez anos, são elas:

1. Aulas de crochê para professores de ciências?
2. E se a física fosse retirada dos vestibulares?
3. Qual a receita para unir física, culinária e cidadania?

1.1 Aulas de crochê para professores de ciências?

Em 2009, trabalhávamos numa escola particular da zona oeste de São Paulo, conhecida por suas práticas construtivistas e pelo empenho na formação de professores. Nela, tivemos abertura para desenvolver propostas interdisciplinares e contextualizadas para o ensino de Física, nos primeiros anos do ensino médio. Podemos citar, por exemplo, nossos cursos de astronomia com história da ciência, de óptica com história da arte (figura 1) ou nosso curso de energia com uma abordagem CTS. Por exemplo, no curso de óptica com história da arte, os alunos construíam dispositivos ópticos nas aulas de laboratório, como a câmara escura e estudavam suas aplicações pelos artistas do renascimento e do Barroco, para, em seguida, estudar os modelos de formação de imagem pela óptica geométrica e, finalmente, produzirem, com seus próprios dispositivos, imagens artísticas.

Figura 01 - Currículo de óptica com abordagem experimental, mesclando história da ciência e história da arte. Alunos manipularam e construíram dispositivos ópticos como câmara escura (fotos a, b e c), para o estudo da formação de imagens e dos modelos geométricos de raio de luz. Reproduziram situações como desenhar uma imagem por meio de sua projeção com câmera escura ou reproduzir gestualmente imagens icônicas da arte, como o autorretrato de Escher¹ (foto d, na qual aparecem dispositivos ópticos estudados).

Essa escola abriu espaço aos pesquisadores da academia para que desenvolvessem e registrassem a aplicação dessas sequências didáticas. Pela primeira vez, entrávamos como equipe em sala de aula, para aplicar e registrar uma sequência didática por nós desenvolvida. A sequência abordava uma atividade experimental e a modelagem

¹ <https://mcescher.com/lw-268/>

matemática do período de um pêndulo. Como resultado desse trabalho, publicamos um artigo na revista *Science Education International*, que tratou da abordagem sócio-histórico-cultural, aplicada ao planejamento de aulas e à dinâmica de suas contradições durante a realização das aulas (RODRIGUES, ORTEGA, TAVARES, MATTOS, 2010). Mostramos como um professor que repete uma aula planejada vai recriando-a em função das interações que estabelece em cada sala durante sua realização sucessiva.

Nessa escola, preocupada em estimular seus profissionais a pensarem sua prática, os professores participavam anualmente de um simpósio interno, no qual apresentavam ensaios sobre as atividades desenvolvidas em sala de aula e assistiam a palestras com profissionais da área. Os temas mais recorrentes naquele período eram a experimentação, contextualização, aprendizagem significativa e o uso de dispositivos móveis em sala de aula.

Em 2011, fomos convidados pela diretora para assistir a uma videoaula inusitada. Nela, por 20 minutos, uma tecelã profissional deu instruções técnicas detalhadas para operar um tear manual e obter certas padronagens geométricas, cada qual com sua nomenclatura específica, nos tecidos produzidos.

Entre os professores, houve toda sorte de reações de estranhamento. A diretora havia conseguido atingir seu objetivo: fazer com que nos sentíssemos como os alunos em nossas aulas, com o mesmo desconforto, desinteresse, não comprometimento, tédio, estupefação ou desatenção. Ficamos incomodados e nos sentimos ridículos por manifestar aqueles mesmos comportamentos que criticávamos. Isso nos despertou o desejo de solucionar aquela contradição que desmerecia o valor de qualquer forma de conhecimento.

Então, houve aqueles que argumentaram em favor de selecionar apenas temas (conteúdos temáticos²) que fossem do interesse dos alunos, isso facilitaria o processo de aceitação e valorização dos conteúdos por eles. Num segundo grupo, estavam aqueles que argumentaram a favor de que qualquer conteúdo tem valor por si, e o interesse dos alunos seria determinado pela forma contextualizada e significativa como esses conteúdos fossem apresentados (sua estrutura composicional e estilo de apresentação). Um terceiro grupo

² Estamos utilizando as categorias bakhtinianas de **conteúdo temático** que reflete assuntos da vida e da atividade social, os conteúdos e conceitos dominantes, bem como os fundamentos teóricos principais; de **estrutura composicional** que expressa a hierarquia dos temas, estrutura sequencial dos conteúdos, organização e sistematização dos conteúdos; e de **estilo** que expressa a forma de apresentação, recursos fraseológicos e lexicais, ênfases e o tom (BAKHTIN, 2006). Essas três categorias formam uma unidade de análise, que Bakhtin chama de Gêneros do discurso. O encontro dessas categorias com perspectiva da teoria atividade é tema central deste trabalho, que se esclarecerá ao longo dos capítulos.

argumentou que não se tratava de gerar interesse ou não, mas aceitar que esse é um conteúdo curricular estabelecido por uma prática e uma tradição (gêneros³), elaboradas, ao longo de décadas, por profissionais da educação capacitados para isso. Para eles, os alunos desconheciam o valor desses conteúdos e estavam “mal-acostumados”. A solução seria dar a eles tempo necessário para que se adaptassem e entendessem isso, consequentemente ganhando progressivo interesse por tais temas.

No segundo grupo, estavam os professores de física que se esforçaram por mostrar como qualquer tema poderia ser valorizado, se devidamente contextualizado. A tecelagem, por exemplo, estava profundamente relacionada com a física e podia revelar conexões muito interessantes. Apresentaram inclusive duas propostas para contextualizar o tema de forma interdisciplinar:

- I. Em 1801, na França, Joseph Marie Jacquard criou um tear mecânico que gerava as mais variadas estampas nos tecidos por meio da leitura de cartões perfurados que selecionavam a passagem dos fios por lógica binária. A ideia motivou o inglês Charles Babbage a idealizar uma máquina de calcular controlada por cartões. Os princípios ali contidos, mais tarde, permitiram ao matemático inglês Alain Turing decifrar as mensagens codificadas dos nazistas na Segunda Guerra Mundial. Nascia o primeiro computador, avô dos computadores modernos, que têm tanta relevância para nossas atividades atuais.

³ Estamos fazendo referência a enunciados concretos, únicos estabilizados em seu uso pelos integrantes de certo de campo de atividade humana. Os recursos lexicais, fraseológicos e gramaticais característicos, os temas que mobilizam e a estrutura como são apresentados refletem as finalidades desses grupos e as condições concretas da reprodução de suas atividades (BAKHTIN, 2006).

Figura 02 - Tear de Jacquard de 1801. O sistema permitia que os padrões dos tecidos fossem definidos pela maneira como os fios eram levantados ou abaixados e isso era definido por cartões perfurados. Pode ser considerada a primeira máquina mecânica programável da história, pois os cartões forneciam os comandos necessários para a tecelagem de padrões complicados em tecidos e o conjunto de cartões poderia ser trocado sem alterar a estrutura da máquina têxtil. (<http://cultura.ufpa.br/dicas/net1/int-h180.htm#babbage>).

- II. A segunda história revelava, também, princípios matemáticos da tecelagem e dizia respeito a um aspecto biográfico de uma figura excêntrica da física quântica, Paul Dirac, narrada por Gamow (1980) em seu livro *A biografia da física*. Nele, conta-se como Dirac adorava solucionar, mentalmente, charadas e jogos matemáticos. Certa vez, observando trabalhos de bordadeiras, reconheceu um padrão matemático no movimento das agulhas e, mentalmente, conseguiu expressá-lo por meio de um algoritmo computacional. Propôs, ainda, as variantes daquele padrão de movimento e visualizou os desenhos geométricos que produziam. Ao comentar com elas, ficou impressionado como descreveram não só o movimento visto por ele, mas também as variantes que tinha imaginado, dando-lhe os nomes das técnicas correspondentes. Dirac ficou um pouco decepcionado ao saber que não inventara nada novo e que se tratava de antigas técnicas com mais de um século de existência. Criar formas geométricas complexas, por meio de princípios matemáticos simples, poderia ser um caminho bem interessante para superar o caráter abstrato da matemática tratada apenas como linguagem e da modelagem matemática de fenômenos desenvolvida pela física.

Essas duas histórias pareceram ao grupo, naquele momento, exemplos bastante promissores para a elaboração de atividades interdisciplinares que envolvessem e motivassem os alunos, com temas pertinentes que integrassem disciplinas de artes, matemática, história e ciências. Tínhamos até um título: dos teares da revolução industrial aos computadores modernos.

Logo, impuseram-se os questionamentos de ordem prática: quantas aulas seriam necessárias? Seriam ministradas pelas disciplinas curriculares ou por disciplina extracurricular? Tais temas (computadores e tecelagem) seriam pertinentes para os alunos enfrentarem os exames vestibulares?

Não levamos adiante tal projeto, mas uma questão ficou no ar. Para que um tema ou conteúdo ganhe legitimidade e passe a integrar o currículo escolar, qual é o caminho? A resposta parece não estar somente no valor conteúdo em si, ou no objeto. Também não está apenas na subjetividade do aluno ou em seu espectro de interesses. Tal resposta se faz possível a partir da explicitação do sentido da relação educacional e sua articulação com outras esferas da vida social. Esta é uma questão de natureza ontológica que desenvolveremos ao longo deste texto. Vamos ao segundo questionamento.

1.2 E se a física fosse retirada dos vestibulares?

Em 2012, o autor deste trabalho foi contratado por uma escola tradicional, particular, religiosa, da zona sul de São Paulo. Por causa dos valores religiosos que essa escola preconiza, seu currículo tem uma forte marca humanística que se reflete nos inúmeros espaços dialógicos criados para a negociação de valores éticos e dos sentidos da prática educacional, tais como as atividades de dupla e tripla docência, em que pudemos discutir as crenças religiosas dos cientistas, com os professores de religião, filosofia e física.

Lá, tivemos a oportunidade de não apenas trazer pesquisadores da academia para registrar e investigar a prática educativa, mas também participar da própria construção do currículo das aulas de física e ciências. Dessa vivência criativa e complexa, resultaram ricas propostas e materiais para o ensino de astronomia e física, que analisaremos nos próximos capítulos.

No processo de contratação, tivemos uma importante entrevista com as diretoras e coordenadoras da escola. Nela, uma pergunta chamou nossa atenção: como justificar o ensino de física nas escolas, se os vestibulares retirassem a física de seus currículos? Essa pergunta antecipava inúmeros debates que viemos a ter recentemente no Brasil, nos anos de 2015 a 2018, sobre a reforma curricular da BNCC⁴.

A pergunta estava em completa ressonância com os temas de nosso mestrado (ORTEGA, 2012), que seria defendido em junho de 2012. Ali, mapeamos, de maneira

⁴ BNCC (Base Nacional Comum Curricular) é um controverso documento de reformulação do currículo escolar brasileiro, concluído em 2019. Sua proposta de integração das tradicionais disciplinas científicas de física, química e biologia, numa única área de ciências da Natureza e suas tecnologias, produziu um intenso debate sobre a defesa dos conteúdos disciplinares e uma espécie de crise de identidade nos professores dessas disciplinas. Para saber mais sobre o assunto, consultar: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf

preliminar, algumas formas enunciativas típicas que circulam nos espaços de ensino-aprendizagem de ciências (MENDES, 2010), ou seja, os gêneros enunciativos (BAKHTIN, 2006) do ensino de física: os enunciados dos vestibulares, das escolas técnicas, das escolas tradicionais, dos museus de ciência, das universidades etc., possuem peculiaridades bem distintas.

Nosso objetivo, então, era utilizar a modelagem complexa dos gêneros enunciativos para caracterizar uma hierarquia de ruídos e fontes de incompreensão no discurso escolar que nomeamos *discurso lacunar*. Essa pesquisa teve consequências mais profundas no que se refere à necessidade de fazer convergir as teorias de Vigotski e Bakhtin. Afinal, a perspectiva de análise dos gêneros implica o problema do enquadramento (MEDVIÉDEV, 2012): cada gênero possui seus próprios repertórios lexicais, recursos conceituais, “meios de visão e compreensão da realidade”, que caracterizam certa forma de ser, numa atividade social determinada. Assim, para justificar a validade deste ou daquele gênero de ensino de física, bem como os recortes de realidade que queremos mobilizar, precisamos ter claro qual a finalidade ou motivos das atividades estruturam tais gêneros. Explicitar quais são os agentes dessas formas de discurso, quais as forças sociais contraditórias que representam e quais os acordos estabelecidos em torno do sentido (ZAVALA, 1996) é central para nossa reflexão.

Dessa forma, em resposta à pergunta posta na entrevista, afirmamos: se o que chamamos de ensino de física se restringir aos gêneros mobilizados nos vestibulares e cursinhos (aos formulários, às questões de múltipla escolha, aos recursos mnemônicos, às listas e simulados com problemas exemplares etc.), não haverá meios de defender sua permanência. Aliás, como apontamos no artigo *A hipertrofia de um gênero no ensino de física: aspectos da sintaxe e da semântica na produção de conceitos científicos* (ORTEGA; MATTOS, 2018), essa excessiva circulação de um único gênero de enunciados, nos espaços escolares, acaba por reproduzir certos comportamentos de memorização, repetição vazia, adestramento excessivo, esvaziamento semântico e até perda de sentido, na medida em que se perde a relação com as atividades humanas que sustentam os conceitos apreendidos.

A repetição, memorização e adestramento apresentam certa utilidade para o fim a que se destinam, a agilidade na resolução de problemas, mas também se tornam onerosos, em muitos aspectos, a estudantes e professores, quando os conceitos ficam restritos à

dinâmica do jogo escolar apenas, que Engeström (1991) denomina de “encapsulamento escolar”.

Por isso, essas práticas são tão criticadas por autores como Garcia, quando ataca o discurso científico excludente⁵ (GARCIA, 1998); por Freire, quando se refere à educação bancária⁶ (FREIRE, 2011); pela contemporânea crítica mundial à chamada “pedagogia orientada para testes” (*test-oriented pedagogy*). Essa crítica demonstra um aumento no engajamento dos estudantes, melhores desempenhos, com a redução progressiva da ênfase aos testes e sistemas de avaliação padronizados (SAHLBERG, 2012).

A matriz Vigotskiana perpassa por todos esses argumentos quando critica o ensino direto de conceitos:

Não menos que a investigação teórica, a experiência pedagógica nos ensina que o ensino direto de conceitos sempre se mostra impossível e pedagogicamente estéril. O professor que envereda por esse caminho costuma conseguir senão uma assimilação vazia de palavras, um verbalismo puro e simples que estimula e imita a existência dos respectivos conceitos na criança, mas, na prática, esconde o vazio. (VIGOTSKI, 2001, p.247)

Assim sendo, a pergunta pode ser aprofundada em suas bases ontológicas: em que campos da atividade humana a ciência enunciada na pedagogia orientada a testes tem sentido?

Esse questionamento ajudou-nos, naquele momento, a levar a pesquisa para a escola com o intuito de produzir um currículo de ciências que superasse muitas das limitações

⁵ “Efectivamente, en nuestra cultura el conocimiento que se trabaja en las aulas se identifica, sin más, con el contenido del libro de texto. La enseñanza se reduce a la transmisión de dichos contenidos, sin que se tengan en cuenta las ideas de los alumnos y de las alumnas (son irrelevantes, su mente es una página en blanco) o sólo se consideren como "errores" que hay que eliminar y sustituir por el conocimiento científico "verdadero". Enseñar es imponer un conjunto de verdades absolutas y cerradas, aprender es ‘hincar codos’, realizar un esfuerzo de "memorización", repetir muchas veces una misma información, escuchar atentamente al que sabe. De esta forma nuestros alumnos se convencer pronto de dos hechos: no hay diversidad de interpretaciones del mundo, solo hay una verdad que aprender (la del profesor y/o libro de texto), y para aprenderla basta con copiar-repetir lo que se les indica.” (GARCIA, 1998, p.09)

⁶ “Há uma quase enfermidade na narração. A tônica da educação é sempre narrar. Falar da realidade como algo parado, estático, compartimentado e bem-comportado, quando não falar ou dissertar sobre algo completamente alheio à experiência existencial dos educandos, vem sendo, realmente a suprema inquietação desta educação. (...) A narração, de que o educador é o sujeito, conduz os educandos à memorização mecânica do conteúdo narrado. Mais ainda, a narração os transforma em ‘vasilhas’, em recipientes a serem ‘enchidos’ pelo educador. (...) Eis aí a concepção bancária da educação, em que a única margem de ação dos educandos é a de receberem os depósitos, guardá-los e arquivá-los” (FREIRE, 2011, p.80).

dessa forma única e monológica de enunciados, por meio de atividades que nomeamos investigação científico-cultural (LAGO; ORTEGA; MATTOS, 2019b). Começamos uma radical experiência de autoria (domínio de gêneros⁷) cujos resultados repercutiram não só no desempenho dos alunos, mas na própria dinâmica da vida escolar, na qual pudemos observar a criação de interações entre as disciplinas científicas e humanísticas, o aumento da participação dos estudantes em concursos e olimpíadas científicas, a interferência do processo de aprendizagem científica nos espaços fora da escola: na família dos estudantes, nas redes sociais, entre outros acontecimentos que abordaremos adiante.

A figura 3 apresenta alguns exemplos desse processo: alunos desenvolvendo seus próprios modelos experimentais para a investigação de fenômenos da astronomia, aulas de laboratório com a presença do professor e do pesquisador, ambos em atividade de registro e coleta de dados, bem como na prática da docência; o laboratório levado a diversos espaços da escola (sala de aula, pátio, rua, casa do aluno etc.), o diálogo entre a física e as artes, registrado num mural coletivo e a participação nas olimpíadas de astronomia.

Figura 03 - Na primeira foto (a), a aluna, inspirada pela aula, criou um dispositivo de sua autoria para simular as fases da lua, sem ter sido uma obrigação escolar. Na segunda foto (b), o professor registra explicação do outro professor em atividade experimental. Alunos fazem uma imersão na astronomia e na astronáutica: construíram modelos do sistema solar, lançaram foguetes na mostra de foguetes (c), MOBOFOG. Produziram um mural temático sobre o telescópio Hubble (d), na oficina de artes que tratou da técnica do grafite e participaram das provas da OBA (Olimpíada Brasileira de Astronomia) na última foto (e).

Para nós, os professores que assumimos a do-discência-pesquisa, os resultados foram mais do que satisfatórios; tornamo-nos férteis e criativos, elaboramos ricos materiais e sequências didáticas inovadoras, registrados em três artigos sobre essa experiência e

⁷ Imbuídos da ideia de convergência entre atividade e gêneros enunciativos, buscamos abordar uma diversidade de práticas e visões de mundo que se relacionavam ao fenômeno estudado, permitindo, assim, que professores e alunos pudessem inscrever suas histórias pessoais no desenvolvimento do curso. Cada gênero apropriado e dominado abria-nos novas possibilidades de ensino-aprendizagem: “Quanto melhor dominamos os gêneros, tanto mais livremente os empregamos, tanto mais plena e nitidamente descobrimos neles nossa individualidade (onde isso é possível e necessário), refletimos de modo mais flexível e sutil a situação singular da comunicação; em suma, realizamos, de modo mais acabado, nosso livre projeto de discurso.” (BAKHTIN, 2006, p.285).

publicados recentemente: o primeiro, *Lua na mão: mediação e conceitos complexos no Ensino de Astronomia* (LAGO; ORTEGA; MATTOS, 2018), explora a transformação e evolução de uma ferramenta didática criada para que os estudantes pudessem registrar suas observações da lua, que consistia numa atividade de abertura de uma sequência investigativa de astronomia. Como sugere o título, o termo Lua na mão refere-se não só ao fato de os estudantes utilizarem seus celulares e dispositivos móveis no ato de observação de um fenômeno, mas também à emergência de uma diversidade de formas de mediação e apropriação dos conceitos astronômicos mobilizados, que afetaram não só as práticas escolares, mas também nossa pesquisa e as famílias dos estudantes. Mais adiante abordaremos aspectos desse trabalho para ilustrar o que queremos dizer com duas de suas categorias fundamentais: mediação e sentido, fundamentais para a superação do encapsulamento escolar, por meio da investigação que propomos.

No segundo artigo publicado, *A investigação científica-cultural como forma de superar o encapsulamento escolar: uma intervenção com base na teoria da atividade para o caso do ensino das fases da Lua* (LAGO; ORTEGA; MATTOS, 2019b), descrevemos e analisamos a aplicação da sequência investigativa completa sobre as fases da Lua a que nos referimos acima. Agora, exploramos o planejamento de um contexto de aprendizagem, desenvolvido em dez atividades, ao longo de dois meses, em que os estudantes tiveram a oportunidade de analisar as expressões de certo tema de astronomia, tanto na ciência, quanto em outras esferas da vida em que esse tema aparece e se manifesta por enunciados característicos: cultura popular, cotidiano, família, cultura escolar e outras disciplinas. Essa perspectiva de investigação científica-cultural mobilizou nos estudantes e professores novas formas de se relacionarem com o objeto de conhecimento e ampliar seus sentidos. Pelas interações que emergiram dentro e fora da escola, pudemos caracterizar o que chamamos de atividade perturbativa, uma atividade que afeta a atividade escolar como todo, interferindo na dinâmica do espaço e do tempo escolar: o *cronotopo* escolar⁸ (RAJALA et al.,

⁸ Os autores valem-se do conceito bakhtiniano de cronotopo (BAKHTIN, 1993) para elaborar uma crítica à educação repetidora, “escrevedora” e domesticadora, que nega a expressão individual e a autoria dos educandos. O cronotopo escolar, a configuração espaço temporal onde transcorre a atividade educadora, caracteriza-se predominantemente pelos alunos enfileirados, escutando a fala do professor, resolvendo os exercícios do livro didático e tomando notas da lousa. A expansão cronotópica proposta por eles, ao explorar outros espaços educacionais (o museu, a rua, a biblioteca, a quadra, as casas dos alunos etc.), mediados pela ação educativa, favorece o engajamento e a aprendizagem dos alunos.

2013), abrindo caminhos para o afloramento de aspectos multiculturais, emocionais, diálogo, pensamento crítico, como analisaremos nos capítulos finais deste trabalho.

No último artigo, completando uma trilogia sobre a sequência didática de astronomia lá desenvolvida: *O modelo genético e o movimento dinâmico entre abstrato e concreto como instrumentos para o planejamento de sequências didáticas para o ensino de ciências* (LAGO; ORTEGA; MATTOS, 2019a), buscamos fundamentar metodologicamente como a teoria da atividade, a partir do das categorias de generalização, modelo genético e conceito-atividade, pode proporcionar instrumentos para professores planejarem e organizarem o ensino científico.

Com essa produção, formamos uma visão de conjunto do ensino de ciências e uma perspectiva crítica para seleção e produção de conteúdo, estruturação de currículos, em múltiplos níveis hierárquicos da atividade educacional.

A aplicação desse modelo como ferramenta de planejamento de ensino, na elaboração de material didático e na pesquisa em ensino de ciências será exemplificada e analisada nos capítulos finais desta tese, nos quais pretendemos apresentar também o modelo de gênero-atividade para modelamento e intervenção nos fenômenos educacionais aqui analisados. Finalmente, chegamos ao terceiro questionamento.

1.3 Qual a receita para unir física, culinária e cidadania?

A intenção dessa pergunta é explorar dois aspectos que têm sido sistematicamente abordados nos debates atuais sobre ensino de ciências: diversidade e interdisciplinaridade. O encaminhamento dessa discussão pressupõe que se responda a três perguntas, visando à superação de algumas limitações ao processo educativo apontadas acima: Que ciência será ensinada? Para quem será ensinada? E como essa ciência se relaciona e se conecta aos outros saberes e formas de conhecimento? (GARCIA, 1998).

Desde sua origem, nosso grupo caracterizou-se por abrigar uma diversidade de visões de mundo e por uma vitalidade em discutir abertamente os pontos de vista conflitivos e ficamos conhecidos nos corredores do instituto de física pelo alarido que causávamos nas animadas reuniões de terça-feira. De fato, as reuniões constituíam um esforço contínuo para expressar os novos sentidos que produzíamos com o amadurecimento de nossos referenciais

teóricos e de nossa prática. Também, elas eram momento de atualizar, decodificar, produzir mediações, ter clareza ao expressar a complexidade dos referenciais, para nós e para os novos integrantes que chegavam. Mesmo com perdas profundas e afastamentos de pessoas que produziram marcos importantes nessa articulação teórica, conseguimos manter a coesão e a identidade do grupo por mais de uma década.

O ano de 2017 marcou um momento, em nossa trajetória como grupo, em que consolidamos uma atuação sistemática numa multiplicidade de espaços educacionais: escolas públicas e particulares, escolas técnicas, cursinhos, escolas inclusivas e especiais, na academia com a formação de professores e grupos de pesquisa, na produção e revisão de material didático, na elaboração de cursos de atualização para professores etc. Neles, passamos a elaborar e compartilhar uma produção teórica consistente para dar conta de totalidades cada vez mais complexas. Foi nesse momento que o Autor deste trabalho passou a atuar em outra escola cujo porte e cujas transformações pelas quais passava lhe exigiam uma atuação complexa numa diversidade de situações.

Trata-se uma tradicional instituição escolar da classe média alta paulistana, que sempre se posicionou como elite educacional e formadora de lideranças profissionais, com altos índices de aprovação nos grandes vestibulares brasileiros, vínculos com escolas e universidades internacionais, com projetos de inclusão e bolsas para alunos de baixa renda. Para responder às demandas educacionais de seu público, nacional e internacionalmente, e diante de uma mudança da estrutura curricular nacional, começou a viver uma transição na qual buscou novas abordagens pedagógicas, novos espaços e estratégias de ensino-aprendizagem, novos materiais e currículos. Nesse contexto, fomos contratados, em 2017, para compor uma equipe de quase 20 professores de ciências da Natureza.

Por sorte, duas professoras desse grupo, uma de física e outra de biologia, fazem parte de nosso grupo de pesquisa, o que amplificou a relação que vínhamos cultivando até agora, com a diferença de que, agora, temos um apoio institucional muito mais profundo. Assim, estamos participamos de mais uma radical experiência de autoria e criação, de interação entre as disciplinas, de docência e pesquisa, acarretando um crescimento profissional que se expressa em múltiplos níveis da atividade educacional.

Por sua vez, a escola investe em formação continuada, demandando seus professores que continuem sua vida acadêmica, dando apoio necessário para que participem de congressos e publiquem artigos. Convoca os professores a atuarem em diversos níveis

hierárquicos da atividade educacional, por exemplo: formamos um grupo de CN com o qual participamos dos encontros para elaboração dos documentos curriculares da BNCC, outro grupo de CN com o qual participamos de encontros com escolas particulares de São Paulo para deliberar sobre ênfases e currículo das CN, bem como sobre a relação das escolas com as diretrizes do BNCC e exames vestibulares. Essas vivências enriquecedoras de nossa prática refletem-se na sala de aula. Na figura 04, mostramos uma síntese de algumas dessas atividades.

Figura 04 - Alunos participam de aulas de física e educação física (a) para discutir a física do corpo humano em situações limite de esforço. Realizam experimentos de física quântica (b), enquanto conversam por vídeo conferência com professores-pesquisadores do CERN. Professores visitam o reator nuclear IPEN (c) para produção de material didático. Alunos conversam com profissionais de bioengenharia e engenharia biomédica (d). Alunos e professores realizam passos de balé numa aula de física, discutindo aspectos de equilíbrio e rotação com presença de uma professora de balé (e). Aulas de codocência para realização de atividades experimentais e de modelização em sala de aula (f).

O trabalho nesse colégio permite-nos vivenciar a possibilidade de discutir em equipes, intradisciplinares e interdisciplinares, como professores enunciadores, construtores do conhecimento, defrontando o conflito entre uma prática tradicional dominante, marcada pela hipertrofia de um gênero dominante, elaborando novas possibilidades enunciativas expressas em novos conteúdos temáticos (física das atividades esportivas, física moderna, arte e ciência, filosofia da ciência); nova estruturas composicionais (cinemática e dinâmica tratadas de forma integrada, gravitação e eletromagnetismo tratados em paralelo com ótica da modelização) e novos estilos (aulas digitais, simuladores, experimentos em sala de aula, diversos profissionais compartilhando sua prática com os alunos etc.).

É claro que todo esse processo, que se gesta dentro uma estrutura tradicional de ensino, enfrenta contradições com formas dominantes de concepção de ensino disseminadas entre professores e alunos, produzindo toda sorte de resistências: professores que não se sentem confortáveis em inversões na estrutura composicionais tradicionais ou em explorar temas de outras disciplinas; alunos que demandam uma prática em sala de aula num estilo mais tradicional, preferindo uma aula expositiva a uma aula experimental exploratória de um fenômeno, entre outros aspectos, que, ainda, serão compreendidos e

superados. Mas, de forma geral, tem-se revelado uma experiência extremamente rica e plural.

Diferentemente das escolas mencionadas anteriormente, que realizavam simpósios internos, ou traziam profissionais da área para palestrar aos professores, esta, na transformação institucional que está operando, passou a estimular seus professores a darem continuidade à vida acadêmica, se possível tratando de temas ali desenvolvidos, e a participarem de congressos em educação no Brasil e no exterior.

Um exemplo desse investimento institucional em seus quadros é a dissertação de mestrado da Professora Mariana Lorenzin sobre a implantação do STEM e STEAM⁹ na escola (LORENZIN, 2019), substituindo os tradicionais laboratórios de ciências naturais (química, física e biologia) pelas salas integradas de STEAM. Ali, analisou as contradições emergentes desse processo e a transformação na concepção dos professores sobre sua prática (LORENZIN; BIZERRA, 2016).

Motivados por esse processo, em 2018, tivemos a possibilidade de participar de diversos congressos de ensino de ciências. Os professores da equipe cobriam as aulas uns dos outros para que isso fosse possível. O autor deste trabalho participou do congresso internacional GIREP (*Groupe International de Recherche sur l'Enseignement de la Physique*), um congresso de ensino de física, de caráter mais voltado a práticas experimentais interdisciplinares, do qual participaram professores do mundo inteiro. Lá pudemos ter uma amostra de como os temas que discutimos até aqui têm sido tratado (conteúdos curriculares, interdisciplinaridade, intradisciplinaridade, pedagogia orientada a testes, motivação e engajamento do estudante etc.) em nível mundial. Nele fomos apresentar uma atividade investigativa (investigação científico-cultural: o ângulo da ladeira (MATOS, ORTEGA, RODRIGUES, LAGO, 2018), tratada no capítulo 4 deste trabalho.

Num breve panorama, o GIREP mostrou-nos que as questões discutidas até aqui e enfrentadas na atual escola são muito similares às de diversos pesquisadores no mundo: a formação desse novo profissional de ensino, o questionamento dos sentidos, o valor dado

⁹ Inspirado pelo movimento *Maker* (faça você mesmo, mão na massa) (SAMAGAIA; DELIZOICOV, 2015), as siglas STEM (*Science, Technology, Engineering e Mathematics*) e STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts e Mathematics*) propõem a organização do Ensino de Ciências baseada em projetos interdisciplinares que integram as Ciências, Tecnologias, Engenharias e Matemática. A sigla STEAM introduz a dimensão artístico-criativa nas dimensões investigativas do STEM numa perspectiva de integração científico-humanística.

ao experimentalismo, a clivagem entre áreas do conhecimento, os conteúdos científicos considerados obsoletos etc. Alguns debates que chamaram nossa atenção:

- A ênfase num ensino de ciência para a formação de um cidadão atuante no mundo.
- A crítica aos conteúdos tradicionais de física clássica, quase considerados obsoletos, por professores que propunham o ensino de física moderna, cada vez mais abrangente no ensino médio.
- O conflito entre as propostas STEM e STEAM, no qual os defensores do STEM já acreditavam dar conta das habilidades criativas que o STEAM propunha desenvolver, na formação de um aluno engajado.
- O desconforto de professores em lidar com questões interdisciplinares dado o caráter disciplinar de nossa formação.
- A diversidade de aplicativos e simuladores para experimentos com dispositivos móveis.

No último dia do congresso, um acontecimento ilustrou uma síntese desses questionamentos. Fomos convidados, num pequeno grupo, para um jantar especial, preparado por professores de física que também eram organizadores do congresso. Esses professores tinham como *hobby* a culinária e montaram um clube gastronômico na cidade, com todos requisitos da alta culinária profissional.

Enquanto finalizavam os preparativos, entabulamos uma conversação em que perguntamos aos *chefs* se já haviam elaborado alguma atividade escolar que relacionasse física e culinária. Curiosamente, franzindo o rosto, responderam que não queriam misturar lazer com trabalho e, também, que não viam muita relação entre as duas coisas.

Mostramos a eles o livro “O que Einstein disse a seu cozinheiro: A ciência na cozinha” (WOLKE, 2010). Um livro que, ao mesmo tempo em que ensina fazer receitas e interpretar rótulos de alimentos de forma divertida, também ensina princípios científicos por trás dos processos culinários e truques que facilitam a vida na cozinha. Ficaram surpresos, não conheciam a obra, e continuaram suas atividades, proporcionando-nos um delicioso jantar.

Encerraremos aqui a preleção com esta constelação de temas que nos sensibilizam e norteiam nossa prática educacional. O que eles têm em comum é a produção de sentido e

conexão do conhecimento escolar com a vida. O trabalho a seguir apresentará alguns direcionamentos e caminhos que encontramos para essas questões.

1.4 Estrutura dos Capítulos

Até este momento, esboçamos alguns percursos de nossa prática e questionamentos que nortearam as bases desta pesquisa. Numa síntese preliminar, propusemos que a compreensão dos gêneros de ensino de física é a base para a estruturação de atividades investigativas em ciência. Pensadas com o fito de articular diversos gêneros numa multiplicidade de espaços de ensino-aprendizagem (a sala de aula, o laboratório, a escola, a casa do aluno, o museu etc.), no que chamamos de atividade científico cultural, possibilitamos a expansão e complexificação do cronotopo escolar, criando condições para a problematização de nossa prática e superação de contradições e formas de alienação características da prática escolar (encapsulamento escolar).

A análise dos gêneros discursivos no marco da atividade, ou seja, dos cenários econômicos, sociais e culturais em que se inscrevem as práticas educativas, obriga-nos a estabelecer relações entre múltiplos níveis hierárquicos desse complexo processo.

Os conceitos de sentido, contradição, mediação e totalidade possibilitam encontrar, na complexidade de tramas discursivas que se manifestam nas relações de ensino-aprendizagem de física, suas formas características e processos contraditórios, que ganham sentido no espaço e no tempo de uma determinada atividade de ensino, estabilizando-se e reproduzindo-se. Compreendê-los como gênero é o primeiro passo para superar sua forma aparente e imediata, em busca da dinâmica interna que sustenta seu modo de ser e sua rede de conceitos. O segundo passo, é interferir na atividade educativa (atividade perturbativa), tornando-a mais complexa ou mesmo alterando sua dinâmica e estrutura.

Assim, quando propomos estudar uma atividade escolar, corporificada nas sequências didáticas de uma investigação científico-cultural, mencionadas acima, sempre partimos de uma forma aparente (inclinação da ladeira ou fase da lua), compartilhada em diversas situações cotidianas, que vamos investigar e que tomamos como problema sobre o qual nos debruçamos com experimentos, modelagens, teorias e refletimos sobre a superação de suas formas aparentes, produzindo novas formas de representá-lo, no desenvolvimento de nossa relação com o fenômeno estudo. Temos, como suposto, que

superar a aparência imediata dos fenômenos é buscar formas mais complexas de enunciar o real, é apropriar-se dele por meio de uma prática social instituída, cuja gênese passamos a conhecer como mais um elemento mediador, numa perspectiva problematizadora¹⁰.

Numa atividade investigativa de ciências, por exemplo, o gênero atividade experimental (medir ângulo, estimar tamanho, manipular aparelhos de medida, usar modelos geométricos, conceitos gravitacionais) é utilizado, como forma socialmente estabelecida, portadora de um repertório social característico, do qual o professor se vale para ativar o processo discursivo-enunciativo dos estudantes e uma diversidade de formas enunciativas pelos alunos, na pluralidade de ações investigativas abertas que são propostas, como mostramos no trabalho *Lua: Fases e facetas de um conceito*. (LAGO, 2013). Imersos nessa rede de conexões da investigação científico-cultural, o conceito estudado é entendido como um problema em conexão com outros, de outras atividades humanas, num plano de totalidade e não como algo isolado, petrificado. E os educandos percebem-se como seres no mundo e com o mundo, produtores de sentido.

Nosso objeto de análise, a enunciação discursiva (oral, escrita, gestual) na forma do gênero-atividade marca o momento de retorno ao concreto complexificado, da generalização do conceito, pela compreensão e validação de suas formas enunciativas e significados, em relação a seus usos em cada atividade humana, bem como dos sentidos mobilizados pelos sujeitos em atividade.

O registro da evolução dessas formas enunciativas é o material de que dispomos, para determinar o sucesso da prática educativa da expansão do cronotopo escolar por meio da investigação científico-cultural. É nessa perspectiva que vamos estabelecer possibilidades e limites de contato e entrelaçamento dos contextos e compreender os momentos da dinâmica da evolução complexa de um conceito, seu percurso pelos diversos usos em atividades, expressos pelos processos enunciativos dos sujeitos.

A figura 05 que apresentamos abaixo, expressa a síntese que propomos fazer entre os gêneros e a teoria da atividade, categoria que nomeamos Gênero-Atividade, que dá o título a este trabalho. Essa categoria, como uma totalidade, é central para a reflexão que

¹⁰ Aqui, aludimos à ideia freireana de que “os homens educam-se entre si, mediatizados pelo mundo”, desenvolvida na obra *Pedagogia do Oprimido* para criticar as formas objetificadas e antidialógicas do conhecimento na educação bancária. “Não pode haver conhecimento, pois os educandos não são chamados a conhecer, mas a memorizar o conteúdo narrado pelo educador. Não realizam nenhum ato cognoscitivo, uma vez que o objeto que deveria ser posto como incidência de seu ato cognoscente é posse do educador e não mediatizador da reflexão crítica de ambos.” (FREIRE, 2011, p. 96)

propomos sobre a articulação dos multigêneros, nas atividades de investigação científico-cultural, visando à expansão do cronotopo escolar e à perturbação das atividades educacionais.

Figura 05: Gênero-Atividade: nossa unidade de análise.

É importante reafirmar que uma perspectiva de totalidade não implica a busca de um conceito absoluto, morto e acabado, mas a compreensão contínua das tensões e contradições, da dinâmica de um processo de criação de conceitos e da complexidade de suas formas concretas, manifestações e expressões enunciativas, no mundo e com o mundo.

Finalmente, como diz Freire: “Existir humanamente, é pronunciar o mundo, modificá-lo. O mundo *pronunciado*, por sua vez, se volta problematizado aos sujeitos *pronunciantes*, exigindo deles novo pronunciar. Não é no silêncio que os homens se fazem, mas na palavra, no trabalho, na ação-reflexão.” (FREIRE, 2011, p. 106).

Capítulo 1 - Introdução: Apresenta os recentes percursos do Autor deste trabalho e problemas que nortearam os questionamentos sobre o ensino de ciências, numa perspectiva integradora da pesquisa e da docência, em busca do sentido das práticas educacionais.

Capítulo 2 – Histórico da pesquisa: Apresenta-se o problema de pesquisa sobre o sentido no ensino de ciências e como ele se insere no desenvolvimento da pesquisa em ensino de ciências nos últimos 30 anos, caracterizado pela presença cada vez mais abrangente dos referenciais baseados na Teoria da Atividade (Vigotski) e na Teoria Enunciativa (Bakhtin).

Realiza-se uma reflexão sobre o papel do grupo ECCo de pesquisa na estruturação deste trabalho. Esse grupo pesquisa marcou posição no ensino de ciências nos últimos dez anos e influenciou o ensino de ciências brasileiro, desenvolvendo cruzamentos entre as perspectivas teóricas de Vigotski, Freire e Bakhtin. Pontuam-se os trabalhos cruciais para esta análise: contextualização e perfil conceitual, gêneros e linguagem, conceito e generalização, conceito e atividade, consciência e engajamento, ontologia e atividade entre outros.

Capítulo 3 – Questões teórico-metodológicas: Apresentam-se questões de ordem teórico-metodológica sobre a convergência que operaremos entre os pensamentos vigotskiano e bakhtiniano.

Desenvolveremos o conceito de Gênero, situando-o na pesquisa de ensino de ciências. Como ferramenta de caracterização e análise, das formas enunciativas concretas, vamos ampliar sua abrangência analítica, relacionando-o ao de arquitetura e cronotopo. Com isso, caracterizaremos as formas concretas de organização social do ensino e intencionalidade da prática educativa na formação da visão de mundo dos estudantes, desde uma dimensão individual até uma dimensão social.

Essa modelagem possibilita pensar, também, a forma como os indivíduos percebem seu projeto educativo e nele intervêm. A apropriação de um gênero é o caminho para caracterizar o processo de autonomia enunciativa do aprendiz, estabelecida em sucessivos momentos de apropriação de formas enunciativas e superação de lacunas, num processo de tomada de consciência, que vai desde a repetição da palavra esvaziada de significado ao estabelecimento das primeiras construções enunciativas de significados, até a elaboração do projeto discursivo, no qual o domínio enunciativo do aprendiz permite a manifestação de sua autoria e estilo, bem como a transformação da atividade educativa de que participa.

A arquitetura dessas formas enunciativas estabilizadas, os gêneros, é reveladora das contradições e tensões entre grupos sociais organizados em e atividade. Ela nos permite a construção de uma perspectiva de totalidade e de dinâmica de nosso objeto.

Apresentaremos o modelo de Gênero-Atividade como nossa unidade de análise. Resgataremos o modelo de conceito-atividade, desenvolvido em nosso grupo de pesquisa, e lhe daremos uma veste histórico-concreta, numa relação social definida, na tentativa de construir um modelo de complexidade superior que contenha a estrutura e dinâmica de atividade e capte a emergência dos modos de ser em atividade.

Capítulo 4 – O modelo gênero-atividade na escola, teoria e prática: Retomamos os pressupostos do modelo gênero-atividade e as discussões teóricas do capítulo precedente para a análise do planejamento e implementação de uma atividade no ensino de física, aplicada para introduzir os estudantes que ingressam no primeiro ano do ensino médio aos conhecimentos científicos: experimento da caixa preta, experimento do inclinômetro, mensuração do ângulo da ladeira da escola.

Apresentaremos propostas de ensino investigativo (investigação científico-cultural) em outras esferas do ensino e da pesquisa em ensino de ciências, recorrendo a reflexões publicadas durante esta pesquisa: análise de projetos de ensino de física, sequência didática de investigação científico-cultural em outras áreas do ensino de ciências, produção de material didático entre outros. E apresentaremos a sequência completa da investigação científico cultural realizada pelos alunos, bem como seus registros.

Conclusão: Discutimos os desdobramentos dessa pesquisa e a prática atual, além de apontar alguns rumos futuros para esta investigação.

CAPÍTULO 2 – Histórico da Pesquisa

A decisão sobre o que ensinar às novas gerações por meio da educação escolar envolve relações entre o presente, o passado e o futuro da sociedade e da vida humana. Se tomarmos a decisão levando em conta apenas necessidades imediatas e do presente, não ensinaremos às crianças e aos jovens a considerarem as consequências para o amanhã das escolhas que a sociedade e os indivíduos fazem na atualidade. (DUARTE, 2016, p.2)

Em seu livro, *Os conteúdos escolares e a ressurreição dos mortos: contribuição à teoria histórico-crítica do currículo*, Newton Duarte faz uma defesa dos conteúdos escolares clássicos (os chamados mortos) desvalorizados por uma lógica educacional imediatista e utilitarista que se reproduz nosso cenário educacional atual. Segundo ele, as pedagogias do aprender a aprender desvalorizam os conteúdos escolares, esvaziam os currículos, considerados como um amontoado de informações obsoletas, favorecendo a formação de um sujeito aberto, flexível e esvaziado o suficiente, para que sirva à mutante dinâmica do mercado¹¹. Segundo ele, a defesa dos conteúdos escolares, é a luta pela transformação de concepções de mundo, pela produção de novos sentidos, ancorados numa perspectiva histórica de totalidade e de práxis. Defensor de uma pedagogia histórico-crítica, ele vê na recuperação desses conteúdos, portadores de mediações sociais condensadas, uma possibilidade de formação de consciência crítica e transformação social. Necessariamente, portanto, cada decisão sobre o que estudar, sobre que currículo queremos, sobre que sujeitos formamos é uma escolha engajada e comprometida com relações sociais, com a sociedade, com o mundo que forjaremos para o futuro. Uma pedagogia-crítica proposta

¹¹ É comum vermos em nossa prática, à guisa de exemplo, nas escolas de engenharia, os alunos ingressantes reclamarem ao estudar teoria matemática e não poderem utilizar calculadoras e aplicativos que realizam a maior parte das modelagens matemáticas, necessárias ao engenheiro, sem esforço. Essa reação caracteriza bem esse espírito pragmático que prefere ater-se exclusivamente ao problema que tem de resolver, com todos os atalhos de que dispõe, em vez de percorrer o árduo caminho teórico que sustenta essas modelagens. Que alunos queremos formar, um mero reprodutor de rotinas? Em um âmbito maior, outra face da mesma moeda, é a posição do atual governo em desvalorizar sistematicamente filosofia, sociologia e toda sorte de pensamento teórico, em detrimento de cursos técnicos que já permitam o rápido acesso de jovens ao mercado de trabalho. Para Duarte, a constatação desse problema é necessária tanto para que evitemos uma visão elitista do conhecimento, quanto para que evitemos uma visão romantizada dos práticos do cotidiano.

nessas bases, não se silencia sobre a realidade dos conflitos de classe em nossa sociedade, sobre o impacto ambiental nem sobre as possibilidades de futuro para a humanidade.

Não saber com exatidão como será a sociedade de amanhã é uma coisa, mas não tomar partido em relação às possibilidades de futuro que se apresentam no presente é outra coisa bem diferente. (DUARTE, 2016, p.118)

Freire, em outra semelhante frente dessa batalha, defende uma educação problematizadora, que parta do mundo imediato para transcendê-lo. Para isso, ele articula uma profunda crítica à pedagogia bancária, na qual os conteúdos escolares, por uma prática repetidora e disciplinadora, se apresentam petrificados, fragmentados e desconectados da totalidade em que se engendram e na qual ganharam significação.

A palavra, nestas dissertações, se esvazia da dimensão concreta que devia ter ou se transforma em palavra oca, em verbosidade alienada e alienante (...). Por isto mesmo é que uma das características desta educação dissertadora é a 'sonoridade' da palavra e não sua força transformadora. Quatro vezes quatro, dezesseis; Pará capital de Belém, que o educando fixa, memoriza, repete, sem perceber o que realmente significa quatro vezes quatro. O que verdadeiramente significa capital, na afirmação, Pará capital de Belém. Belém para o Pará e Pará para o Brasil. (FREIRE, 2011, p.80)

Imersos nessa prática mecânica de repetir e memorizar, a educação torna-se o ato, por excelência, de depositar conteúdos em sujeitos considerados como receptáculos vazios. Quando em nossa no cotidiano escolar ouvimos que os alunos não podem nem devem opinar sobre os conteúdos prescritos no currículo, em outras palavras, que não estão preparados para interferir no currículo, estamos assumindo essa prática e negando nossa vocação ontológica de ser mais, de saber com os educandos e transformar nossas realidades. É importante frisar que Freire propõe uma educação dialógica em que professores e alunos se tornem mutuamente atuantes no mundo em diversos níveis da complexa atividade educacional, educando-se mutuamente, mediatizados pelo mundo como práxis.

Assim como esses autores se posicionaram diante do cenário educacional brasileiro, neste capítulo, explicitaremos nossas contribuições, interpretações, críticas e ideias diante das principais correntes pedagógicas e de pesquisa em ensino de ciências.

A unidade teórica de análise que propomos, o gênero-atividade, busca alinhar-se com essas duas perspectivas críticas ao articular, como propusemos anteriormente, múltiplos gêneros de ensino, em propostas de investigação científico-culturais, que promovam a perturbação da atividade escolar e expansão do cronotopo escolar.

Para mostrar como nos inserimos com essa proposta no ensino científico, construiremos um horizonte histórico de reflexão como um retrospecto em dois planos: um primeiro, mais geral, dedicado a uma breve compreensão de algumas tendências teóricas da educação e, um segundo, mais particular, dedicado à exposição de perspectivas, intervenções e avanços obtidos pelo Grupo de Pesquisa em Educação em Ciências e Complexidade (ECCo), do qual fazemos parte. O intuito desta abordagem é promover um esforço de tomada de consciência acerca das contribuições oriundas de nossas investigações, posicionando nossos trabalhos num cenário maior, assumindo autorias, inscrevendo nossos enunciados no caudaloso rio enunciativo do ensino de ciências brasileiro e mundial.

2.1 Breve histórico da pesquisa em ensino de ciências

Nossa abordagem partirá de um quadro esquemático (quadro 1) que construímos a fim de localizarmos no tempo modelos de ensino-aprendizagem e suas principais referências teóricas na área de ensino de ciências. Elaboramos este quadro baseados em outras representações semelhantes propostas para a área de ensino de ciências, por pesquisadores que estudaram o ensino de ciências no período da década de 1950 até 1990 (KRASILCHIK, 1987; CARVALHO & VANNUCCHI, 2016).

Indicamos alguns aspectos considerados por nós como positivos (+) e negativos (-) de parte das correntes pedagógicas e, seguindo uma sequência cronológica, localizamos o surgimento do grupo de pesquisa ECCo, cujos trabalhos são realizados com ênfase na *Teoria da atividade*, no *modelo de perfil conceitual* e em *sistemas complexos*. Vamos a ele:

Quadro 1: Evolução dos modelos de ensino-aprendizagem de Física

Na parte superior do quadro 1, apresentamos os modelos teóricos vigentes na área de ensino de ciências e, na parte inferior, designamos de “1ª, 2ª, 3ª e 4ª ondas” as principais tendências teóricas que influenciaram as pesquisas em cada década na área de ensino de ciências.

Os nomes dos autores Skinner, Piaget, Vygotsky e Bakhtin foram expostos por serem emblemáticos em cada período apresentado. Contudo, não realizaremos aqui um estudo das obras desses autores, nem uma historicidade dos períodos nos quais viveram. O intuito deste quadro é mostrar como pesquisa e docência foram estruturantes de nossas ações como integrantes de um grupo voltado à educação, no que diz respeito às contribuições à área de ensino de ciências.

2.2 Concepções alternativas e mudança conceitual

Iniciamos nossa abordagem na década de 1970 (canto superior esquerdo do Quadro 1), quando a pesquisa em educação em ciências se dedicava à compreensão da aprendizagem de conceitos científicos na escola. Tais conceitos apresentavam-se em contraste com as concepções alternativas - aquelas que fazem parte do arcabouço conceitual dos sujeitos antes de seu ensino formal.

Essas pesquisas surgiram como desdobramentos de estudos relativos à formação de conceitos realizados por Skinner e Piaget (o que chamamos de 1ª e 2ª ondas, parte inferior esquerda do quadro 1).

De modo bastante sintético, a tendência da primeira onda era compreender a aprendizagem como voltada ao estímulo ou repreensão de comportamentos, sendo fundamental a contingência de reforço - a repetição mecânica como fins de memorização e aprendizado. Assim, para que ocorra aprendizagem de modo satisfatório, alguns comportamentos deveriam ser evitados, enquanto outros incentivados por meio de estímulos (representado, no quadro 1, como “adestramento”). Os comportamentos incentivados deveriam ser repetidos até se tornarem automáticos. E assim, novos comportamentos devem ser adquiridos, para que ocorram novas aprendizagens.

Entendemos que a repetição é um procedimento importante como prática de estudo, capaz de desenvolver habilidades variadas, como por exemplo, o acesso a repertórios variados na resolução de problemas (POZO *et al.*, 1998) e atalhos nas estratégias de resolução, característicos dos expertos em relação aos novatos (JONES *et al.*, 2008). Contudo, destacamos como aspecto negativo o que sintetizamos como “adestramento e operativismo”, “hipertrofia da sintaxe”: referindo-nos às práticas pedagógicas, antes

mencionadas, centradas num reforço memorizador e repetidor, vinculado a uma noção de aprendizagem individual e isolada.

2.3 Modelo de perfil conceitual e surgimento do grupo ECCo

Com relação à 2ª onda, neste período, teorias interacionistas do desenvolvimento despontavam e dominavam o cenário educacional. As teorias mais conhecidas apoiavam-se na ideia de interação entre o organismo e o meio, de modo que o conhecimento era/é interpretado como um processo de construção contínua do ser humano em sua relação com o ambiente. Assim, sob a ótica interacionista, respondendo a estímulos externos, os seres humanos interagem com o meio, relacionando, analisando, construindo seus conhecimentos num processo permanente, a partir do erro. A visão interacionista se distancia da comportamentalista, principalmente por não tomar o conhecimento apenas pelo prisma do sujeito, ou pelo prisma do objeto, mas pela ótica da interação sujeito-objeto (COLL, 1992).

Vale destacar que alguns pesquisadores passaram a adotar o termo *construtivista* para designar parte das teorias interacionistas, a fim de expressar a ideia de que o sujeito constrói, desenvolve seu próprio conhecimento, após a interação com o meio.

Entre os principais nomes de teóricos interacionistas, estão Piaget e Vigotski. Em linhas gerais, para Piaget, as crianças desenvolvem-se intelectualmente através da passagem por estágios, que possibilitam o processo de aquisição do conhecimento, o desenvolvimento da inteligência e da autonomia (COLL, 1992). Nesse caso, sublinha-se o papel estruturante do sujeito - a ênfase é colocada no sujeito, em sua interação com o meio (objeto). Já em Vigotski, também em linhas gerais, a ênfase é dada na interação social e, em algumas de suas obras, essa interação é compreendida numa perspectiva dialética entre indivíduo e sociedade, homem-mundo. Por exemplo, diante de enunciados, muito comuns no cotidiano das escolas, nas reuniões pedagógicas: “o aluno não está pronto para aprender?” ou “será que não é muito cedo para dar esse conteúdo?”, as perspectivas vigotskianas e piagetiana têm abordagens bem distintas. A primeira aposta na plasticidade desse processo dinâmico, a segunda, no desenvolvimento do organismo, como ilustramos no quadro 2, abaixo.

Quadro 2 – distintas concepções de aprendizagem entre Piaget e Vigotski.

Notemos que a concepção vigotskiana, centrada na interação social e na mediação, assume radicalmente a interação (BRUNER, 1998)¹² e os mecanismos de influência educativa (VILA, 1998).

Voltando à parte superior do quadro 1, ainda no canto esquerdo (1ª e 2ª ondas), na perspectiva das pesquisas referentes às concepções alternativas, o modelo de Substituição Conceitual predominava no cenário da pesquisa educacional, segundo o qual a aprendizagem em Ciências é compreendida como um processo de substituição da concepção prévia (alternativa) do estudante pela concepção científica, aprendida formalmente na escola.

Sobre esse modelo, muitas foram as críticas apontadas nas décadas seguintes, principalmente em face da manutenção de concepções não-científicas após o processo de ensino escolar de ciências, como: a ausência da questão das motivações, dos valores e aspectos afetivos no modelo, a crença de que a aprendizagem só é eficaz com o abandono das concepções prévias do sujeito - que deve substituí-las pelas concepções “corretas” (as científicas), a visão estanque que proporciona, uma vez que não são reconhecidas as

¹² Bruner (1998) transitou entre os dois referenciais e argumentou que na aprendizagem não se trata simplesmente do que a criança elabora por si própria, mas do que faz por si mesma em uma comunidade de pessoas que compartilham seu sentimento de pertencer a esta cultura. Em sua radicalidade, às vezes jocosa, afirmava: “(...) qualquer assunto poderia ser ensinado a qualquer criança de qualquer idade de alguma forma que fosse honesta.” (Op. cit., p. 135)

interações entre concepções prévias e novas e a negligência relativa as experiências diárias de aprendizagem dos sujeitos na diversidade das atividades humanas.

Além disso, sobre os aspectos negativos (-) indicados no quadro 1, há algumas críticas (com as quais concordamos) à corrente educacional contemporânea conhecida por “pedagogias do aprender a aprender” (DUARTE, 2001), oriundas da concepção psicológica e epistemológica construtivista de Piaget (como é o caso da pedagogia das competências, pedagogia dos projetos, pedagogia do professor reflexivo, construtivismo e multiculturalismo).

De fato, o pensamento pedagógico contemporâneo, desde o momento em que o designamos por 2ª onda, caracteriza-se, entre outros aspectos, pela hegemonia dessas pedagogias, que são também pedagogias relativistas. Aqui consideramos como relativistas as pedagogias que, de certo modo, negam as formas clássicas da educação escolar, seus métodos, práticas e conteúdos clássicos, desvitalizando as noções de disciplinaridade e conteudismo. Estas pedagogias, segundo Duarte (2001, 2005, 2008) são também caracterizadas pela ausência da perspectiva da superação da sociedade capitalista e, por consequência, compartilham de uma concepção idealista das relações entre educação e sociedade.

Assim, mesmo que, em algumas pesquisas voltadas às pedagogias do aprender a aprender, haja momentos de crítica a certos aspectos da sociedade capitalista (como às tentativas de privatização da educação, por exemplo), estas acabam sendo neutralizadas pela crença na possibilidade de resolução dos problemas sociais, desvinculado da necessidade de superação da atual forma de organização da sociedade. Por exemplo, podemos pensar na questão da destruição ambiental no metabolismo da sociedade capitalista. Decidir por uma estratégia de resolução deste grave problema, considerando como principal recurso à educação ambiental, é dar preferência a uma estratégia de resolução que atribui o problema ao indivíduo, a sua consciência individual, impedindo a compreensão da questão como originária da estrutura política e social do país (Ibidem, 2001, 2008; SAVIANI; DUARTE, 2012).

Outro aspecto bastante importante dessas pedagogias refere-se à negação da perspectiva de totalidade: quando a realidade humana é considerada constituída de fragmentos que se unem, não por relações determinadas pela essência da totalidade social, mas sim por acontecimentos casuais, fortuitos e inacessíveis ao conhecimento racional.

Dessa negação da totalidade decorre o relativismo (epistemológico e cultural) presente nas pedagogias contemporâneas de caráter pós-moderno (DUARTE, 2008). Concordamos, parcialmente, com Newton Duarte sobre esses pontos de vista. Entendemos que os conteúdos são artefatos humanos, com poder de transformação (CAMILLO, 2015), e que carregam atividades humanas estabilizadas ao longo do tempo, sócio culturalmente. Pensamos que devem ser incorporados à escola aqueles conteúdos que fazem sentido num domínio mais microgenético da comunidade (no qual a escola está inserida), mas também aqueles conteúdos que transcendem o nível mais local, sendo capazes de abarcar uma totalidade maior, mais ontogenética. Também entendemos que as “pedagogias do aprender a aprender” podem levar a retirar da escola a tarefa de transmissão dos conteúdos escolares e do conhecimento social objetivo, em nível local ou global.

Ainda sobre os conteúdos escolares, a respeito de nossa perspectiva de análise, numa convergência entre a dialogia bakhtiniana e a atividade vigotskiana, entendemos que um conteúdo não tem um valor em si. Mas, seu valor é definido pelas atividades humanas que o estruturam e o validam. Há uma relação social que o produziu e outra que o reproduz e o sustenta articuladas em complexos de complexos (LUKÁCS, 2012) de atividades. Por isso, impõe-se, a todo o momento, que tornemos explícitas as contradições e os conflitos de interesses que sustentam nossa prática, a fim de que possamos construir uma visão de totalidade e da dinâmica das relações nas quais nos inserimos (entender isso é vital para lidar com os sentidos trazidos pelos alunos à sala de aula, os quais nomeamos, em educação, de concepções prévias). Essa perspectiva implica um redimensionamento do relativismo ao pôr em evidência sua dimensão histórica, ou seja, a de que todo e qualquer conhecimento não tem um valor em si, dado e estabelecido de forma absoluta, mas sim estabelecido num conjunto de relações historicamente determinadas. Para Feyerabend (2011), temos mais chance de valorizar a diversidade e complexidade humana assumindo essa perspectiva relativista do que a repudiando. Para responder a por que mesmo as vanguardas mais críticas de uma sociedade parecem temer posturas relativistas, Feyerabend diz:

É a compreensão de que o ponto de vista pelo qual temos mais carinho pode acabar sendo apenas uma das várias maneiras de organizar a vida, importante para aqueles que foram criados na tradição correspondente, mas totalmente desinteressante e talvez um obstáculo para os demais. Só umas poucas pessoas estão

satisfeitas por serem capazes de pensar em viver de uma maneira agradável para elas próprias e nem sequer sonharia em fazer de sua tradição uma obrigação para todos. Para a grande maioria – e isso inclui cristãos, racionalistas, liberais e um bom número de marxistas – só existe uma verdade e ela deve prevalecer. Tolerância não significa aceitação da falsidade lado a lado com a verdade; significa tratamento humano daqueles que infelizmente estão presos na falsidade. O relativismo poria um fim a esse exercício confortável de superioridade – daí a aversão. O temor do caos moral e político aumenta a aversão ao acrescentar desvantagens práticas às inconveniências intelectuais. Os relativistas dizem não ter qualquer motivo para respeitar as leis da sociedade a que pertencem, não ter nenhum motivo para cumprir suas promessas e honrar seus contratos de respeitar a vida alheia. e então, como feras seguindo o capricho do momento, como tais, constituem um perigo à vida civilizada. (FEYERABEND, 2011, p.100)

Feyerabend (1993) é fundador do anarquismo epistemológico (o único princípio que proporciona o progresso do conhecimento científico é o de que qualquer coisa serve) e assume o relativismo filosófico não em sua formulação metafísica: todas as tradições, teorias e ideias são igualmente verdadeiras ou falsas. No entanto, assume-o em sua dimensão sócio-histórica.

Não afirmamos, por exemplo, que Aristóteles é tão bom quanto Einstein; o que se afirma e argumenta é que ‘Aristóteles é verdadeiro’: é um juízo que pressupõe certa tradição, é um juízo relacional que pode mudar quando a tradição subjacente for mudada. Pode existir uma tradição para a qual Aristóteles é tão verdadeiro quanto Einstein, mas existem outras tradições para as quais Einstein é muito desinteressante e não merece ser examinado. (FEYERABEND, 2011, p.100)

De volta ao quadro 1, apesar de a utilização do Modelo de Substituição Conceitual permanecer frequente até meados da década de 90, novas propostas surgiram, como o

Modelo de Perfil Conceitual de Mortimer (2000), baseado na noção de perfil epistemológico de Bachelard.

Mortimer considerou a coexistência de diversas visões sobre o mesmo conceito, de modo que um sujeito possui um conjunto de diferentes representações (chamadas de zonas) do conceito, compondo um determinado perfil conceitual. Cada zona do perfil conceitual foi considerada contendo dimensão epistemológica (como no modelo de Bachelard) e dimensão ontológica, já que contextos distintos sinalizam realidades ontologicamente diferentes. A evolução das ideias dos sujeitos é compreendida como a evolução de um perfil de concepções em que novas ideias adquiridas no processo de aprendizagem convivem com as anteriores.

Ao longo dos anos, o Modelo de Perfil Conceitual foi sendo revisto, sofrendo transformações importantes que culminaram em significativos avanços teóricos. Nesse período, ganham destaque alguns objetivos de ensino de ciências, nomeados de “enculturação científica”, “alfabetização científica”, ou “letramento científico”. Tais objetivos, de um modo geral, referem-se à formação cidadã dos estudantes para o domínio e uso dos conhecimentos científicos e seus desdobramentos, nas mais diferentes esferas de sua vida. Trata-se de objetivos que respondem a uma demanda por jovens capazes de compreender, interpretar e formular ideias científicas em uma variedade de contextos (SASSERON; CARVALHO, 2011).

Sasseron e Carvalho (2011) utilizam a expressão *alfabetização científica*, alicerçadas na ideia de alfabetização concebida por Paulo Freire, que considera a alfabetização não apenas o simples domínio psicológico e mecânico de técnicas de escrever e de ler, mas também o domínio dessas técnicas em termos conscientes. Para as autoras, a alfabetização deve desenvolver no sujeito a capacidade de organizar seu pensamento de maneira lógica, além de auxiliar na construção de uma consciência mais crítica em relação ao mundo que a cerca.

Contudo, em nossa visão, esse objetivo do ensino de ciências pode ser incorporado por meio da ótica da atividade (TASCH: Teoria da atividade sócio-cultural-histórica) e do gênero, no que se refere ao domínio dos gêneros nas esferas de atividade específica das quais participamos.

Neste momento, já podemos nos situar no cenário da “3ª onda” apontada no quadro 1. Isto porque, desde a década de 1990, tendências educacionais foram continuamente

surgindo, como as relacionadas ao papel da emoção e da motivação, dentro ou fora da sala de aula, ou as proposições de currículos multiculturais ou estudos sobre a eficácia das novas mídias no processo educacional. Além disso, outra abordagem de destaque desse momento é a histórico-cultural. Roth e Lee (2007, p. 188) mostraram o rápido aumento no número de pesquisas relacionadas a essa abordagem, indicando que a educação científica deve acompanhar a tendência de se basear em teorias mais gerais, particularmente na Teoria da Atividade Histórico-Cultural (TASCH) como base teórica. Nesse período assistimos a um crescimento de perspectivas sociointeracionistas (3ª e 4ª ondas) e a uma retração dos modelos comportamentalistas e cognitivista (1ª e 2ª ondas).

É nesse momento, também, que nasce o grupo ECCo (Grupo de Pesquisa em Educação em Ciência e Complexidade), em meados dos anos 2000. Criado pelo professor Cristiano Mattos, o grupo, até hoje, dedica-se a explorar aspectos sócio-histórico-culturais na educação em Ciências nos diversos níveis de ensino. As pesquisas desenvolvidas pelos integrantes visam, no geral, a explorar e a propor um modelo de representação dinâmica para a aprendizagem de conceitos, capaz de dar conta do processo de internalização e externalização ocorridos nas diversas cadeias de atividades humanas (TASCH), em particular, nos processos dialógicos em salas de aula de ciências.

É grande a quantidade de trabalhos desenvolvidos pelo grupo ECCo. No entanto, para esta investigação, mencionaremos aquelas que mais contribuíram para a construção da visão de mundo que ancora esta pesquisa de doutoramento.

2.4 Dimensão histórica na produção de materiais didáticos.

Iniciamos nossa abordagem acerca dos trabalhos desenvolvidos pelo ECCo, com a investigação realizada por Nicioli Jr. (2007), relativa a um estudo sobre livros didáticos de Física brasileiros, publicados entre o final do século XIX ao final do século XX. Segundo essa pesquisa, o livro didático tem sido considerado, em toda sua história, tanto como um influente agente de formação na sociedade em que está inserido, como um produto histórico social, já que é influenciado na maneira como expõe e aborda seu conteúdo.

Assim, partindo do pressuposto de que o estudo sobre manuais didáticos não pode ser feito focalizando-se apenas nesses materiais em si, isolando-os do contexto histórico e social nos quais foram criados, Nicioli Jr. (2007) realizou um levantamento dos livros

didáticos de Física no período mencionado, observando, especificadamente, como o conteúdo de Física *Cinemática* foi sendo tratado ao longo da história e também naquele momento presente (1ª década dos anos 2000). Foram observadas e relatadas interferências das políticas educacionais de cada período sobre as obras analisadas e as influências de autores estrangeiros na constituição das obras nacionais. Com isso, Nicioli Jr. (2007) pode mostrar transições nas formas de enunciar as questões, de selecionar os conteúdos, atreladas ao espaço e tempo no qual aqueles enunciados foram criados. Tais ideias nos remetem fortemente ao aporte de Bakhtin, relativamente aos posicionamentos dominantes na sociedade e época em que tais manuais foram escritos:

Em cada época, em cada círculo social, em cada mundo familiar, de amigos desconhecidos, de colegas, em que o homem cresce e vive, sempre existem enunciados investidos de autoridade que dão o tom, como as obras de arte, ciência, jornalismo político, nas quais as pessoas se baseiam, nas quais elas citam, imitam e seguem. Em cada época, em todos os campos da vida, e da atividade, existem determinadas tradições, expressas e conservadas em vestes verbalizadas: em obras, enunciados, sentenças etc. Sempre existem essas ou aquelas ideias determinantes dos “senhores do pensamento” de uma época verbalmente expressas. Algumas tarefas fundamentais, lemas etc. Já nem falo de modelos de ontologias escolares, nos quais as crianças aprendem a língua materna e evidentemente são sempre expressivos (BAKHTIN, 2006, p. 294).

A pesquisa de Nicioli Jr. foi bastante inspiradora para que realizássemos dois estudos, finalizados durante a pesquisa de doutorado. O primeiro deles, publicado recentemente, é intitulado: “Revisitando projetos de ensino de Física numa perspectiva Bakhtiniana” (ORTEGA; RODRIGUES; MATTOS, 2017). Nesse trabalho, apontamos correlações entre o contexto histórico-social da década de 1970 e a esfera do ensino de física da época. Foi realizada uma análise de enunciados expressos nos textos de dois projetos de ensino: O Projeto Física da Universidade de Harvard e o Projeto de Ensino de Física da Universidade de São Paulo. Em face da complexidade destes objetos, em linhas gerais, pudemos demonstrar como a elaboração de um projeto curricular reflete – com maior ou menor consciência crítica dos autores – o caldo cultural de sua época.

Utilizamos a perspectiva de Bakhtin (2006), mais precisamente, a relação dialética entre obra educacional (currículo/projeto) e horizonte histórico de uma sociedade. Tomamos o conceito de gênero discursivo, com o qual é possível representar as relações entre história e discurso, assim como suas relações com as esferas de vivência e os conflitos dos grupos sociais que as produzem. Nessa relação se estabelecem a teleologia social, as intenções comunicativas e as escolhas discursivas dos sujeitos da atividade humana.

Assim, pudemos evidenciar como os dois projetos de ensino de Física produzidos na década de 1970 carregaram a marca das condições sociais e históricas nas quais foram produzidos. A forma como organizam os gêneros produzem não só ênfases bem distintas, mas conceitos e concepções de ciência diferentes. Verificamos, sobretudo, como os projetos expressaram suas concepções de ciência e de ensino, quais valores nortearam a escolha de certas formas discursivas em detrimento de outras, e como a organização de conteúdos e ênfases curriculares se manifesta no texto didático. Por causa dos enquadramentos diferentes, um mesmo conteúdo tratado apresenta elaborações bem distintas, no que se refere à construção, às sequências, ao estilo. Pudemos, então, supor que a imagem de mundo internalizada por quem estuda física por esses projetos é bem diferente quando manipulam cada um deles separadamente. E, assim, ficou claro nesse trabalho que formas de enunciação, enquadramentos, redes conceituais, formam visões de mundo muito distintas e, por meio dos gêneros enunciativos, é possível entender as escolhas enunciativas e a visão de ciência que a elas estão atreladas.

O segundo trabalho que desenvolvemos, denominado *Ensino de física no nazismo como forma de controle* (LOPEZ, ORTEGA, MATTOS, 2018), refere-se a um estudo sobre livro didático de Física no período em que o Partido Nazista esteve em ascensão na Alemanha. Nesse momento histórico, ocorreram mudanças profundas na educação alemã, uma vez que as escolas eram vistas como veículos de produção e transmissão daquela nova cultura, baseada nas ideologias nazistas. Assim, as marcas desse direcionamento podem ser encontradas no currículo escolar vigente daquele período em formas enunciativas típicas (gêneros). Especialmente o currículo voltado para as ciências, fora dividido em dois grandes grupos:

- currículo masculino: sinteticamente caracterizado como Ciência da Guerra, no qual se aprendia sobre tópicos de logística, armas químicas, lançamento de mísseis e bombas, como se proteger de ataques;

- currículo feminino: baseado em uma ciência voltada ao uso doméstico, como a química e biologia dos alimentos, a física dos eletrodomésticos etc.

Em suma, os conflitos históricos do Nazismo permitiram-nos evidenciar relações entre as esferas educacionais e política, e estabelecer determinações nos produtos (gêneros) da atividade educacional, em particular no ensino de ciências. À guisa de exemplo, fazemos questão de citar dois enunciados de matemática de livros didáticos da época:

A seguir apresentamos dois exercícios, cujo conteúdo específico, o cálculo algébrico, está sempre contextualizado pela temática aplicada a situações reais. No caso, capacidade de carga dos aviões de combate:

Um avião de bombardeamento pode ser carregado com uma bomba explosiva de 35 quilogramas, três bombas de 100 quilogramas, quatro bombas de gás de 150 quilogramas, e 200 bombas incendiárias de um quilograma. Qual é a capacidade de carga? Qual a porcentagem de cada tipo de bomba? Quantas bombas incendiárias de 0,5 quilograma poderiam ser adicionadas se a capacidade de carga fosse aumentada em 50%? (KOCH, 1973, p. 100, tradução nossa)

Outros exercícios estavam contextualizados no desprezo pelos que não compartilhavam da pureza racial ariana. O bizarro exemplo Trazido por Koch (1973), trata do problema de proporcionalidade e regra de três, carregando uma concepção de higiene social, que justifica e familiariza a prática da eutanásia:

Uma pessoa mentalmente incapaz custa 4 Reichsmark por dia, um aleijado custa 5,5 Reichsmark por dia e um criminoso condenado, 3,5 Reichsmark. [...] dentro das fronteiras do Reich alemão 300.000 pessoas estão recebendo cuidados em instituições públicas. Quantos empréstimos matrimoniais de 1000 Reichsmark por casal poderiam ser concedidos anualmente, usando-se os fundos destinados a tais instituições? (KOCH, 1973, p. 100, tradução nossa).

(LOPEZ, MATTOS, ORTEGA, 2018)

Nesses dois trabalhos, escolhemos resgatar projetos de Física e momentos históricos marcantes - como o momento da ascensão do Partido Nazista (1930), ou a instalação das ditaduras latino americanas (1970) com o intuito de promover um diálogo entre o passado e o presente, ou melhor, um diálogo entre o passado e os fins futuros, de forma que este progressivamente emergja na construção de uma consciência mediada pela história. Entendemos que interpretar o passado é selecionar o que consideramos significativo e relevante para a inscrição de nossas ações no mundo (CARR, 1996). Voltaremos a falar sobre historicidade mais adiante, quando formos abordar aspectos fundamentais da Teoria da Atividade.

2.5 Modelo de perfil conceitual e sua transição para Modelo de perfil conceitual complexo

Outros trabalhos importantes desenvolvidos por integrantes do grupo ECCo referem-se às pesquisas sobre perfis conceituais. Uma das primeiras investigações desenvolvidas sobre este tema, em nosso grupo, foi feita por Souza (2008), sobre a caracterização dos perfis conceituais de *ensinar* e *aprender* de estudantes da Licenciatura em Física da Universidade de São Paulo. O trabalho lançou mão de questionários que permitiram a delimitação de diversos contextos, capazes de incitar ao uso de uma grande variedade de zonas desses perfis conceituais.

Já nesta primeira investigação em perfis conceituais, os resultados alcançados por Souza (2008) foram além do esperado: análises qualitativas e quantitativas apontaram para uma relação entre os perfis conceituais de *ensinar* e *aprender*, sinalizando a delimitação de um perfil conceitual *complexo* de *ensinar-aprender*. O autor propôs então, que os conceitos de ensinar e aprender poderiam ser entendidos como perfis conceituais individuais e ao mesmo tempo pertencentes a um perfil conceitual hierarquicamente superior, que englobaria os dois perfis. Nessa perspectiva, Souza (2008) já concebia um perfil conceitual complexo.

Tal relação entre perfis se manifestava mais fortemente em contextos específicos, o que indicava que as relações dos perfis conceituais possuíam vários níveis de complexidade, e poderiam ser manifestadas ou não em determinados contextos. A representação do uso de determinados sentidos do conceito em detrimento de outros foi descrita pela *hipótese da*

ressonância: dado certo conjunto de dêixis, ressoam determinados sentidos e significados e não outros para o conceito em questão (MATTOS, 2014). Mais tarde, Souza realizou investigações em sua tese de doutoramento associadas ao perfil conceitual de energia no discurso pedagógico oficial, atribuindo a dimensão histórica ao currículo e ao conceito energia.

Outros dois trabalhos que também vieram a explorar as dimensões do perfil conceitual foram Bastos (2006) e Sodré (2008), em abordagens mais interdisciplinares. Bastos (2006), em *Educação para uma discriminação auditiva*, realizou uma extensa análise acerca das concepções prévias sobre poluição sonora de estudantes do ensino médio, modelando o perfil conceitual de poluição sonora dos estudantes. A investigação fez uso do desenvolvimento de atividades que permitiram aos estudantes compreender a física como um conhecimento relevante a procedimentos de prevenção para a saúde auditiva, antecipando muito o debate atual da BNCC sobre o papel do conhecimento científico na integridade física dos indivíduos. A noção de interdisciplinaridade foi utilizada como sistema complexo, a fim de dar conta da diversidade dos temas que compõem o uso da física direcionada a fundamentar uma educação para a saúde.

Na mesma linha temática, o trabalho *Física para uma alimentação saudável*, de Sodré (2008), apresentou conexões entre elementos do conteúdo específico de Ciências Nutricionais e de Física, com o intuito de trazer à tona argumentos que esclarecessem porque a perspectiva puramente energética da alimentação (frequentemente presente nos livros didáticos de Física) não era/é desejável, nem suficiente para dar conta dos sentidos atribuído à alimentação. Assim, colaborando para abordar o tema da alimentação saudável de um modo rico e abrangente, esse trabalho partiu de um quadro sócio-histórico-cultural para explorar noções do conhecimento cotidiano, articulado a conteúdos específicos de ciências. Com isso, foi possível classificar as preferências dos indivíduos por determinados alimentos por meio de critérios baseados nas dimensões axiológica, ontológica e epistemológica. Enquanto aspectos do cotidiano foram representados pelos critérios ontológico e axiológico, o critério epistemológico sustentou aspectos físicos e nutricionais e, assim, a discussão promovida pelos três critérios contribuiu para tornar mais complexo o conhecimento cotidiano, trazendo à tona questões sobre as concepções de alimento mobilizadas pelos sujeitos, suas atitudes e escolhas relacionadas à alimentação.

As duas investigações tiveram, também, como finalidade incentivar professores que pretendiam/pretendem trabalhar com o tema da saúde auditiva e da alimentação saudável a fim de implementar enfoques integradores e interdisciplinares em suas aulas. Tais trabalhos, baseados em Garcia (1998), buscaram elaborar o currículo como um sistema complexo numa perspectiva *pandisciplinar* (FIEDLER-FERRARA; MATTOS, 2002), para pensar relações entre o pensamento escolar e o pensamento cotidiano de uma forma radical, encontrando vínculos entre as duas formas de conhecimento, muitas vezes consideradas distintas e incomensuráveis (KUHN, 1992).

Além dessas pesquisas, outras investigações realizadas por participantes do grupo proporcionaram significativas transformações no modelo de perfil conceitual. É o caso da introdução da dimensão axiológica (RODRIGUES; MATTOS, 2007; TAVARES *et al.* 2009; DALRI, 2010), como mais uma das dimensões do perfil conceitual.

Para falarmos dessa contribuição, retomaremos brevemente as duas primeiras dimensões do perfil conceitual, desde o início utilizada por Mortimer. A dimensão epistemológica refere-se à produção de conhecimento e às interpretações da natureza associadas às correntes filosóficas. Trata-se de “como” o sujeito conhece um objeto, relacionando-o à história e à filosofia da ciência. A dimensão ontológica do perfil está ligada à polissemia das palavras que representam conceitos, pensados aqui como formas de ser¹³ (MARX, 2011). É uma dimensão que trata do sentido e do dizer o ser das coisas¹⁴ (BORNHEIM, 2001). Posteriormente, nos trabalhos do grupo, essa dimensão foi atrelada à categoria de atividade humana. Já a dimensão axiológica, introduzida pelo grupo ECCo, refere-se aos valores e fins atribuídos aos entes, abarcando o “porque” das escolhas, suas motivações e intenções, dentro das quais o conceito é utilizado pelo sujeito.

A introdução da dimensão axiológica deriva do entendimento de que o aprendizado de conceitos ocorre em atividades humanas, sociais, em situações de educação formal ou não formal, nas quais valores e fins podem permitir o estabelecimento de novos sentidos para o conceito, diferentemente daqueles apresentados no imediato (DALRI *et al.* 2010).

Outra contribuição dada por integrantes do grupo ECCo ao Modelo de Perfil Conceitual compreende suas relações com o contexto. Numa abordagem mais complexa,

¹³ “(...) as categorias expressam formas de ser, determinações da existência.” (MARX, 2011, p. 59.)

¹⁴ “Assim, toda compreensão dos entes se move no horizonte da compreensão do ser (...) o homem é o único ente que diz o ser, que ele o diz, é incontestável. O que pode ser contestado e discutido é o significado de tal dizer, porque, na elucidação desse dizer-o-ser, começa a ontologia” (BORNHEIM, 2001, p.10).

Mattos (2014, 2011), Rodrigues (2009), Rodrigues e Mattos (2011, 2010, 2007) compreendem a noção de contexto não como um dado predefinido de espaço e tempo, mas como um sistema complexo, composto por um conjunto de níveis hierárquicos de interação, no qual diversos elementos que o constituem estão em retroalimentação. Em outras palavras, contexto é resultado da interação dialética sujeito-mundo - uma função variável dessa interação, um fluxo de significados, um campo complexo de dêixis negociadas pelos sujeitos (sentido) nas interações sociais. Os autores explicam que a identificação de elementos comuns (marcas de contexto, dêixis) possibilita a negociação de significados que, por sua vez, permitem a convergência de contextos e surgimento da intersubjetividade. Esse trabalho conectou perfil conceitual a contexto, apontando um caminho para investigar uma multiplicidade de contextos de aprendizagem científica e suas formas conceituais características.

É importante ressaltar que todo o conjunto da base teórica do Perfil Conceitual, quanto àqueles referentes às teorias da linguagem, tinha como fundamento a perspectiva vigotskiana. Com a necessidade de inclusão do contexto, não só nos fundamentos teóricos, mas também nos fundamentos metodológicos das investigações empíricas, ficava claro para nós, integrantes do grupo, que era preciso buscar uma teoria que desse conta da complexidade com que estávamos lidando. É a partir desse momento que passamos a considerar o trabalho de Vigotski dentro da perspectiva da Teoria da Atividade Cultural-Histórica, cujos representantes mais destacados, além do próprio Vigotski, são Leontiev (1978) e Engeström (1987).

Realizar essa ampliação exigiu um grande esforço de estudo para aprendermos a teoria e compreendermos as diferentes interpretações do trabalho de Vigotski, sobretudo sua interpretação dialética. Com isso, foi possível a realização de uma crítica importante ao modelo de Perfil Conceitual. Se, antes (3ª onda), o conceito de “generalização” era tratado como o produto de um processo, visto que o foco se dava sobre os conceitos científicos, com a perspectiva dialética, avançamos no estudo do significado de “generalização” no processo de ensino-aprendizado, apoiando-nos principalmente em pesquisadores que desenvolveram a Teoria da Atividade na segunda metade do último século (ILYENKOV, 1982; DAVIDOV, 1982). Nessa perspectiva, a generalização não é apenas um produto do processo de desenvolvimento do pensamento, mas o próprio processo de movimento contínuo de produção de significados dos conceitos (SANTOS; MATTOS, 2009; SANTOS, 2011).

Além disso, Santos e Mattos (2011, 2010) também apontaram para a questão da indissociabilidade do binômio conceito-contexto. Conceitos científicos e cotidianos não devem ser tomados como universais e absolutos, portanto não devem ser dissociados do contexto no qual foram produzidos nem tratados como elementos ontologicamente independentes do sujeito cognoscente. Para os autores, um conceito só se constitui quando atrelado a pelo menos um contexto.

É na esteira dessas contribuições de vários trabalhos do grupo que o modelo do Perfil Conceitual passou a ser designado de *Perfil Conceitual Complexo*, especialmente levando-se em conta a grande complexidade do ensino-aprendizado de um conceito científico, comparativamente ao seu tratamento visto de modo isolado (MATTOS, 2014).

Na ótica do perfil conceitual complexo, o ensino-aprendizagem passa a ser compreendido por meio da dinâmica ou evolução do perfil conceitual, na qual o sujeito em contexto cria ou modifica zonas conceituais. Imerso em atividades coletivas, com objetivos bem estabelecidos, em um conjunto definido de articulações de ações e operações, o processo de ensino-aprendizado é capaz de fazer com que sujeitos compreendam o uso de uma determinada zona do perfil conceitual correspondentemente a contextos específicos.

A evolução do perfil conceitual complexo não deve ser considerada apenas como um acréscimo de novas zonas do perfil conceitual, mas também como uma transformação do conjunto de todas as zonas, visto como uma totalidade possível.

Ainda sobre a pesquisa em perfis conceituais, Sodré (2017) construiu uma proposta de levantamento de perfil conceitual complexo de tempo, em amostras de professores de Física em formação ao longo do curso de Licenciatura.

Nessa pesquisa, foram feitos alguns levantamentos de elementos históricos e sobre o curso de graduação e realizadas entrevistas com docentes e estudantes do curso de Licenciatura em Física (IFUSP). Neles, abordaram-se as atividades que envolvem o conceito de tempo, expostas aos licenciandos no decorrer do curso de Licenciatura. Para tanto, foi desenvolvido um instrumento complexo - Matriz de Organização da Polissemia do Conceito (MOP) de análise das entrevistas, a partir das dimensões epistemológica, ontológica e axiológica e das escalas genéticas de Vigotski. Por meio deste complexo instrumento, foi possível explorar a amplitude de conceito, investigando aspectos relacionados aos valores e fins atribuídos ao tempo, suas naturezas, historicidades, além de evidenciar a sobreposição de níveis vinculados a determinados sentidos do conceito de tempo em contextos diversos -

da família, da escola, da física, da sociedade. Esse trabalho corrobora a relação que buscamos entre conceitos dominantes numa certa atividade e formas enunciativas dominantes (gêneros), bem como as formas de enquadramento e apreciação engendradas por essas formas dominantes. Sodré mostrou como os estudantes chegavam ao curso de física com uma diversidade de conceitos de tempo: tempo subjetivo, tempo relativista, tempo termodinâmico (entropia), tempo do relógio (instrumento de medida) etc. Depois de transcorrida grande parte do curso, operavam somente com um conceito dominante (tempo como medida do relógio), no sentido da estruturação de um discurso monológico na acepção bakhtiniana (FURLANETTO, 2010).

A reflexões sobre contexto e perfil conceitual complexo que caracterizam essa fase das produções teóricas do grupo foram fundamentais para estabelecer as bases e a gênese de nossa proposta atual de investigação científico-cultural. Esse gênero de investigação propõe formas concretas de diálogo entre cultura e ciência, expandindo as possibilidades do ensino científico investigativo, integrando ao currículo a diversidade de sentidos mobilizada pelos estudantes. Quando articulada com a teoria da atividade e com os gêneros enunciativos, ela ganha organicidade e interfere de forma mais radical na atividade escolar e no currículo.

2.6 Perspectiva da TASCH: historicidade, contradição e práxis.

Vamos situar-nos, neste momento, na 4ª onda, relativa às tendências teóricas da área de ensino de ciências (quadro 1). Estamos bastante distantes das abordagens indicadas na 1ª, 2ª e até 3ª ondas, uma vez que nos ateremos mais às atividades humanas e relações entre sujeito-objeto-comunidade, numa abordagem *dialética*.

Concordamos com Davydov (1990) em que a lógica dialética é a mais adequada para descrever a formação de conceitos, e com Vigotski na interpretação dos conceitos como instrumentos para a transformação da relação entre homem-mundo. Nessa visão, é a práxis, na acepção marxista,

a responsável por conferir ao homem a formação de conceitos.

Como sintetiza muito bem Bornheim:

Sem dúvida não há sentido sem práxis, isto é, sem realidade humana.
Mas, justamente porque o homem não se confina no animal racional,

devemos recorrer, para explicitar a práxis, a um horizonte mais amplo. A práxis manifesta toda sua dimensão especificamente humana precisamente por recolher a transcendência do sentido, fazendo com que o homem não se limite à mera expressão do subjetivo. O homem é essencialmente transcendência: ele é mundo, e desde o mundo pode criar (...) Assim, o ser da práxis está no sentido, a práxis só é pelo sentido; e o ser do sentido está na práxis, o sentido só é pela práxis. (BORNHEIM, 2001, p. 175).

A visão do materialismo dialético amplia nossa capacidade de explicar a emergência de diferentes sentidos ou a emergência de zonas do perfil conceitual, de maneira muito mais radical, ao explicitar a realidade humana que sustenta as formas conceituais, tornando-a elemento dinâmico e ativo no processo de ensino-aprendizagem. Isso põe num novo patamar a discussão sobre mediação, generalização e formação do perfil conceitual dos estudantes.

Para discutirmos melhor os modelos de ensino e teorias (TASCH) em destaque na 4ª onda (lado direito do quadro 1), vamos trazer aqui aspectos fundamentais demarcadores de outra forma de compreender processos de ensino-aprendizagem e da educação como um todo: a Historicidade, a Contradição e a Práxis. Tais conceitos não podem ser entendidos fora do pensamento dialético (ILYENKOV, 1982), sendo fundamentais para compreensão da TASCH.

A Historicidade foi nomeada por Engeström (2001) como um dos cinco princípios mais relevantes para a Teoria da Atividade. “Os sistemas de atividades tomam forma e se transformam por longos períodos de tempo. Seus problemas e potencialidades só podem ser entendidos em contraste com sua própria história.” (p. 136). A inclusão do aspecto histórico da atividade humana na prática de pesquisa é ainda mais ampla que a nossa própria tentativa de descrever e levar em consideração o processo de ensino-aprendizagem como um processo dinâmico (RODRIGUES *et al.*, 2010).

Assim, em relação à Historicidade, entendemos que o processo de ensino-aprendizagem da ciência, tomado em sua totalidade, não deve ser visto como um processo a-histórico, mas como o encontro ativo entre os sujeitos - professores e alunos - e a ciência, como um esforço humano ao longo do tempo.

Com relação à Contradição, sua noção deve ser entendida ligada à noção de transformação, no sentido de movimento, como a natureza transitória do objeto da atividade. “Dialética lida com sistemas em movimento através do tempo. Os elementos de uma contradição dialética relacionam-se entre si dentro da estrutura móvel, historicamente” (ENGESTRÖM; SANNINO, 2011, p. 370).

Sobre a práxis, entendemos tal conceito como síntese dialética entre teoria e prática, sendo central no materialismo dialético (VÁZQUEZ, 2007) e na constituição da Teoria da Atividade. O envolvimento ativo com a natureza (trabalho), no qual o ser humano muda o mundo e ao mesmo tempo é mudado, isto é, o movimento homem-mundo - funciona como matéria substantiva da práxis (LEONTIEV, 1978). Naturalmente, isso não é um princípio restrito da Teoria da Atividade, é muito mais amplo e está presente no pensamento marxista como um todo (VÁZQUEZ, 2007). Lukács, por exemplo, esclarece esse princípio dizendo que:

(...) a dialética, ele [Engels] argumenta, é um processo de constante passagem fluida de uma determinação para outra, uma permanente superação dos contrários, e a sua passagem de uma definição a outra; que, conseqüentemente, se deve substituir a causalidade unilateral e rígida pela acção recíproca. Mas o aspecto mais essencial desta acção recíproca, *a relação dialética do sujeito e do objecto no processo da história*, não chega a ser mencionado, e muito menos colocado (como deveria) no âmago das considerações metodológicas. Ora, privado desta determinação, o método dialético(...) deixa de ser método revolucionário. A diferenciação em relação à ‘metafísica’ deixa então de ser procurada, porquanto em qualquer estudo ‘metafísico’ o objecto de estudo se mantém intocável e imutável; por conseguinte, o estudo conserva uma perspectiva puramente ‘contemplativa’ e não se torna prático, ao passo que, para o método dialético, a transformação da realidade constitui o problema central. LUKÁCS (1989, p. 18)

Assim, com base nesses conceitos centrais, podemos pensar em dois tipos de desafios para o ensino de ciências. O primeiro deles refere-se ao papel da pesquisa na realidade educacional, que não deve ser tomado como um processo neutro e contemplativo, mas histórico e vinculado à sociedade, suas classes e interesses dominantes. Entendemos

que pesquisa e docência devem constituir um processo ativo e criativo em suas relações com a realidade. O segundo é que a ciência não deve ser apresentada aos alunos como algo estático e fechado, já que assim pode impedir qualquer forma de agência, participação ou transformação por parte de seus aprendizes.

2.7 Pesquisa e docência no planejamento de aulas experimentais.

Voltando às pesquisas desenvolvidas pelo ECCo, Rodrigues *et al.* (2010) investigaram o planejamento de aulas de professores de física e suas consequências durante a implementação em sala de aula, focalizando principalmente as contradições que surgiram entre as expectativas dos professores e alunos sobre a classe. A situação é analisada a partir de um ponto de vista sócio-cultural-histórico, principalmente apoiado pela Teoria da Atividade. Os autores destacam os componentes da atividade e do contexto que estabelecem a reorganização do planejamento, explorando a complexidade da situação da sala de aula dialógica. No caso estudado, uma atividade experimental foi preparada simulando uma situação investigativa para que os estudantes pudessem refletir sobre as grandezas relevantes para sua modelagem do fenômeno na prática experimental (HOFSTEIN, LUNETTA, 2004).

Os sujeitos do estudo de caso foram alunos do primeiro ano do ensino médio, de uma escola particular em São Paulo. A atividade planejada pelo professor visou a investigar quais eram as variáveis dependentes do tempo para um pêndulo simples (comprimento do fio, massa da bola pendurada, ângulo de oscilação, cor da bola, influência de forças atrativas), a fim de obter a expressão matemática do período do pêndulo. A tarefa foi realizada em três classes de alunos diferentes, com 25 alunos cada uma. E a mesma sequência didática foi usada pelo professor em todas as salas de aula. Cada turma teve duas aulas para desenvolver a tarefa em duas etapas.

A primeira aula ocorreu no laboratório para que alunos medissem a relação do período com diferentes variáveis do pêndulo, e a segunda etapa ocorreu em uma sala de aula regular, na qual se analisavam os dados obtidos em laboratório e propunha-se um modelo explicativo para o pêndulo simples. Por meio do uso de vídeogravações da atividade, os autores mostraram aos alunos medindo e isolando variáveis relevantes para caracterizar um pêndulo simples.

Como resultados desse trabalho, verificou-se que o planejamento do professor antes das aulas é baseado no que ele espera dos alunos. Quando as expectativas confrontam as contradições da sala de aula ao vivo, isso exige mudanças em várias escalas de tempo: significa que é preciso transformar a atividade e exigir adaptações de um novo contexto. Num dos exemplos discutidos no artigo *Planning lessons: A socio-historical-cultural approach in physics teaching* (RODRIGUES, et al., 2010), mostra como a forma de orientar os alunos sobre o uso do transferidor, para medir o ângulo do pêndulo, muda radicalmente da primeira para a última aula. Isso porque, na primeira aula, o professor entra pressupondo que manipular um transferidor seja uma operação conhecida e dominada pelos alunos. Diante da desorganização que se instaura na aula, o professor decide compartilhar procedimentos do uso do instrumento para mediar os processos iniciais de tomada de dados bem como ressignificar o experimento do pêndulo dentro da história da ciência.

Também foi destacado que a Teoria da Atividade poderia modelar a dinâmica hierárquica que aparece durante as interações dialógicas. Essa dinâmica apresenta turbulências que implicam uma mudança dos níveis hierárquicos de operações e ações que compõem a atividade.

Pode-se notar, também, que professor é obrigado a lidar com as turbulências, que mostram quanto seus planos são testados em uma interação real com os alunos, que nem sempre têm expectativas correspondentes com as do professor.

Além disso, verificou-se a importância de os professores conhecerem as dinâmicas complexas em que estão imersos em sala de aula e aprenderem a lidar com a frustração das expectativas fracassadas. Essa adaptabilidade ou improvisação só pode ser considerada quando o professor chega a uma posição dialógica que inclui os alunos e a dinâmica dialógica em seu planejamento. Somente enfrentando o planejamento como uma operação que deve tornar-se uma ação, as contradições entre as expectativas do professor e a situação atual da classe garantem que os professores tenham a chance de ser bem-sucedidos em alcançar uma educação científica proveitosa e significativa.

Ainda com relação às atividades experimentais, Camillo (2011) e Camillo e Mattos (2010), baseados na Teoria da Atividade, analisaram as atividades experimentais da ciência como instrumentos de ensino-aprendizagem, com base na Teoria da Atividade. Embora atividades experimentais tenham sido apontadas por muitos professores e pesquisadores como responsáveis por reduzir as dificuldades e proporcionar uma aprendizagem mais

prazerosa, as pesquisas não mostram claramente qual é a relação entre a realização dessas atividades e a aprendizagem. Para os autores, a atividade experimental, como parte dessa produção cultural, só adquire sentidos quando mergulhada em uma práxis, na qual sujeitos compreendem seu papel na atividade, quando compartilham certos instrumentos mediadores comuns que os farão ter acesso ao mesmo objeto, ou seja, participar de uma mesma atividade. Como fruto desta atividade, após um processo de significação e ressignificação, de reconhecimento dos contextos de validade dos instrumentos mediadores, os sujeitos, de posse desses instrumentos, têm chance de atuar em outros contextos dando novos significados a sua vivência.

Este ponto de vista resgata alguns aspectos fundantes da Teoria da Atividade. A relação sujeito-objeto no processo de conhecimento não deve ser pensada como uma entidade passiva e isolada: o mundo imprime-se no sujeito ao experimentá-lo. Pelo contrário, essa é uma relação mediada, ativa e histórica que deve ser pensada no quadro de uma atividade que expresse os sujeitos organizados numa relação espacial e temporal concreta.

Sabe-se que toda atividade não deve ser pensada como algo hermético e homogêneo. Ao contrário, a atividade é aberta, vinculada a complexificação proporcionada pela divisão do trabalho e modos de produção. Isso torna sua estrutura bastante complexa, com sistemas de operações e ações que se subordinam uns aos outros e que estão em constante movimento. Na figura 06 abaixo, expressamos a modelagem complexa dessa relação proposta por Engeström (1987) e Sanino *et al.* (2009). Nela, já incluímos nossa apropriação dos gêneros discursivos, como estrutura mediadora, no nível das regras, que apresentaremos mais à frente.

Figura 06: Relação sujeito-objeto, tornada mais complexa no marco de atividade socialmente organizada.

Como propôs Camillo (2011; 2015), é fundamental pensar em níveis mais complexos de totalidades, a articulação de atividades e a produção de novas apropriações do objeto e de sentidos. Para ilustrar esse importante aspecto, apresentamos a Figura 07 a seguir, extraída de ENGESTRÖM, (2001), uma representação do não isolamento das atividades humanas, e de seu pertencimento a um sistema de atividades inter-relacionadas.

Figura 07: Compartilhamento de objetos em um sistema de atividades (ENGESTRÖM, 2001, p. 136)

Ainda sobre a Figura 07, a pesquisa de Camillo (2011) que mencionamos forneceu exemplos, mediante análises de episódios de atividades experimentais, de que o processo de compartilhamento de objetos (como os objetos 1 e 2, Figura 07) entre atividades demanda a negociação de instrumentos mediadores para que, de fato, surja um novo objeto (como o objeto 3, Figura 07) compartilhado entre estudantes e professores. E, aí, o não alinhamento de sentidos e/ou não compartilhamento de mediações e de objetos pode implicar a existência de contradições, que são aspectos considerados fundamentais da atividade: contradições se fazem presentes na atividade humana e são tensões acumuladas historicamente que geram a mudança da própria atividade.

Para Engeström (2008), a construção de um novo objeto é a própria mudança da atividade e dos motivos correspondentes. Isso significa que a transformação da atividade se reflete em todos os seus componentes, é uma transformação da totalidade da atividade, é uma dinâmica da unidade de análise.

Já em sua pesquisa de doutoramento, Camillo (2015) trabalhou com a questão de que a pesquisa em educação em ciências, com suas análises das relações entre os processos individuais de ensino-aprendizagem e os processos de participação na coletividade, são

fundamentalmente dualistas, consequência das perspectivas cognitivistas e individualistas que naturalizam os processos humanos.

Para Camillo (2015), a superação desse dualismo somente é possível a partir de uma alternativa concreta aos modelos cognitivistas-individualistas, que expresse, no nível ontológico-epistemológico, a unidade entre desenvolvimento humano, produção/consumo do conhecimento e manutenção do *status quo*/transformação da realidade.

Para tanto, Camillo discutiu o processo de desenvolvimento humano numa perspectiva histórica, numa articulação construída a partir de complementariedades e convergências da Teoria da Atividade e da perspectiva freireana (designada de Atividade Potencial). Por meio de três categorias – *Problema-em-si*; *Problema-para-si*; e *Ontologia do ser mais* – foram captadas a dimensão objetiva das problemáticas humanas e a possibilidade de que tais problemas sejam apropriados, de maneira que a individualidade e a coletividade humanas fossem construídas de modo consciente.

Outro trabalho de nossa linha de pesquisa no marco referencial da teoria da atividade, que começa a apontar para o estudo enunciativo, foi o de Mendes e Mattos (2011), que propuseram uma metodologia para o ensino de Física utilizando a conversa *online* (salas virtuais de *chat*) na internet como ferramenta de aprendizagem. O objetivo principal foi a formação de um grupo de estudantes que pudesse contribuir para o papel do professor na recontextualização dos conteúdos de Física nas aulas formais. As atividades dialógicas, quando focalizadas do ponto de vista da escola, poderiam ser transformadas em atividades de aprendizagem colaborativa, implicando planejar e organizar atividades coletivas significativas de resolução de problemas com os alunos. Essas atividades poderiam ser organizadas hierarquicamente para se coordenarem umas às outras, criando novos níveis hierárquicos de atividades, com os quais era possível recontextualizar, tanto o objeto da atividade, quanto a divisão do trabalho, transformando práticas discursivas monológicas em práticas discursivas dialógicas. Isso facilitava a perspectiva epistemológica intersubjetiva, em que o conhecimento é produzido, distribuído e consumido de forma colaborativa. No entanto, o resultado mais importante é que os alunos que participaram do *chat* se comportaram como parceiros mais capazes em sala de aula, ajudando o professor e seus colegas a recontextualizarem a física mediante diálogos com seus colegas próximos.

É importante destacar que, este trabalho de Mendes e Mattos (2011) apresentou dados relevantes a partir dos diversos registro de conversas, tornando evidente a

necessidade de compreendermos formas típicas expressivas, que muitas vezes se assemelhavam a códigos. Este trabalho nos levou a leitura, em grupo, de textos relacionados à análise do discurso, nos levando ao estudo das obras de Bakhtin.

Antes, nos determos em nosso problema do gênero-atividade, cabe um aprofundamento nessa perspectiva do encadeamento dinâmico das atividades.

2.8 Dinâmica das atividades e produção de sentido.

Outra marcante pesquisa de nosso grupo foi realizada por Tavares (2012), que investigou as mudanças sofridas na atividade educativa de professores de física/ciências quando submetidos a uma mudança de contexto, no caso, o ensino-aprendizagem de ciências em classes hospitalares, num hospital com internação pediátrica.

Tavares (2012) desenvolveu sua pesquisa com base numa vivência na escola EMAE - uma escola instalada, desde o ano 2000, nas dependências do Hospital Instituto de Oncologia Pediátrica (IOP), ligado ao grupo de Apoio ao Adolescente e à Criança com Câncer (GRAAC) e à Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP). Vale destacar que esse hospital é referência na América Latina no tratamento do câncer em crianças e adolescentes.

O objetivo principal da investigação era desvendar como o professor de ciências compreendia o processo de ensino-aprendizagem, sobretudo em termos de suas finalidades, ao atuar nesse diferente contexto das classes hospitalares. Para tanto, foram feitas vivências e observações nesse ambiente, fundamentadas na teoria da Atividade (TASCH), além de entrevistas semiestruturadas com professores atuantes na EMAE. Com base nesses dados, foram identificados alguns elementos que compõem a atividade educativa no contexto da escola regular (tradicional) e que tomam uma forma diferente quando tal atividade foi considerada no contexto da classe hospitalar.

Por exemplo, Tavares (2012) pôde verificar a necessidade de redefinição da atividade educativa, em especial, a redefinição do planejamento das aulas; afinal, as particularidades de cada contexto (de específicos alunos-pacientes) determinavam, ou, ao menos, ajudavam a estruturar a atividade, definindo sentidos, motivos, objetivos e as significações possíveis no processo de negociação durante a atividade educativa. A seguir, apresentamos o trecho de um relato obtido com uma das professoras, mostrando a necessidade da redefinição do conteúdo ministrado em aula:

(...) Quando eu ia dar aula, precisava fazer que esse cara gostasse de ter aula. Não adiantava dar uma aula de leis de Newton para ele, isso não iria funcionar. Não adiantava explicar a equação de segundo grau. Que significado tem isso para esse moleque? O moleque está doente, tomando quimioterapia, vomitando, com dor! Por que eu vou falar para ele que $x^2 + 2x + 3 = 0$ é interessante? (Professora Juliet, *apud* TAVARES, 2012, p.116)

Assim, contrastando com o contexto das escolas regulares, no contexto hospitalar, o planejamento das aulas de Física deixa de ser algo estático e previamente organizado por meio de planos de aula, tornando-se uma das ações da atividade de ensino-aprendizagem desenvolvida pelos professores em situações limite. Isto porque, naquele ambiente pedagógico, outras questões que não aquelas relativas aos conteúdos ocupam centralidade, dentre elas, a vontade de viver do aluno-paciente. Daí o planejamento do professor nesse contexto não ser apenas preparar planos de aula, mas também manter constantes negociações com os alunos sobre os conteúdos que ele quer ensinar, o que exige um replanejamento contínuo das aulas.

Tavares (2012) também pôde verificar casos em que os alunos-pacientes tinham uma expectativa de se manterem ligados nas aulas, já que atribuíam o sentido de se manterem vinculados às suas vidas cotidianas, com a esperança de retomar a suas rotinas habituais, quando saudáveis. Metamorfoseado por esse encadeamento de atividades, o professor tornava-se um agente mediador da relação do estudante com a vida, como foi sendo percebido e assumido pelas equipes médicas: a relação professor-aluno influenciava positivamente nos processos de cura ou, pelo menos, na diminuição da aflição e desconforto dos pacientes. Nesse caso, em outra entrevista apresentada na pesquisa, a professora relatou um episódio em que um de seus alunos-pacientes insistia em ter aula de Física, mesmo estando em um estado muito grave de saúde, apresentando vômitos e dor extrema. Ao procurar os médicos, a professora tomou ciência de que ele não teria muito tempo de vida. Atendendo ao desejo do adolescente, a aula de Física foi ministrada, mesmo naquelas circunstâncias.

Entre outros resultados, pode-se notar que o entendimento da estrutura da atividade se encontrava bastante relacionado à identificação do papel de certas ações e operações, que só adquiriam sentido se pensadas no marco contextual de uma atividade: uma mudança

de contexto, além de reorganizar uma atividade, é capaz de alterar o seu significado ou o significado das ações e operações que a compõem.

Outro aspecto fundamental verificado foi que contextos capazes de abarcar situações extremas, junto da vivência da morte (quando os estudantes-pacientes faleciam), trazem à tona a questão da finitude, exigindo um redimensionamento das expectativas com relação à educação. Tal exigência estimula reflexões tanto para o ensino de física em particular, quanto para a educação como um todo, sobre suas finalidades e sentidos. Nas classes hospitalares, a questão da finitude e finalidade do ensino de física surgia com intensidade na rotina dos professores, em meio a dúvidas mais amplas, sobre o propósito da vida ou da educação. A percepção das diferenças entre a escola tradicional e a EMAE aparecem, tornando explícita a ausência da dimensão axiológica na escola tradicional.

Outra consideração importante que se pode fazer acerca da escola móvel é que, na perspectiva EMAE como atividade, foi possível identificar sua evolução coordenada com a atividade do hospital IOP/GRAACC, de modo que, tanto o hospital, quanto a escola, passaram por um processo de expansão e complexificação ao longo da sua história. Assim, se inicialmente a escola aparecia como “um apêndice incômodo” na cadeia de atividades do hospital, pois afetava a rotina dos procedimentos médicos, gradualmente, incorporou-se na dinâmica espaço temporal dos processos de cura. Aos poucos, os profissionais da saúde (nutricionista, psicólogo, assistente social, médicos entre outros.) e professores foram refundando o papel da Escola Móvel/Aluno, tornando-a central no tratamento oncológico. Depois de alguns anos, foi incorporada às cadeias de atividades do hospital.

Essa reflexão abriu-nos um horizonte de possibilidades para pensara aula de física como uma atividade, composta de ações e operações que podem ser pensadas, por sua vez, como atividades de menor complexidade numa hierarquia. Assim, a aula de laboratório, poderia ser pensada como uma unidade, que mobiliza seus gêneros característicos, seus procedimentos e finalidades específicos (figura 08), encadeando outras unidades de atividades, também com objetivos específicos, numa hierarquia de complexidade.

Figura 08: A aula de física pensada como uma atividade constituída de atividades, totalidades de totalidades.

Mais ainda, numa perspectiva perturbativa (atividade perturbativa), a atividade da aula de física podia ser pensada, em sua integração com a dinâmica escolar, familiar, institucional do ensino, em níveis de complexidade cada vez maiores. Tavares nos mostrou como a aula à beira do leito, alterou a rotina dos profissionais da saúde e a estrutura do hospital como um todo. Agora, tínhamos elementos para pensar a disciplina de física na estrutura das ciências da natureza, da dimensão institucional da escola numa perspectiva expansiva (figura 09) de atividades coordenadas com finalidades integradas e distintas.

Figura 09: A aula de física na hierarquia de atividades da área de ciências naturais e a área na hierarquia de atividades da escola.

O objetivo central do trabalho de Tavares foi modelar a dinâmica da articulação dessas atividades. No entanto, outro aspecto chamou-nos muito a atenção no discurso dos professores entrevistados: a necessidade vital de criar formas de ensinar-aprender, negociadas e produzidas à beira do leito, fundando novos sentidos para o ato educacional naquela interação. Isso nos impôs a necessidade de refletir sobre nossa prática cotidiana em sala de aula e nossas possibilidades de autoria.

2.9 Conceitos, linguagem e atividade.

Para nosso grupo, estava cada vez mais claro que o processo de aprendizado conceitual é bastante complexo e possui uma dinâmica com diferentes níveis hierárquicos, na qual um conceito não é uma entidade estática, uma definição, mas um movimento, uma relação. É nesse momento que Mendes (2010) trabalha com a hipótese de que o aprendizado de ciências pode ser entendido como um processo de aprendizado de segunda língua na acepção vigostkiana¹⁵. Toda linguagem tem estrutura gramatical, regras de relação

¹⁵ Aprender a língua materna ou uma língua estrangeira, segundo Vigotski, implica relações de domínio conceitual bem distintas: “Mas o aprendizado de uma língua estrangeira e seu desenvolvimento de cima para baixo revelam o que descobrimos também na relação dos conceitos: aquilo em que se manifesta a força da

e de construção de estruturas frasais, porém uma linguagem é aprendida dentro de uma língua, que não é composta apenas pelas regras gramaticais abstratas que a estruturam, mas do uso cotidiano de quem a utiliza em práticas concretas e participa de grupos sociais organizados que sustentam essas práticas ao longo do tempo. Como segunda língua (MENDES; MATTOS, 2004; MENDES, 2010), o processo de ensino-aprendizado de conceitos científico mostra-se muito mais complexo do que o de aprender um conceito científico isolado. Para modelar esse processo, impusemo-nos a tarefa de caracterizar os gêneros de linguagem em que se manifesta a atividade do ensino de científico. Condição com a qual Mendes caracterizaria sua analogia, que trataremos mais à frente.

Para isso, tornou-se necessária a ampliação dos níveis hierárquicos de análise, de modo que, a partir de agora, em nossa unidade de análise, tornou-se imperativo não mais dissociar um conceito ou uma teia de conceitos, da atividade que o sustenta.

2.10 A unidade Conceito-atividade.

(...) o significado abstrato da palavra se limita e se restringe àquilo que ela significa apenas em um determinado contexto. O sentido da palavra, diz Paulham, é um fenômeno complexo, móvel, que muda constantemente até certo ponto em conformidade com as consciências isoladas, para uma mesma consciência e segundo as circunstâncias. Nesses termos, o sentido da palavra é inesgotável. A palavra só adquire sentido na frase, e a própria frase só adquire sentido no contexto do parágrafo, o parágrafo no contexto do livro, o livro no contexto de toda a obra de um autor. O sentido real de cada palavra determinado, no fim das contas, por toda a riqueza dos momentos existentes na consciência e relacionados àquilo que está expresso por uma determinada palavra. Diz Paulham:

O sentido de Terra é o sistema solar e completa a noção de Terra; o sentido de sistema solar é a Via Láctea, o sentido da Via Láctea... Isto quer dizer que nunca sabemos o sentido completo seja lá do que for

língua estrangeira na criança é a fraqueza da língua materna e, ao contrário, no campo em que a língua materna revela toda a sua força, a língua estrangeira se mostra fraca. Assim, a criança usa com perfeição todas as formas gramaticais na língua materna, mas não tem consciência delas. (...) Mas na língua estrangeira, desde o início, (...) tem consciência das declinações e das modificações gramaticais.” (VIGOTSKI, 2001, p. 353).

e, conseqüentemente, o sentido pleno de nenhuma palavra. A palavra é a esgotável de todos de novos problemas. O sentido de uma palavra nunca é completo. Baseia-se em suma na compreensão do mundo e no conjunto da estrutura interior do indivíduo.

(VIGOTSKI, 2001, p.466)

A unidade de análise conceito-atividade nos leva a elaborar o sentido do conceito em múltiplos níveis de complexidade, compondo uma hierarquia de totalidade¹⁶. O que propomos, a partir daqui, é levar adiante essa dimensão complexa para além do objeto (mundo). Propomos assumi-la na relação sujeito-objeto (homem-mundo). Esclareceremos esses aspectos, a seguir, voltando ao histórico da produção do grupo ECco.

A próxima pesquisa que vamos abordar refere-se a uma discussão sobre o Ensino de Astronomia, em particular sobre o conteúdo das fases da Lua, na perspectiva da formação de conceitos com base na Teoria histórico-cultural da Atividade. Desenvolvida por Lago (2013), a pesquisa de título *Lua: fases e facetas de um conceito*, explorou as dimensões do perfil conceitual complexo: epistemológica, ontológica e axiológica das fases da Lua, mostrando que suas composições edificam cada sentido atribuído à Lua. Por exemplo: pode-se conhecer a Lua olhando-a no céu, por lunetas e telescópios, por livros ou por meio de viagens espaciais. Pode-se pensar na natureza da Lua de muitas formas – ela pode ser muitas coisas, uma almofada, instrumento musical ou parte do campo de futebol, um orbe celeste ou uma deusa chinesa. As finalidades da Lua também são diversas, por exemplo, pode servir para namorar ao luar ou para ganhar uma medalha de condecoração, para plantar, cortar o cabelo, ou ainda para sair-se bem em uma avaliação escolar.

Lago (2013) considera que os sentidos assumidos pela Lua serão diferentes para um aluno que aprende Lua por meio do livro didático escolar, a fim de fazer uma prova; ou para m cientista que a observa e a entende como satélite natural da Terra; ou mesmo para um astronauta quer almeja ser reconhecido publicamente. Para o autor, todas essas

¹⁶ “A concepção materialista dialética de totalidade significa, *em primeiro lugar*, a unidade concreta das contradições interagentes (...); *em segundo lugar*, a *relatividade sistemática* de toda a totalidade tanto *para cima* quanto *para baixo* (o que significa que toda a totalidade é constituída de totalidade subordinada a ela, e também que a totalidade em questão é, ao mesmo tempo, *sobredeterminada* pelas totalidades de complexidade maior) (...) e, *em terceiro lugar*, a *relatividade histórica* de toda totalidade, isto é, o caráter de totalidade de toda totalidade é mutável, desintegra-se, é limitado a um período histórico concreto e determinado. (LUKÁCS, 1948, *apud* MÉSZÁROS, 2013, p.11)

representações tiveram origem em atividades humanas e somente têm sentido dentro delas. A questão que se estabelece é conhecer as atividades (e as relações) às quais o conceito se refere e nas quais se produziu sua gênese.

Assim, criou uma proposição teórica que relaciona determinado conceito com suas atividades genéticas, isto é, as atividades historicamente determinadas e culturalmente sistematizadas nas quais o conceito emerge. A essa proposição foi dada o nome de conceito-atividade. A implicação direta dessa relação é que os conceitos passam a ser entendidos como entidades abertas, dinâmicas, multifacetadas e controversas.

Ou seja, a partir do aporte da TASCH e de Vigotski relativo aos conceitos, que não devem ser entendidos como coisas ou abstrações vazias, mas como processos, dotados de conexões e relações com as atividades humanas historicamente determinadas, Lago (2013) fez a aproximação da noção de conceito (sistema de conceito) à atividade (sistema de atividade). Conceitos espontâneos e científicos foram relacionados às categorias de ação e operação da atividade, respectivamente. Conceitos espontâneos não são considerados “conscientes” pela falta de sistematicidade, sendo análogos às operações, atos não conscientes que não compõem a atividade em si, por não serem orientados objetivamente. Já os conceitos científicos são considerados compositores de um sistema hierárquico, são conscientizados e, por isso, seriam os análogos às ações da categoria da atividade. Ações são atos que estão no nível de consciência do sujeito e que têm uma dada finalidade em direção do motivo da atividade.

Para que fossem feitas tais aproximações, Lago (2013) procurou por tensões comunicativas no ato educacional e mediações necessárias para sustentar os processos de aprendizagem das fases da Lua pelos estudantes. Para tanto, elaborou sequências didáticas de ensino investigativo, realizadas com o Autor deste trabalho, numa escola religiosa da rede privada, em turmas do 9.^o ano do ensino fundamental II.

Desde o início do projeto, nascido na pesquisa de dissertação de mestrado (Lago, 2013), a parceria entre pesquisadores e professor fez com que essa proposta de atividade investigativa continuasse a ser aplicada nos anos seguintes, permitindo que fossem observadas transformações e evoluções na sua estrutura, bem como interferências de sua forma perturbativa na dinâmica escolar. Os resultados dessas atividades foram registrados em dois artigos - Lago *et al.*, (2018, 2019) - que compõem uma trilogia sobre nossa proposta de investigação científico-cultural. Entre outras inovações desse trabalho, mostramos como

os alunos imersos numa atividade planejada para a observação e registro das fases da Lua, interferiam na dinâmica da sala de aula e na dinâmica da família, ao transformarem a sala de aula e seus quartos em observatórios, manipulando dispositivos móveis, fotos e registros em papel num gênero híbrido. Essa atividade inaugura a sequência de doze atividades para imersão dos estudantes no conhecimento do sistema Terra-Lua.

Em suma, como resultados desse trabalho, verificou-se que os alunos envolvidos nas sequências didáticas elaboraram registros das fases da Lua cada vez mais precisos e ricos, expressando sua apropriação conceitual e interferindo nos artefatos mediadores oferecidos e na dinâmica da atividade. Em outras palavras, a vivência da atividade de observação e registro das fases da Lua traduziu-se em uma forma autêntica e autoral de aprendizado do modelo científico de lunação, que permitiu ao estudante explicar, prever e enunciar o fenômeno por meio de instrumentos mediadores, que se tornaram mais complexos com a evolução da atividade: o diagrama em papel, o aplicativo e o papel expandido como mostramos nos artigos mencionados.

O sucesso dessas sequências pôde ser constatado pela repercussão que teve na estrutura e no currículo escolar, no sucesso dos alunos nas disciplinas escolares, nas olimpíadas de astronomia (OBA) de 2013 a 2017, nas quais houve número crescente de medalhistas. Finalmente, professores de outras disciplinas (artes, história, literatura, matemática) envolveram-se com as atividades científicas, gerando material interdisciplinar como o mural de grafite (figura 03) com os temas de astronomia e os materiais literários sobre lua na poesia.

Em 2015, tais sequências foram aplicadas a uma outra situação limite de produção/negociação de significados, ao ser levada para uma escola pública de alunos surdos. Lá foram realizadas as adaptações necessárias para as especificidades daquela prática pedagógica que demandava novas formas de expressar os conceitos astronômicos em linguagem de sinais. Ali, pudemos observar a gênese de um novo gênero de ensino, a consolidação de novas estruturas curriculares e comparar os produtos das duas sequências para estudar a relação entre gêneros e atividades no âmbito do ensino científico.

Cambuhy *et al.* (2016), registrou em gravações e filmagens, com outros pesquisadores do grupo, as aulas de astronomia na escola e propôs um instrumental de análise da dinâmica dos instrumentos mediadores que possibilitaram a apropriação, pelos aprendizes, dos gêneros discursivos adequados a cada cenário sociocultural determinado,

bem como a tomada de consciência das mediações que mobilizam os sujeitos envolvidos com o sucesso desse ato.

Diante do trabalho com alunos surdos, ganhamos novos instrumentos para estabelecer as relações entre gêneros discursivos e as atividades humanas. Para nós, tal relação se enquadra numa perspectiva acadêmica do estabelecimento de instrumentos teórico-metodológicos, para a compreensão da relação entre os contextos e os modos de ser dos sujeitos no mundo, em particular, no processo educacional em que a ciência é o foco.

O desdobramento de nossa pesquisa levou-nos a centrar foco nos processos sociais de estabilização dessas formas discursivas (gênero) em cada campo do ensino de ciências (atividade). Para modelarmos esse fenômeno complexo de manifestação das formas do ensino de física, direcionamos nossa pesquisa para a relação entre gêneros enunciativos e a atividade, a fim de estabelecer o que veio a se tornar nossa nova unidade de análise, o Gênero-Atividade

2.11 Conceitos, enunciação e gêneros.

Assim, é no marco dos gêneros que passaremos a situar esta pesquisa de doutorado, em relação também ao que nomeamos como a 4ª onda (quadro 1) da produção teórica de nosso grupo de pesquisa.

Antes disso, é preciso que retomemos o trabalho que concluímos em 2012, a dissertação: *Lacuna e Enunciação no Ensino de Física: Quando a Física é Mágica* - uma abordagem sobre as formas do ensino de Física, seus gêneros, e as possibilidades enunciativas para a formação de conceitos nos sujeitos envolvidos nas atividades de ensino-aprendizagem.

O trabalho buscou utilizar os gêneros enunciativos como ferramenta para caracterizar as elaborações conceituais de cada contexto, bem como suas potencialidades e lacunas para compreensão (enquadramentos) dos conceitos científicos. Pudemos demonstrar como certos gêneros de ensino de Física favorecem uma apropriação consciente de sentidos dos conceitos científicos, enquanto outros gêneros favorecem uma apropriação esvaziada de semântica, orientada para a manipulação mecânica de algoritmos de resolução, mesmo que ambos tenham produzido resultados favoráveis entre os alunos nas atividades avaliativas. Essa contradição requereu um esforço para caracterizar como a atividade

educacional articula os gêneros, produzindo elementos mediadores, que habilitam os sujeitos a atingirem certos fins em detrimento de outros.

Partimos do trabalho, já mencionado, de Mendes (2011), que propôs o paralelo entre ensino de Física e o ensino de uma segunda língua, o que o levou a mapear os gêneros de ensino de Física, permitindo modelá-los a fim de caracterizar a física como uma linguagem. Seu mapeamento extensivo dos gêneros do ensino de física contemplou grande quantidade de materiais e formas enunciativas típicas. Contudo, era preciso haver uma classificação mais rigorosa que os reorganizasse e os apresentasse de uma perspectiva não isolada e reificada (gênero como coisa: o livro de exercícios, o *kit* experimental, o documentário científico, o simulador etc.), mas como formas estabilizadas de enunciação em repertórios sociais característicos de cada atividade de ensino.

A pesquisa de Camillo (2011), que analisa a relação sujeito-objeto, em atividades experimentais de ensino de ciências, no marco contextual da atividade, indica um caminho possível para entendermos as formas distintas como os sujeitos veem e se apropriam de uma observação experimental, ancorados em atividades distintas. Professor e aluno, não vêem o mesmo objeto num experimento científico, uma vez que mobilizam sentidos distintos, porque estão ancorados em ontologias distintas, o que Roth (2008) chamou de ontologia da diferença¹⁷. Camillo não utilizou o conceito de gênero em sua análise, mas indicou um caminho para que chegássemos a uma síntese entre gênero e atividade, fundamentando-nos no fenômeno do recorte de realidade e dos meios de visão que cada gênero propicia aos sujeitos que os mobilizam, em outras palavras, gêneros distintos fundam horizontes apreciativos distintos (MEDVIÉDEV, 2012).

Voltando a nossa pesquisa de mestrado (ORTEGA, 2012), nela propusemos uma classificação, uma organização dos gêneros e uma mudança de enfoque: de gênero como coisa, para gênero como processo. Isso nos permite olhar para cada área da esfera de ensino científico (escolas técnicas, cursinhos, museus de ciência, academia etc.), a partir dos gêneros ali produzidos e suas respectivas formas de enquadramento de mundo.

Ali, como já mencionamos, identificamos o fenômeno da hipertrofia da sintaxe, semelhante ao fenômeno do operativismo mecânico analisado por Pozo e Pérez e

¹⁷ Roth enfatiza que o caráter dialético dos enfoques socioculturais e históricos de Bakhtin, Vigotski e Leontiev implicam uma relação de não identidade das coisas com elas mesmas ($A=A$ e $A\neq A$) que pode ser mal interpretada como uma dualidade ou inconsistência em suas teorias.

Torregrosa (1988), que se expressa em atividades de ensino de ciência nas quais o gênero dominante operado pelos alunos são os formulários, resolução de exercícios e testes, que caracterizam as formas enunciativas típicas que circulam no ensino preparatório para o vestibular. Os diversos casos de resolução de exercícios de física, por alunos do ensino médio, analisados no capítulo final desse trabalho de mestrado, configuraram o que chamamos de esvaziamento semântico produzido por uma forma hipertrofiada de gênero dominante no ensino de física em detrimento da riqueza e diversidade de formas que caracterizam nossa disposição.

2.12 Gêneros de Ensino de Física.

Como mencionamos, em pesquisa de mestrado, utilizamos o conceito de gênero para caracterizar uma diversidade de discursos no ensino de ciências e caracterizar seus limites e potencialidades no ensino de física. Exploramos o aspecto do enquadramento, do gênero como um molde das possibilidades enunciativas e de significação, para entender a escolha de certas formas enunciativas em detrimento de outras no contexto escolar.

Se considerarmos os gêneros, apenas em sua materialidade, como uma forma discursiva concreta, podemos caracterizar um aspecto do enquadramento. Por exemplo, uma carta caracteriza um gênero primário, contém estruturas composicionais características para tratar informações num certo nível de complexidade: curtas descrições, narrativas associadas a expressões emotivas, indagações e réplicas.

Ela pode ser usada como gênero secundário, como numa coletânea de cartas, para compreender uma faceta elucidativa da vida de um escritor ou cientista. No entanto, servirá, de forma limitada, para um estudo científico mais complexo da elaboração de sua teoria, de sua modelagem matemática. Um relatório experimental ou uma obra de divulgação científica apresentariam um recorte completamente diferente e, conseqüentemente, produziram mediações que ressignificariam o significante.

Ensinar física por cartas, por exemplo, mostra a dimensão das idiossincrasias, produção humana, não definitiva, transitória e histórica. Podemos acompanhar momentos do desenvolvimento de uma ideia por um cientista e ter acesso a mediações inacabadas, processos que revelam seu percurso pelo conhecimento, a construção gradual de um argumento, aspectos que não aparecem em outros gêneros.

O gênero implica não só enquadramentos, mas a estabilização de formas de interação social. Cada gênero possui determinados referentes, uma determinada forma de composição e um determinado estilo. Assim, os usuários de uma determinada esfera social de atividade produzem e incorporam continuamente enunciados, que, por sua vez, constituirão gêneros que expressarão um tema, um estilo e uma composição, que refletem a esfera social na qual são continuamente produzidos. O gênero possibilita a reprodução de prática, ou seja, o conhecimento dos gêneros que cada usuário possui, ainda que nem sempre de maneira explícita, contribui para os processos de produção, incorporação e reprodução dos gêneros em cada esfera social.

Falamos, apenas, por meio de determinados gêneros do discurso, isto é, todos os nossos enunciados possuem formas relativamente estáveis e típicas de construção do todo (BAKHTIN, 2006, p.282).

Falamos, enunciamos, utilizamos a língua pelos gêneros, em contextos muito específicos nos quais reproduzimos e criamos conceitos, palavras e significados. Temos um rico repertório de gêneros adquiridos pelas interações que estabelecemos em cada esfera da vida social. No entanto, não dominamos todas as manifestações, pois elas são tão diversas quanto são as esferas da vida social. Em cada esfera nova em que penetramos, precisamos reaprender a falar, identificar suas formas enunciativas, apropriar-nos dos gêneros ali produzidos.

Aprender a falar significa aprender a construir enunciados (porque falamos por enunciados e não por orações isoladas e, evidentemente, não por palavras isoladas). Os gêneros do discurso organizam o nosso discurso da mesma forma que organizam as formas gramaticais (sintáticas). Nós aprendemos a moldar nosso discurso em formas de gênero. (BAKHTIN, 2006, p.283).

Quando nos apropriamos do gênero, inserimo-nos e criamos no fluxo enunciativo da esfera da qual estamos participando. Pelo gênero, antecipamos e prevemos o enunciado dos outros, entendemos sua orientação, criamos intersubjetividade.

O problema da lacuna está nesse processo, como usuários da língua, podemos falar e expressar-nos muito bem num gênero e não termos domínio algum em outro:

Muitas pessoas que dominam magnificamente uma língua sentem amíúde total impotência em alguns campos da comunicação precisamente porque não dominam na prática as formas do gênero de dadas esferas. Frequentemente, a pessoa que domina magnificamente o discurso em diferentes esferas da comunicação cultural, sabe ler o relatório, desenvolver uma discussão científica, fala magnificamente sobre questões sociais, cala ou intervém de forma muito desajeitada em uma conversa. (BAKHTIN, 2006, p.285).

Por isso, Bakhtin relaciona o domínio do gênero a nossa capacidade de nos comunicar e entender nossa posição no mundo. É pelo gênero que descobrimos nossa individualidade como falante que participa do fluxo enunciativo e se inscreve nele, ou seja, é pelo gênero que realizamos nosso projeto discursivo.

Essa ideia é importantíssima quando definimos o ensino de física como gênero, constituindo subgêneros. O Trabalho “Física: uma língua(gem)” (MENDES, 2010) faz um levantamento extensivo e generalizante dos tipos de gênero que aparecem no ensino de Física, focando-os em sua materialidade, sua forma concreta: o experimento, o problema, o vídeo, o gráfico etc. No entanto, não os organizou em conjuntos relacionadas a subesferas dentro da esfera de ensino, ou formulando de outra maneira, não relacionou esse conjunto extensivo a campos de gêneros como proposto por Rastier (2001).

Se os domínios da atividade correspondem a discursos, entre os discursos e os gêneros, devemos reconhecer uma mediação, a dos campos genéricos. Um campo genérico é um grupo de gêneros que contrastam ou até competem em um campo prático: por exemplo, no discurso literário, o campo genérico do teatro é dividido em comédia e tragédia; no discurso jurídico, os gêneros orais constituem um campo genérico específico (acusação, defesa, sentença).¹⁸ (RASTIER, 2001, p.230, tradução nossa).

A ideia que propomos é pensar dentro da esfera da educação científica, o ensino de Física como um uma macroestrutura de gêneros, ou um campo, constituído de gêneros

¹⁸ Si le domaines d’activité correspndent aux discours, entre les discours et les genres, il faut reconnaître une médiation, celle des champs génériques. Un champ générique est un groupe de genres qui contrastent, voire rivalisent dans un champ pratique: par exemple, au sein du discours littéraire, le champ générique du théâtre se divisait en comédie et tragédie; au sein du discours juridique, les genres oraux constituent un champ générique propre (réquisitoire, plaidoirie, sentence).

relacionados cada qual com sua especificidade, constituindo um sistema de gêneros. O campo de gêneros seria uma estrutura organizadora de gêneros que serviria para resolver certas necessidades comunicativas de uma esfera social. Assim, no Ensino de Física, podemos caracterizar diversas estruturas de campos de gêneros diferenciadas como as que encontramos num museu de ciências ou numa escola técnica.

Para um esboço rápido do que queremos dizer, representar uma lista simplificada de alguns campos de gêneros do Ensino de Física, reagrupando-os conforme atividades e gêneros que mais os caracterizam:

- Esfera do Ensino de Ciências
- Subesfera do Ensino de Física
- Campo de Gêneros Ensino técnico: (Gêneros: relatório técnico, manual de instrução, relatório experimental, livro técnico etc.)
 - Manipular instrumentos de medida
 - Montar Quadros de dados
 - Interpretar e construir gráficos
 - Analisar diagramas de montagem de dispositivos
- Campo de Gêneros de Pesquisa: (Gêneros: Artigo científico, livros teóricos, relatório de pesquisa, relatório experimental etc.)
 - Ler e produzir Artigos científicos
 - Trabalhar a modelagem de fenômenos
 - Realizar testes experimentais
 - Realizar medidas e análise de dados
- Campo de Gêneros de Ensino Vestibular: (Gêneros: provas de múltipla escolha, provas dissertativas, resumos, formulário, livro didático etc.)
 - Aprimorar a resolução de problemas
 - Saber aplicar formulários
 - Ler gráficos e relacionar com textos
 - Desenvolver processos mnemônicos

- Campo de Gêneros de Divulgação Científica: (Gêneros: Revistas, livros, documentários, jogos, exposições e shows etc.)
 - Criar representação de fenômenos em multimeios
 - Criar jogos interativos
 - Brinquedos científicos

Quadro 03 - Gêneros do ensino de física

Por essa abordagem, podemos tratar um conceito como gravidade, mediante enquadramentos bem distintos. Num museu de ciência, usaremos brinquedos que simulem gravidades maiores, nos quais as pessoas possam sentir a dificuldade de se mover numa gravidade mais intensa, jogos eletrônicos para simular fenômenos em campos gravitacionais diferentes do terrestre, filmes, dispositivos etc. No campo da pesquisa, trabalharemos como dispositivos tecnológicos, como acelerômetros digitais que reconhecem a direção da gravidade e permitem aparelhos celulares reposicionarem fotos no visor, conforme a posição em que são dispostos. No campo do vestibular, resolveremos problemas sobre queda livre, energia potencial, velocidade de escape de foguetes, para conseguir operar com

a formulação matemática da lei da gravitação. Em cada enquadramento produzido acima, teremos uma interação diferente que ativará uma percepção diferente do fenômeno gravitacional, ou seja, uma zona de perfil diferente.

A tentativa sistemática de utilizar os gêneros discursivos para caracterizar as formas do ensino de física fez emergir a relação deles com os propósitos institucionais da escola e as finalidades sociais do conhecimento.

Se o objetivo de um aluno são provas vestibulares, ele aprenderá um recorte específico da Física, por meio de formulários, algoritmos de resolução de problemas, leitura de gráficos e Quadros. Nesse processo, desenvolverá uma visão muito restrita da Física, não menos interessante, mas tão especializada, que dificilmente conseguirá utilizar em outras esferas da vida e a abandonará tão logo saia dos contextos em que essa forma é validada. Se seu objetivo for manipular dispositivos digitais, robóticos ou for filosofar, compreender os limites de nosso conhecimento do universo, novas “Físicas” surgirão para ele, novas possibilidades de ser, novas mediações e novas lacunas. Cada escolha lhe possibilitará realizar um projeto discursivo diferente, como propõe Bakhtin:

Quanto melhor dominamos os gêneros, tanto mais livremente os empregamos, tanto mais plena e nitidamente descobrimos neles nossa individualidade (onde isso é possível e necessário), refletimos de modo mais flexível e sutil a situação singular da comunicação; em suma, realizamos de modo mais acabado nosso livre projeto de discurso. (BAKHTIN, 2006, p.285).

Essa ideia fundamental levou-nos a compreender o gênero como uma estrutura organizadora do pensamento e organizadora da semântica, ou seja, o enquadramento e o recorte de realidade que estabelece e estruturam uma cosmovisão. Mediante seu conteúdo temático, cada gênero possui princípios de seleção, de visão de realidade, determinados graus de apreensão e níveis de profundidade. Gêneros moldam nosso modo de pensar, moldam nosso olhar para o mundo que nos cerca. Em cada nova esfera, em cada nova interação, em cada nova atividade humana, novos aspectos da existência alargam o horizonte apreciativo do sujeito, e refundam a significação objetual (VOLÓCHINOV, 2017).

Em *Marxismo e filosofia da linguagem*, o autor expressa esse movimento dialético, na dimensão histórica das atividades humanas¹⁹:

A evolução semântica na língua é sempre ligada à evolução do horizonte apreciativo - no sentido da totalidade de tudo o que tem sentido, importância aos olhos de um determinado grupo - é inteiramente determinada pela expansão da infraestrutura econômica. À medida que a base econômica se expande, ela promove uma real expansão no escopo da existência que é acessível, compreensível vital para o homem. O criador de gado pré-histórico não tinha preocupações, não havia muita coisa que realmente tocasse. O homem do fim da era capitalista está diretamente relacionado com todas as coisas, seus interesses atingem os cantos mais remotos da terra e mesmo as mais distantes estrelas. Esse alargamento do horizonte apreciativo efetua-se de maneira dialética. Os novos aspectos da existência, que foram integrados no círculo do interesse social, que se tornaram objetos da fala da emoção humana, não coexistem pacificamente com os elementos que se integraram à existência antes deles; pelo contrário, entram em luta com eles, submetem-nos a uma reavaliação, fazem-nos mudar de lugar no interior da unidade do horizonte apreciativo. Essa evolução dialética reflete-se na evolução semântica, uma nova significação se descobre na antiga e através da antiga, mas a fim de entrar em contradição com ela e de reconstruí-la. (BAKHTIN, VOLOCHINOV 1995, p.136).

¹⁹ Aqui, apresentamos as duas versões da obra que consideramos igualmente relevantes para mostrar aspectos complementares de nossa reflexão sobre a evolução do sentido e ampliação do horizonte apreciativo, ou horizonte valorativo: “A formação do sentido na língua está sempre relacionada com a formação do horizonte valorativo do grupo social, e, por sua vez, essa formação compreendida como um conjunto de tudo o que possui significação ou importância para o grupo, é determinada inteiramente pela ampliação da base econômica. Em decorrência da ampliação da base, amplia-se significativamente o horizonte da existência acessível, compreensível e essencial para o homem. O criador de gado primitivo não se interessa por quase nada e quase nada o afeta. O homem do fim da época capitalista se interessa por quase tudo, começando pelas regiões da Terra mais remotas e terminando pelas estrelas mais distantes. Essa ampliação do horizonte valorativo se realiza de forma dialética. Os novos aspectos da existência que passam a integrar o horizonte de interesses sociais abordados pelas palavras e pelo *pathos* humano não se esquecem dos elementos da resistência integrados anteriormente, mas entram em embate com eles, reavaliando-os, alterando o seu lugar na unidade do horizonte valorativo. Essa formação dialética se reflete na constituição dos sentidos linguísticos. Um sentido novo se revela em um antigo e com a ajuda dele, mas com o objetivo de entrar em oposição a ele e o reconstruir.” (VOLOCHINOV, 2017, p. 238)

Essa perspectiva de totalidade identifica-se muito com o modelo vigostkiano dos planos genéticos (filogênese, ontogênese, sociogênese e microgênese) que fundamentam sua visão de desenvolvimento humano (WERTSCH, 1985), como trataremos na seção de teoria e prática em sala de aula. Finalizaremos esta seção enfatizando a relação dialética entre as formas enunciativa e as atividades humanas, centrais nas categorias desenvolvidas pelo grupo, de: investigação científico-cultural, conceito-atividade, gênero-atividade e performance-atividade, que apresentamos no quadro (quadro 4), síntese das obras que marcam a produção do grupo de 2005 a 2020:

Quadro 04 – Síntese dos trabalhos do grupo ECCo que abriram caminho para esta pesquisa. Na parte inferior, os artigos publicados pelo Autor deste trabalho.

2.13 A nova unidade de análise: o Gênero-Atividade.

O esforço de propor aos indivíduos dimensões significativas de sua realidade, cuja análise crítica lhes possibilite reconhecer a interação de suas partes. Desta maneira, as dimensões significativas que, por sua vez, estão constituídas de partes em interação, ao serem analisadas, devem ser percebidas pelos indivíduos como dimensões da totalidade. (FREIRE, 1997; p.134)

A construção da perspectiva da totalidade está intrinsicamente relacionada com o processo de humanização e a possibilidade de fundar uma práxis transformadora. Na construção de uma representação da totalidade de relações o homem reconhece a si e aos outros, em atividade. Ao superar a aparência fenomênica e fragmentária do mundo e reconhecer a conexão entre as partes, o homem humaniza também a natureza, reconhecendo-se como construtor de si e do mundo. Entender as atividades humanas como fundamento de nossa existência, práxis autêntica, é o que vai determinar o processo de tomada de consciência como projeto, como ação transformadora. Nessa perspectiva que revela o homem como ser ontocriativo (KOSIK, 1976), como ser que cria a realidade em sua totalidade (humano-natural-social), a práxis é unidade do homem-mundo, realização da liberdade humana. Assim, a totalidade é, portanto, um momento de transcendência.

Mas o homem só atinge a dimensão de uma totalidade quando se põe como problema. Kosik cita o exemplo do camponês milenarmente adaptado à servidão da gleba, percebendo-a como natural e eternizando-a em sua prática. A situação dada é imediatamente condição natural, no entanto, quando organizado em uma atividade comunal autônoma, em conflito com a gleba, mediamente, por meio de sua atividade, na revolta ou em insurreição camponesa, ele percebe a limitação de sua condição anterior, percebida antes como uma totalidade absoluta. Agora a percebe como uma prisão, na qual ele é mais do que mera parte de uma situação dada. Percebe, nessa totalidade de maior complexidade fundada pelas práxis, sua condição anterior como problema (KOSIK, 1976). Perceber-se como problema em atividade é uma tônica no pensamento freireano e no pensamento marxista como um todo.

A tentativa sistemática de utilizar os gêneros discursivos para caracterizar as formas do ensino de física fez emergir a relação deles com os propósitos institucionais da escola e as finalidades sociais do conhecimento que representam totalidades cada vez mais complexas.

Os gêneros, entendidos como formas discursivas estabilizadas, integradas em práticas sociais que se reproduzem, operam com uma seleção de conceitos e conteúdos, recursos lexicais e estilos expressivos, que estabelecem enquadramentos (MEDVIEDEV, 2012), moldes, horizontes de apreciação social do mundo.

Por sua vez, propusemos que esses enquadramentos são determinantes na formação de perfil conceitual de professores e estudantes, ordens de aprendizagem e contextos de validade dos conteúdos mobilizados (RODRIGUES; MATTOS, 2007), ou seja, formas de ver o mundo como manifestações de formas de ser no mundo e com o mundo (MATTOS, 2014).

Na dissertação de mestrado, apresentamos o problema da lacuna, como perda de medições no processo de ensino aprendizagem, ligado a níveis de uso e apropriação dos gêneros do ensino de ciências, pelos estudantes e professores. Nosso modelo identificou uma diversidade de gêneros e uma relevância, estabelecida no ambiente escolar que estudamos, dada a dominância de certos gêneros em detrimento de outros, e as consequências disso sobre o processo de enunciação e aprendizagem dos alunos.

No entanto, percebemos a carência de um modelo de análise mais amplo, que desse conta de modelar os mecanismos de estabilização e reprodução de certos gêneros em detrimento de outros, bem como dos sentidos atribuídos ao ensino científico nas escolas, e o tipo de sujeito que se apropria da ciência.

Em suma, elaboramos aqui como convergiram os estudos sobre o ensino de Física, sobre Linguagem, sobre atividade e ontologia para pensar as questões sobre sentido e campos de validade dos conceitos.

Quando se fala da validade e sentido do ensino científico é comum a produção de um discurso de neutralidade e universalidade do valor desse conhecimento, independentemente de suas condições de produção e circulação (CAMILO, 2015). Nessa aparência de valor universal, consumimos a ciência, mas não a reconhecemos como nossa. Ela se torna algo familiar, mas estranho.

Pensar essas condições concretas do ato educativo, da apropriação do conhecimento científico, , portanto, como os sujeitos se organizam em atividades para sua realização, como enunciam na diversidade de manifestações desse conhecimento e como representam

o mundo. Pensar as condições concretas é construir uma perspectiva de totalidade e de superação do estranhamento.

A essência deste trabalho é a apreensão de uma totalidade de relações que caracteriza um momento do Ensino de Física no Brasil e os sentidos mobilizados pelos sujeitos que o produzem. Essa perspectiva busca compreender não só como atuam os sujeitos em atividade e como produzem dentro dessas relações, mas também como se produz e reproduz essa relação.

Assim, a articulação da teoria da atividade, da teoria da enunciação e da ontologia, numa modelagem complexa, constitui o contexto mais amplo dessa pesquisa: a relação entre gênero e atividade, na constituição do ser. Em outras palavras, o fundamento de nossa investigação são os gêneros do ensino de ciência que emergem nas diversas esferas de atividade humana relacionadas à educação, e que sujeitos se constituem nessas relações, para sua produção e reprodução na complexa cadeia de atividades sociais.

Finalizamos este capítulo mostrando como nosso grupo de pesquisa se inseriu no debate educacional de ensino de ciências, nos anos 2000, ajudando a estruturar o ensino e a pesquisa no Brasil. Desde o início, com o intuito de trabalhar com a complexidade das diversas questões educativas, no caso dos conceitos, muitos trabalhos que mencionamos, expressaram a elaboração dos conceitos como perfis conceituais complexos, possuindo diferentes sentidos, significados, que são chamados zonas desses perfis conceituais.

Considerando que a diversidade de zonas de um conceito está relacionada a um tipo de estabilização de sentidos e significados, ocorrida sócio-cultural-historicamente, fizemos e fazemos largamente o uso, como base teórica de nossos trabalhos das atividades humanas, da perspectiva da TASCH.

Com base em diferentes trabalhos desenvolvidos pelo grupo, foram criadas as noções de conceito-atividade, gênero-atividade e performance-atividade. Esta última, desenvolvida por (PALLONE, 2019), lida com a complexidade da atividade de ensino de física, a partir de uma reflexão sobre a relação teórica entre a Teoria da Atividade Sócio-Cultural-Histórica e as teorias do teatro e de performance arte.

A última reflexão explicita a radicalidade do ato vivido em atividade como produtor de sentido. Ela faz convergir os conceitos de *perejivanie*²⁰ de Vigotski, de vida como *ato*

²⁰ De acordo com Liberali (2018): “A palavra russa *perejivanie*, segundo Blunden (2014), tem sido traduzida em inglês como “a lived experience”, i.e., “uma experiência vivida”, e é usada em relação à expressão “social

único (BAKHTIN, 2000), diante da finitude, de Bakhtin, e de cronotopo²¹, também de Bakhtin, em que ser e pensar pertencem às práticas concretas, nos espaços e tempos possíveis, deste mundo.

situation of development” (situação social de desenvolvimento). Por sua vez, Delari Jr. e Bobrova Passos (2009) elucidam que o prefixo “pere” implica a ideia de “através”, e “zhivat” significa “viver”; portanto, perejivanie envolve a vida em transformação (...) perejivanie pode ser vista como uma experiência visceral, que contribui para o desenvolvimento de quem o sujeito é e em quem pode transformar-se.”(LIBERALI, FUGA, 2018, p.364).

²¹ “(...) o cronotopo é visto como uma categoria de análise estética, relacionada com a forma e o conteúdo, que realiza “a fusão dos índices espaciais e temporais em um todo inteligível e concreto” (Bakhtin, 2002, p.211). (...) Blommaert (2015) coloca em relevo o cronotopo como organizador dos principais acontecimentos temáticos, de modo que desencadeia o enredo e sua trajetória. Além disso, esse teórico enfatiza o aspecto mais produtivo do conceito que, a seu ver, é a conexão com a agência histórica e momentânea. Em sua concepção, cronotopos “são como ‘histórias invocáveis’, quadros elaborados, nos quais tempo, espaço e padrões de agência coincidem, criam significado e valor e podem ser desencadeados em face de outros cronotopos” (Blommaert, 2015, p.8, tradução nossa).” (LIBERALI, FUGA, 2018, p.368).

CAPÍTULO 3 – Questões teórico-metodológicas

Talvez se pense que, ao fazermos a defesa deste encontro dos homens no mundo para transformá-lo, que é o diálogo, estejamos caindo numa ingênua atitude no idealismo subjetivista. Não há nada, contudo, de mais concreto e real do que os homens no mundo e com o mundo. (FREIRE, 2011, p.174)

Como vimos até aqui, os referenciais teóricos de fundamento materialista histórico dialético vêm ganhando espaço, cada vez maior, nas produções críticas do ensino de ciência pela diversidade e riqueza de produções desenvolvidas, para além dos tradicionais gêneros de ensino. Eles são o que melhor tem dado respostas às atuais transformações pelas quais passa a educação, por sua flexibilidade e adaptação às realidades e condições de educação em cada recorte da multifacetada realidade. Quem, no entanto, realiza pesquisa no âmbito Educacional, tendo como matriz teórica a teoria sócio-cultural-histórica, encontrará conflitos com as concepções de ensino-aprendizagem e de ciência ainda muito difundidas:

Porém, apesar do crescente interesse pela perspectiva sócio-cultural-histórica, tanto no Brasil como no exterior, concordamos com Roth (2004; 2009) em que tal referencial ainda não foi completamente apropriado pelos pesquisadores no campo da educação em ciências, de maneira que o seu potencial ainda não foi completamente aproveitado, muito menos em uma perspectiva marxista (RODRIGUES *et al.*, 2014). Corroborando com essa posição, Ghelen *et al.* (2007) apontam que alguns aspectos da teoria vigotskiana têm sido tratados com certa superficialidade, sugerindo uma apropriação inconsistente desse referencial por parte dos grupos de pesquisa em ensino de ciências no Brasil. Segundo Roth (2009), parte das dificuldades encontradas na apropriação dessa perspectiva deve-se a sua ontologia materialista dialética, a qual não permite uma fácil integração na lógica formal e não dialética que subjaz grande parte no pensamento vigente na área de ensino de ciências. (CAMILLO; MATTOS, 2014, p.212)

Outro aspecto é que quem quer que utilize os referenciais da teoria da atividade deve ter sempre clara sua dimensão ontológica e política. Em outras palavras, deve sempre ter clareza de que esse referencial tem, como princípio, sempre explicitar as relações sociais, históricas, humanas que sustentam e validam os conceitos, os enunciados, as mediações e sentidos produzidos numa certa atividade. Ainda mais, quem utiliza esses referenciais busca entender e transformar essas relações, explicitando a intencionalidade e as contradições resultantes da ação transformadora dos sujeitos nela envolvidos. Finalmente, deve refletir sobre como os sujeitos alteram sua prática e a si mesmos ao longo da história.

Assim, justificar a importância destes ou daquele conteúdo escolar, deste ou daquele currículo, desta ou daquela escola não tem sentido, até que assumamos quem são os sujeitos que estão envolvidos nessa atividade, de que atividades participam, que sentidos mobilizam nas esferas de atividade de que participam, que conflitos estabelecem em suas práticas. Ou seja, devemos ter como perspectiva final de nossa reflexão teórico-prática a constituição de uma totalidade concreta e não de uma generalização esvaziada (ROTH, 2005).

O tratamento que daremos aos aspectos metodológicos dividem-se em duas partes:

1. Planejamento e a estruturação de atividades pedagógicas em ensino de ciências à luz do referencial teórico da teoria da atividade.
2. A reflexão crítica sobre a validade do referencial teórico à luz dos resultados de sua aplicação visando a sua ampliação e aprimoramento.

Em outras palavras, estamos assumindo a relação-sujeito objeto em uma dinâmica histórico-evolutiva, baseados em nossa prática consciente e na crítica teórica, tendo sempre história como realidade aberta e movimento concreto.

Nesta seção, discutiremos algumas implicações teórico-metodológicas de nossa perspectiva.

3.1 Gênero como coisa ou gênero como relação

Nos últimos quinze anos, a expressão gêneros do discurso, na acepção bakhtiniana, tem ganhado espaço, no discurso pedagógico na orientação de práticas educacionais. Faraco (2009) alerta-nos para seu uso inflacionado e, muita vez, descaracterizado, o que torna necessário criticar a cristalização e a reificação de seu emprego nos espaços educacionais.

Em primeiro lugar, Faraco faz referência à etimologia do termo, *genus*, termo latino que significa ‘linhagem, estirpe, raça’. O radical *gen-* significa ‘gerar’, ‘produzir’. A utilização do termo gênero para o discurso implica, portanto, que reconheçamos certas linhagens discursivas com características muito similares, o que permite que estabeleçamos critérios de classificação com base nesses traços comuns. Tal aspecto fez com que, ao longo da história da teoria dos gêneros, que remonta aos trabalhos de Platão e Aristóteles, eles fossem interpretados mais na perspectiva de produtos, suas propriedades formais, do que de processos, suas funções sociais.

Segundo o autor, houve uma forte propensão reificadora e normativa, nas quais as propriedades formais dos gêneros foram tomadas como propriedades fixas. O resgate, porém, que Bakhtin faz do termo, no século XX, alude a uma dimensão da linguagem como atividade sociointeracional, tendo como unidade de análise o enunciado e sua dinâmica, em contraste com a unidade tradicional dos estudos linguísticos, a sentença, que ignora a realidade linguística como interação social. Neste novo horizonte de análise:

Os gêneros não são enfocados apenas pelo viés estático do produto (das formas), mas principalmente pelo viés dinâmico da produção. Isso significa dizer que a teoria do Círculo assevera axiomáticamente uma estreita correlação entre os tipos de enunciados (gêneros) e suas funções na interação socioverbal; entre os tipos e o que fazemos com eles no interior de determinada atividade social. (FARACO, 2009, p.126)

Com isso, Bakhtin cria uma vinculação orgânica entre a atividade humana. Assim, para entendermos um enunciado qualquer, faz-se necessário, para além de seus aspectos formais, remetermo-nos às atividades humanas que o produziram, por que não falamos no vazio, nossos enunciados têm direcionalidade social, ou seja, conteúdo temático, organização composicional e estilos próprios, correlacionados às condições e finalidades da atividade que o produziu.

Quando Bakhtin afirma que os gêneros são tipos relativamente estáveis de enunciados (2006), está evidenciado seu caráter histórico, finito e impreciso, ou seja, não são formas acabadas e coisificadas, mas são dependentes de contextos de produção e uso, dentro de atividades específicas. Eles são plásticos e maleáveis - mesmo em suas formas mais estandardizadas, como documentos oficiais, ordens militares, felicitações sociais,

operam-se mudanças, porque as atividades humanas são dinâmicas e estão em contínuo processo de transformação. Isso não nos impede de reconhecer formas estabilizadas e similaridades.

De certo modo, a dinâmica da tipificação é um processo socialmente construído de gerar significado, baseado no reconhecimento de similaridades e analogias. (FARACO, 2009, p.129)

A ideia de relativa estabilidade leva Bakhtin a antecipar uma discussão da teoria social de que as atividades humanas não são nem totalmente previsíveis por modelos pré-definidos, nem totalmente casuais. Para compreender uma atividade, faz-se necessária uma contínua ligação com as condições concretas de sua produção, uma contínua ligação com a vida.

Em vista disso, os enunciados produzidos por uma pessoa, em seu processo de ensino aprendizagem, não podem ser tomados como objetos isolados, senão como processo, o primeiro e o último enunciado como um ato único. Há uma tensão que se estabelece aqui que nos obriga ao esforço de romper com as paredes da sala de aula, como os muros da escola, a fim de integrar outras dimensões da vida do aprendiz.

3.2 Aspectos metodológicos do modelo de gênero

Segundo Brait (2006), o grande interesse despertado recentemente nas ciências humanas em torno das produções do Círculo de Bakhtin, uma filosofia da linguagem fundada numa ética e numa estética como expressões de práticas concretas, deve-se a suas possibilidades de pensar o homem, as culturas, a produção do conhecimento, as particularidades das atividades humanas, o papel da linguagem e das interações sociais na construção dos sentidos, a alteridade como condição de identidade entre seus aspectos principais.

Tomando a interação verbal, na miríade de práticas humanas, como centro organizador da enunciação, de qualquer ato de fala, Bakhtin permite-nos estabelecer critérios para relacionar o conjunto das condições de vida, a produção social da existência com suas formas enunciativas.

Para apresentar sua controversa noção de método (BRAIT, 2006) a partir desse centro organizador da vida, Bakhtin retoma, em *Marxismo e filosofia da linguagem*, as duas orientações clássicas do pensamento filosófico-linguístico (a da expressão, subjetiva, e a do sistema, objetiva), explicita o dualismo em que se encerram e vai posicionando-se dialeticamente em relação às duas, construindo os conceitos de enunciação, interação, interlocutor, auditório social, de palavra como vínculo existencial entre dois falantes²², diálogo, sistemas ideológicos, ideologia do cotidiano até uma dimensão de totalidade enunciativa concreta.

A língua vive e evolui historicamente na comunicação verbal concreta, não no sistema linguístico abstrato das formas da língua nem no psiquismo individual dos falantes. (BAKHTIN\VOLOCHINOV, 1995, p.124)

Tendo isso em vista, apresenta um procedimento metodológico para o estudo da língua como um todo:

Disso decorre que a ordem metodológica para o estudo da língua deve ser a seguinte:

1. As formas e tipos de interação verbal em ligação com as condições concretas em que se realiza.
2. As formas das distintas enunciações, dos atos de fala isolados, em ligação direta com a interação de que constituem os elementos, isto é, as categorias de atos de fala na vida e na criação ideológica que se prestam a uma determinação pela interação verbal.
3. A partir daí, exame das formas da língua em sua interpretação linguística habitual.

(...) É nessa ordem que se desenvolve a evolução real da língua: as relações sociais evoluem (em função das infraestruturas), depois a comunicação e a interação verbais evoluem no quadro das relações sociais, as formas dos atos de fala evoluem em consequência da

²² “Ser significa comunicar-se pelo diálogo. Quando termina o diálogo, tudo termina. Daí o diálogo, em essência, não poder nem dever terminar. (...) duas vozes são o mínimo de vida, o mínimo de existência. (BAKHTIN, 2015, p. 293).

interação verbal, e o processo da evolução reflete-se, enfim, na mudança das formas da língua. (BAKHTIN\VOLOCHINOV, 1995, p.124, ênfase adicionada)

Em sua perspectiva teórico-metodológica, não há categorias *a priori*, que possam ser aplicadas de forma esquemática e mecânica a textos e discursos, para a compreensão dos sentidos de um discurso, de uma obra etc. O que há são conceitos forjados a partir da noção de alteridade (réplica, dialogismo, vozes, polifonia, acabamento) que nos permitem captar o processo, o movimento concreto numa certa totalidade: “a primeira e a última palavra dita, o começo e o fim de uma enunciação” (BAKHTIN, 1995, p. 125). Como veremos adiante, nos exemplos aplicados ao ensino de ciência, o processo ensino-aprendizagem pode ser caracterizado numa miríade de atos enunciativos conectados, desde registros formais dos alunos em sala de aula, até atos fortuitos de apreciação no mundo, nos espaços extraclasse, dentro de um certo acabamento que sustente a caracterização de uma atividade.

3.3 A unidade complexa da voz, gênero e atividade

Em qualquer nível que investiguemos a prática educativa, se não queremos perder a perspectiva de totalidade, assumimos a necessidade de estudar as formas de mediação que emergem para atualizar o cenário sociocultural e as atividades em que emergem.

Buscando fazer convergir os pensamentos de Vigotski e Bakhtin, Wertsch (1993) relacionou as diversas formas de ação mediada aos diferentes cenários históricos, culturais e institucionais, propondo a análise dos gêneros discursivos, mobilizados em atividades determinadas, como formas mediadoras e de determinação das ações individuais em cada contexto determinado.

Nenhum enunciado faz sentido sem que se explicitem suas condições de produção, quem são os falantes que o enunciam. Para isso, Bakhtin formula a noção de voz, que torna explícita a situação em que o falante e a consciência que tem de como está situado numa

atividade e no mundo. A expressão de uma necessidade biológica como a fome, por exemplo, ganha contornos históricos e sociológicos bem diferentes se levarmos em conta a situação concreta e a posição social do falante:

Na verdade, qualquer que seja a enunciação considerada, mesmo que não se trate de uma informação factual (a comunicação no sentido estrito), mas da expressão verbal de uma necessidade qualquer, por exemplo, a fome, é certo que ela na sua totalidade, é socialmente dirigida. Antes de mais nada, ela é determinada da maneira mais imediata pelos participantes do ato de fala, explícitos ou implícitos, em ligação com uma situação bem precisa; a situação dá forma à enunciação, impondo-lhe esta ressonância em vez daquela, por exemplo, a exigência ou a solicitação, a afirmação de direitos ou a prece pedindo graça, um estilo rebuscado ou simples, a segurança ou a timidez etc. A situação e os participantes mais imediatos determinam a forma e o estilo ocasionais da enunciação. Os estratos mais profundos da sua estrutura são determinados pelas pressões sociais mais substanciais e duráveis a que está submetido o locutor. (BAKHTIN\VOLÓCHINOV, 1995, p.114)

Bakhtin mostra-nos que o enunciado “tenho fome” adquire formas distintas quando dito por alguém em relação a um interlocutor que tem a obrigação de o alimentar, ou é dita por um hóspede para o amigo, ou na própria casa para a mãe, ou num restaurante para o garçom etc. Sozinho, o estado fisiológico da fome não pode ter uma expressão mental acabada, é preciso considerar uma ubiquação (situação espacial e temporal) social e histórica bem definida para que ganhe sentido.

O sentido da entonação da sensação interior de fome dependerá tanto da situação mais próxima da vivência quanto da posição geral daquele que passa fome. Com efeito, essas condições determinarão qual será o contexto valorativo e o horizonte social em que a experiência da fome será concebida. O contexto social mais próximo determinará os possíveis ouvintes, aliados ou inimigos para os quais a consciência vivência da fome irão orientar-se, por exemplo, a amargura com a má sorte e o destino infeliz, consigo mesmo, com a sociedade, com um determinado grupo social ou com uma pessoa

etc. É claro que essa orientação social da vivência pode possuir diferentes graus de consciência, precisão e diferenciação, porém não pode haver vivência sem ao menos uma orientação social valorativa. Até o choro de um bebê de colo é 'orientado' para mãe. (VOLÓCHINOV, 2017, p.208)

Com isso, queremos definir concretamente quem tem fome, entre que pessoas têm fome, em que interações sociais essa fome se apresenta, para entender por que esse pedido soa de uma forma e não de outra: como súplica, como ordem, com segurança ou timidez, num estilo simples ou eloquente e altissonante, com sutileza ou agressivamente.

Por meio do exemplo dos diferentes grupos sociais em que esse enunciado sobre a fome se realiza, podemos entender por que quanto mais estruturada, organizada, forte, unida e diferenciada for uma coletividade dentro da qual um indivíduo se orienta, mais diversificada e complexa será sua apreciação do mundo e seu mundo interior.

Suponhamos que um faminto tome consciência de sua fome em uma multidão desunida de famintos ocasionais (um azarado, um mendigo etc.). A vivência desse solitário marginalizado terá um tom específico e tenderá a certas formas ideológicas, cuja amplitude pode ser bastante vasta: Resignação, vergonha, inveja e outros tons valorativos marcarão sua vivência. Esta irá desenvolver-se na direção das formas ideológicas correspondentes: o protesto individualista de um miserável ou a resignação mística de um penitente. (VOLÓCHINOV, 2017, p.209)

Nessa vivência do mendigo em um centro urbano, caracterizada por atividade social desorganizada, atomizada e fragmentada, a fome se expressa pelo silêncio solitário, pela vergonha e até pela loucura. Vejamos, agora, como a fome desse mendigo urbano é diferente da fome de um camponês que vivencia uma outra forma de prática social, mais orgânica e organizada. Bakhtin/Volóchinov lançam o olhar sobre uma antiga forma de organização comunal igualitária: o *mir*²³.

²³ O *mir* é uma comunidade de aldeia que funciona ao nível do povoado. Ele se apropria das terras dos camponeses e as distribuiu entre seus membros segundo diversos critérios que supostamente mantêm uma certa igualdade entre as diversas famílias camponesas (...) A unidade, para efeito de distribuição, é a família. A área recebida por cada família corresponde, em princípio, a uma fração determinada da terra do povoado a que essa família pertence (...). A fração é estabelecida, levando-se em conta o 'número' de membros de cada família, mas dependendo do povoado, esse 'número' corresponde ao número de 'bocas' que a família tem de

Suponhamos que o faminto pertença a uma coletividade em que a fome não é ocasional e tem um caráter coletivo, porém a própria coletividade de famintos não possui uma ligação firme material, isto é, passa fome desunida. Na maioria dos casos, os camponeses se encontram nessa posição. A fome é partilhada por todos, porém, com a desunião material e ausência de uma economia única, cada um vive num mundinho pequeno e fechado de sua economia individual. Uma coletividade assim não possui um corpo material unificado para uma ação unificada. Nessas condições prevalecerá a consciência resignada, porém não sem vergonha e humilhação, da sua fome: ‘Todos aguentam, aguenta você também’. Nesse terreno se desenvolvem os sistemas filosóficos e religiosos como a não violência e o fatalismo (o cristianismo primitivo e o tolstoísmo). (VOLÓCHINOV, 2017, p.209)

Agora, comparemos esse grupamento, estruturado como classe econômica (classe em si) com outro que, além de ter uma prática econômica organizada e complexa, também tem uma prática política (classe para si):

O membro de uma coletividade (regimento de soldados; trabalhadores reunidos em uma fábrica, lavradores assalariados de uma grande fazenda capitalista e, por fim, uma classe inteira ao amadurecer até a forma da ‘classe para si’). Organizada em termos objetivo-materiais, vivencia fome de modo totalmente diferente. Nesse caso, prevalecerão na vivência os tons de protesto ativo e confiante, e não haverá espaço para entonações de resignação e de submissão. Além disso, o terreno será mais perto para a clareza ideológica e o acabamento da vivência. (VOLÓCHINOV, 2017, p.209)

Cada um desses três grupos, organizados em práticas distintas, possuem suas formas representativas e enunciativas características para o fenômeno em questão. Nelas, é a situação social que determina qual será a imagem, a metáfora, a entonação, a forma de enunciar a fome a partir das inflexões de cada experiência.

alimentar, às pessoas capazes de trabalhar e pode igualmente ser fixada, levando-se em consideração os meios de produção à disposição da família, sobretudo a quantidade de animais de tração que ela possui. (BETTELHEIM, 1979, p.190 e 193-194).

Baseando-se nesse marco contextual do enunciado, em sua orientação social a outros enunciados, Bakhtin/Volóchinov elabora o conceito de voz. A voz é uma síntese de enunciações determinadas pelos participantes de um acontecimento. A voz é um elo no encadeamento de enunciados. Em nossa perspectiva ontológica, explicitar esse encadeamento das vozes no fluxo enunciativo nos ajuda a compreender a direcionalidade, a intencionalidade do discurso e a estabelecer o problema de uma totalidade discursiva que caracteriza as formas de ser.

De acordo com Bakhtin, um enunciado não existe à margem de uma situação cronotópica enunciativa. Nosso esforço pedagógico e de pesquisa, na perspectiva do gênero-atividade, é criar condições concretas, em múltiplos contextos interligados, de produção e complexificação enunciativa. Interessa-nos, especificamente, como um conceito apropriado pelo aluno, vai ganhando tons, cores e textura, e vai sendo refratado em cada nova experiência de vida. Dessa forma, como o aluno aprecia o mundo mediado pelos conceitos da física e os enuncia nos diversos espaços de sua existência: em sala de aula, numa prova, num estudo de meio, numa viagem com a família, num jogo com os amigos, nas redes sociais etc., como uma totalidade, que atribui nova dimensão a nossa perspectiva de ensino-aprendizagem.

É fácil fazer a afirmação de que temos de interpretar a produção enunciativa como uma totalidade, difícil é traduzir isso em propostas metodológicas e encontrar índices empíricos nos quais os enunciados dos participantes possam ser interpretados (VILA, 1998).

3.4 Hierarquias da voz

A noção de pluralidade de vozes e diálogo estão profundamente relacionados no pensamento de Bakhtin. Os enunciados não têm somente uma orientação social, no sentido em que expressam a perspectiva de um falante e de um ouvinte, mas por incluir outras vozes sociais fundadoras de uma arquitetura enunciativa.

A noção de diálogo, nessa perspectiva, vai muito além de um emissor e um receptor, mas obriga-nos a considerar a concretude de uma situação enunciativa, a pluralidade de vozes e as formas de ser em que cada uma se estrutura e desenvolve.

A compreensão da linguagem como fenômeno social implica que nós, falantes, sempre lançamos mão de um estoque social de recursos comunicativos, de repertórios

estabilizados pelas práticas sociais. As noções de ventriloquação, hibridização e gênero permitem-nos compreender esse fenômeno em níveis hierárquicos de complexidade nas atividades. Com a ventriloquação, mostra-se como uma voz fala através de outro tipo de voz em uma linguagem social, quando ainda tem muito incipientes um repertório e domínio de seus enunciados. (CHARRET; KRAPAS, 2008).

No processo de formação de seu repertório enunciativo, o falante adquire consciência das vozes sociais que sustentam aquele enunciado, de seus contextos de produção e uso. À medida que se apropria do estoque de enunciados, elabora enunciados híbridos que sustentam a estruturação e reorganização de seu repertório, estabelecendo novas conexões com outros enunciados e exprimindo sua intencionalidade discursiva.

Por isso, pode-se dizer que qualquer palavra existe para o falante em três aspectos: como palavra da língua neutra e não pertencente a ninguém; como palavra *alheia* dos outros, cheia de ecos de outros enunciados; e, por último, como a *minha* palavra, por que eu opero com ela em uma situação determinada, com uma intenção discursiva determinada, ela já está compenetrada da minha expressão. (BAKHTIN, 2006, p.294)

Aprendemos a falar por gêneros sem nos dar conta disso. Os gêneros são usados habilidosamente desde a mais tenra idade em nossas práticas cotidianas, mesmo que, em termos teóricos, desconheçamos sua existência. Antes de tomar consciência deles e empregá-los com outro grau de consciência e complexidade, começamos a moldar nosso discurso por suas formas, num primeiro momento de forma até padronizada e estereotipada, como quando um bebê, que ainda balbucia sílabas, imita a fala e gestos repreensivos do pai durante o ato de comer; e, depois, de maneira mais flexível, plástica e criativa quando começamos a criar nossos enunciados nas formas da fala cotidiana, por exemplo, quando uma criança faz adultos rirem por contar, com domínio, uma piada.

Esses gêneros do discurso nos são dados quase da mesma forma que nos é dada a língua materna, a qual dominamos livremente até começarmos o estudo da gramática. A língua materna – sua composição vocabular e sua estrutura gramatical – não chega ao nosso conhecimento a partir de dicionários e gramáticas, mas de enunciações concretas que nós mesmos ouvimos e nós mesmos

reproduzimos na comunicação discursiva viva com as pessoas que nos rodeiam. (BAKHTIN, 2006, p.282)

Justamente, porque ouvimos, reproduzimos, mimetizamos, tentamos inúmeras vezes produzir compreensão, em cada momento da vida, em cada enunciação, tomando de empréstimo o estoque de gêneros que temos à disposição, nas inúmeras práticas de que participamos, que podemos entender por que falamos por gêneros. Aprender a falar é aprender a construir enunciados, e dialogar pressupõe que antecipemos e reconheçamos os gêneros empregados no discurso alheio.

Em nosso trabalho de mestrado (ORTEGA, 2012), houve o esforço em detectar lacunas enunciativas em formas dominantes dos gêneros escolares de ensino de ciências. Em artigo (ORTEGA; MATTOS, 2018), analisamos o esvaziamento semântico dos enunciados na atividade típica de resolução de exercícios e problemas vestibulares largamente difundida nas escolas. A incômoda pergunta ouvida pelos professores de física, “qual fórmula é para usar?”, é decorrência típica desse esvaziamento semântico conceitual dos enunciados escolares.

Neste trabalho, nosso objetivo é ir adiante na compreensão dos gêneros do ensino de ciências, entendendo a produção enunciativa em múltiplos níveis entrelaçados (complexos de complexos), tornando explícito em cada nível hierárquico das atividades, qual gênero como instrumento mediador privilegiado (WERTSCH, 1993).

Nessa medida, uma análise dos textos e enunciados que organizam uma situação determinada das práticas educativas escolares torna necessário lançar um olhar rigoroso e de conjunto, desde os textos legais, como a estrutura curricular, até os programas de aula e planejamentos pedagógicos, passando pelo projeto educativo da instituição e pelos programas curriculares centrais. Isso implica uma perspectiva sociológica de análise, de forma que seja possível reconhecer as relações entre os ditos textos e enunciados e os consensos culturais sobre a educação que são transmitidos numa atividade determinada. Em suma, trata-se de estudar o gênero dominante que se propõe aos alunos, para que eles o dominem como a fonte de conhecimento formal que devem possuir (VILA, 1998).

Outro aspecto importante é o estudo dos pensamentos e crenças expressos nos mediadores culturais em relação às práticas pedagógicas que, efetivamente, são concretizadas. Esses pensamentos são índices importantes para interpretar a hierarquia das vozes em interação social e explicitar as contradições de uma atividade. Por exemplo, como

as crenças democráticas de um espaço educacional realizam-se concretamente dadas suas práticas de controle e disciplina, proporcionando aos estudantes maiores ou menores níveis de engajamento, autoria, e responsabilidade para com as práticas educativas.

3.5 Implicações na pesquisa em ensino

Na literatura da área de ensino de física, costuma-se organizar, em grandes temas de pesquisa (PIETROCOLA, 2001) ou ênfases curriculares (MOREIRA; AXT, 1986), as práticas em sala de aula como mostra a tabela 01.

Tabela 01 – Temas de pesquisas no ensino de Física classificados isoladamente.

Professor e pesquisador, em seu planejamento e práticas em sala de aula, quando vão decidir a quais atividades vão expor seus alunos, no tempo didático que lhes é permitido, recorrem a essa classificação. Por exemplo, um professor que queira enriquecer suas aulas de física, traz elementos da história da ciência, propõe uma atividade experimental, resolve exercícios, propõe problemas abertos etc. No entanto, ele faz isso utilizando certa estrutura composicional de um livro didático ou por seu estilo pessoal, sem uma referência teórica de porte que o ampare, o que faz com que a reflexão sobre sua prática seja episódica, conjuntural, mas não estrutural, no sentido compor uma estrutura enunciativa estabilizada que seja incorporada ao currículo escolar, num nível institucional.

Por mais que os autores sinalizem que os elementos dessa classificação não são excludentes, nem estanques, é notória a ausência de um referencial teórico-metodológico que os articule e os apresente de uma forma integrada.

Para nós, uma perspectiva mais integradora, capaz de abarcar uma totalidade mais abrangente de relações envolvendo sujeito-objeto-comunidade, pode ser obtida considerando, no momento de partida da estruturação do ato educacional, a compreensão da realidade como dotada de problemas significativos, numa perspectiva dialógica que inclua os recortes de realidade de seu auditório social em múltiplos níveis: o aluno, sua família, a instituição escolar etc. (ver Capítulo 4). Nesse sentido, por meio da seleção de um problema, o cotidiano torna-se uma instância estruturante.

Os sistemas ideológicos constituídos da moral social, da ciência, da arte e da religião cristalizam-se a partir da ideologia do cotidiano, exercem, por sua vez, sobre esta, em retorno, uma forte influência e dão assim normalmente o tom a essa ideologia. Mas, ao mesmo tempo, esses produtos ideológicos constituídos conservam constantemente um elo orgânico vivo com a ideologia do cotidiano; alimentam-se de sua seiva, pois, fora dela, morrem, assim como morrem, por exemplo, a obra literária acabada ou a ideia cognitiva se não são submetidas a uma avaliação crítica viva. (BAKHTIN\VOLOCHINOV, 1995, p.119)

Os gêneros primários e secundários propostos por Bakhtin modelam essa ligação e suas rupturas.

Não se deve, de modo algum, minimizar a extrema heterogeneidade dos gêneros discursivos e a dificuldade daí advinda de definir a natureza geral do enunciado. Aqui é de especial importância atentar para a diferença essencial entre os gêneros discursivos primários (simples) e secundários (complexos) – não se trata de uma diferença funcional. Os gêneros discursivos secundários (complexos – romances, dramas, pesquisas científicas de toda espécie, os grandes gêneros publicísticos etc.) surgem nas condições de um convívio cultural mais complexo e relativamente muito desenvolvido e desorganizado. (Predominantemente, o escrito) – artístico, científico,

sociopolítico etc. No processo de sua formação, eles incorporam e reelaboram diversos gêneros primários (simples) que se formaram nas condições da comunicação discursiva imediata. Esses gêneros primários, que integram os complexos, aí se transformam e adquirem um caráter especial: perdem o vínculo imediato com a realidade concreta e os enunciados reais alheios (BAKHTIN, 2006, p.263)

Nossa unidade de análise, o gênero-atividade, propõe essa uma articulação viva que apresentamos na figura 10.

Figura 10 – Apresentação dos temas de pesquisa em ensino de física (gêneros secundários) integrados ao cotidiano (gêneros primários).

Em suma, assumimos o cotidiano de um determinado cenário sociocultural como centro organizador dos processos educativos.

3.6 Um pouco mais sobre ontologia, formas de ser e atividade

Para ilustrar um pouco mais a hierarquia das formas de ser, a noção de totalidade de totalidade de totalidades que tratamos até aqui, faremos um breve intervalo na reflexão teórica, para nos expressar de forma estética. Por isso, começemos com a leitura um poema de Ferreira Gullar intitulado *O Açúcar*. Além de nos sensibilizar para o próximo, capítulo sobre a prática em sala de aula, essa análise possibilita aludir ao caráter ontológico da atividade, como uma forma de ser determinada e problematizá-la. A questão de pôr-se como problema, superando uma forma aparente de relação, estável e absoluta, percebendo-a em perspectiva, com relação a totalidades de maior complexidade, com suas formas de consciência correspondentes.

Esse poema é a formulação mais sintética e estética, para expressarmos as implicações do conceito de totalidade na problematização de uma situação dada.

O Açúcar

O branco açúcar que adoçará meu café
nesta manhã de Ipanema
não foi produzido por mim
nem surgiu dentro do açucareiro por milagre.

Vejo-o puro
e afável ao paladar
como beijo de moça, água
na pele, flor
que se dissolve na boca. Mas este açúcar
não foi feito por mim.

Este açúcar veio
da mercearia da esquina e tampouco o fez o Oliveira,
dono da mercearia.
Este açúcar veio
de uma usina de açúcar em Pernambuco
ou no Estado do Rio
e tampouco o fez o dono da usina

Este açúcar era cana
e veio dos canaviais extensos
que não nascem por acaso
no regaço do vale.

Em lugares distantes, onde não há hospital
nem escola,
homens que não sabem ler e morrem de fome
aos 27 anos
plantaram e colheram a cana
que viraria açúcar.

Em usinas escuras,
homens de vida amarga
e dura
produziram este açúcar
branco e puro
com que adoço meu café nesta manhã em Ipanema.
(GULLAR, 1980, p.227).

Comecemos com perguntas-problema:

- Qual o tamanho de seu açúcar?
- Pode o açúcar doce ser amargo?

Em termos Bakhtinianos, em qual cronotopo o açúcar é doce ou amargo?

Para respondermos a essas perguntas, devemos nos esclarecer qual a atividade humana em que se concretiza a relação com o açúcar a que nos referimos: à cotidiana do café da manhã, em que consumimos o açúcar por seu valor de uso de adocicar os alimentos. Ou à esfera do mercado, em que encontramos uma variedade de tipos de açúcar, para cada atividade culinária, mercadorias com valor troca. Ou, ainda, à esfera de produção desses tipos de açúcar que expressam práticas do latifúndio, do engenho, do Brasil colônia.

Note que Gullar parte da relação mais imediata, mas não menos complexa, da percepção sensorial, a doçura e a brancura. Ela mesma já constitui uma totalidade de relações, na qual podemos discernir uma infinidade de sabores, texturas e sensações que caracterizam os tipos de açúcar. É dela que parte o poeta, mas ela não basta ao poeta. Naquele açúcar não está toda existência, e o poeta o põe como problema.

Somos conduzidos, então, para uma esfera de complexidade diferente, uma esfera na qual se compra e vende açúcar, como mercadoria, valor de troca. Nessa esfera ruidosa, o açúcar se torna mais complexo sustentado por uma infinidade de atividades que o utilizam para os mais diversos fins: o açúcar mascavo, o açúcar cristal, o açúcar de confeitiro etc. Cada qual com um valor diferente, para uma finalidade diferente, agora ganham preços, valem dinheiro.

Ainda assim, essa totalidade de relações já não basta para poeta, que a põe como problema para nos conduzir a outra esfera, menos ruidosa e diversa: a esfera da produção dessa mercadoria. Não qualquer produção, mas a produção no nordeste do Brasil, onde está mais viva a marca da relação colonial. Nessa esfera amarga e escura, resolve-se a aparente contradição de nossa segunda pergunta. Perceber o amargor do açúcar é pôr a doçura como problema. Na relação da produção, temos outras mediações para entender a relação de consumo ou de circulação, e por ela podemos resolver a contradição concreta dessa entidade doce e amarga, expressando-a como relação e como processo, não como coisa apenas.

Para Freire, quando os homens dessas esferas entram em diálogo problematizador, enriquecem-se de mundo, enriquecem-se de mediações e abrem a possibilidades de alterar sua condição.

E o que é aprender o açúcar, senão aprendê-lo em todas essas esferas, hipercontextualizando-o como generalização do conceito (SANTOS, 2009), enriquecendo seus sentidos, em vez de torná-lo entidade abstrata. Um sujeito mediado por essas atividades é um sujeito que experiencia um alargamento apreciativo.

Aqui vemos, claramente, a convergência entre a perspectiva do desenvolvimento conceitual de um indivíduo – Vigotski – e a vida pensada como ato enunciativo único – Bakhtin. Antes de ir além, apreciemos esta pintura do surrealista René Magritte e respondamos às perguntas a seguir:

Figura 11 – O quarto de audição -" La chambre d'Ecoute " - René Magritte, 1952. (PORCZYNER, 1977). Assim como as ondas sonoras que se propagam, refletem, refratam, ocupando todos os espaços da sala de música, os sentidos da maçã propagam-se, ressoam e refratam em cada nova relação.

Quando você aprendeu o conceito de maçã pela primeira vez?

Quando/Qual foi a última coisa que você aprendeu sobre maçã?

Quando/Qual será última vez em que você aprenderá algo sobre maçã?

Vigotski responderia dizendo que o conceito de maçã começou em você quando sua mãe, com palavras ternas, deu a você, bebê, uma papinha de maçã. Depois, você mastigou sua primeira maçã vermelha crocante, depois leu Branca de Neve, ficou intrigado com a estranha história do fruto proibido, comprou um aparelho eletrônico que tinha uma maçã como marca etc.

(...) o caminho entre o primeiro momento, em que a criança trava conhecimento com o novo conceito e o momento seguinte, em que a palavra e o conceito se tornam propriedade da criança, é um complexo processo psicológico interior, que envolve a compreensão da nova palavra que se desenvolve gradualmente a partir de uma noção vaga, sua aplicação propriamente dita pela criança e sua efetiva assimilação apenas como elo conclusivo. Em essência, procuramos exprimir, anteriormente, a mesma ideia quando dissemos que, no momento em que a criança toma conhecimento pela primeira vez do significado de uma nova palavra, o processo de desenvolvimento dos conceitos não termina, mas está apenas começando. (VIGOTSKI, 2001, p.250)

Vigotski argumenta que tanto a formação dos conceitos espontâneos (aprendidos no cotidiano), como dos científicos (aprendidos na escola) não termina quando a criança o assimila, pela primeira vez, um significado ou termo novo, mas apenas está começando um processo que se torna cada vez mais complexo, a cada nova interação, a cada nova forma de mediação que experiencia, por toda a existência.

Bakhtin representaria, metaforicamente, toda nossa existência como um rio caudaloso de enunciados. Nascemos levados pela correnteza de enunciados, adaptamo-nos a seu fluxo, aprendemos a enunciar, interferimos no fluxo com nossa produção enunciativa até o fim. Em sua metáfora, as maçãs possíveis são aquelas que puderam ser enunciadas por

sujeitos que ocuparam posições enunciativas e interferiram no fluxo da vida. Uma voz que enuncia pressupõe uma forma de ser que se estrutura em atividade.

Assim, podemos compreender a vinculação indissolúvel entre sentido e ser, entre os perfis de conceitos e os modos de ser no mundo, expressa pela categoria proposta de gênero-atividade. Dessa forma, na charge a seguir, cada pessoa à mesa expressa sentidos distintos de maçã, erigidos em atividades distintas, constitutivas de formas de ser distintas:

Figura 12 – Os sentidos de maçã²⁴.

Do encontro desses modos de ser distintos, podem surgir novas maçãs. Por isso, não reduzimos o conceito ao objeto, ao mundo, nem ao sujeito, ao homem. Essas são formas abstratas que não refletem o movimento concreto das relações homem-mundo. Isso reafirma os pressupostos do materialismo dialético em novas bases existenciais. O objeto não é mais uma coisa imutável, determinação primeira. Ele é concreto, como síntese de múltiplas relações. Nas palavras de Kosik, o objeto (a coisa em si), “é o homem e seu lugar no universo” ou “a totalidade do mundo revelada pelo homem na história e o homem que existe na totalidade do mundo (KOSIK, 1976, p.230).

²⁴ M. Angelis (<https://dionisopunk.com/2018.12.30/space-invader/>)

Queremos, com nossa categoria do gênero-atividade explicitar e modelar a relação que há entre o horizonte apreciativo ou horizonte valorativo dos sujeitos socialmente organizados em uma determinada atividade social, as refundações de sentido, as metamorfoses da significação do objeto, dada a nova relação sujeito-objeto que se estabelece, como ilustra o seguinte conto de Cortázar:

El diario a diario

Un señor toma el tranvía después de comprar el diario y ponérselo bajo el brazo. Media hora más tarde descende con el mismo diario bajo el mismo brazo.

Pero ya no es el mismo diario, ahora es un montón de hojas impresas que el señor abandona en un banco de plaza.

Apenas queda solo en el banco, el montón de hojas impresas se convierte outra vez em un diario, hasta que un muchacho lo ve, lo lee y lo deja convertido em un montón de hojas impresas.

Apenas queda solo en el banco, el montón de hojas impresas se convierte otra vez en un diario, hasta que uma anciana lo encuentra, lo lee y lo deja convertido en un montón de hojas impresas. Luego se lo lleva a su casa y en el caminho lo usa para empaquetar médio kilo de acelgas, que es para lo que sirven los diarios después de estas excitantes metamorfosis. (CORTÁZAR, 2001, p.76)

Chaplin, em seu filme Tempos moderno, tem uma cena brilhante que também ilustra essa dinâmica do objeto.

Figura 13 – Cena da bandeira em tempos modernos de Chaplin. a) um homem comum caminha pela rua quando caminhão de obras passa com materiais. Uma bandeira pende de sua carroceria. b) A bandeira cai no chão e ele se abaixa para pegar no intuito de devolvê-la. c) Acena para o caminhão, que se afasta. d) Acenando com a bandeira, começa a caminhar apressadamente para devolver a bandeira. e) Uma passeata por direitos aparece atrás dele e ele não percebe. f) À frente da passeata, segue acenando a bandeira com gestos enérgicos.

Uma bandeira de sinalização de obras, que sabemos ser vermelha, apesar de o filme ser em branco e preto, transforma-se numa bandeira de protesto, mesmo sem o sujeito dar-se conta disso. As relações que se estruturam no espaço da rua, sua configuração, mudam o caráter ontológico do homem da bandeira, suas formas de ser e agir no mundo e com o mundo para utilizar a expressão freireana. A figura 14, a seguir, ilustra essa reconfiguração.

Figura 14 – As reconfigurações ontológicas da bandeira vermelha na relação com o caminhão de obras e na relação com o protesto.

Na introdução deste trabalho, citamos uma nota do filósofo Gerd Bornheim em que afirmava: “qualquer ato humano, seja prático ou teórico, acontece dentro dos limites da dicotomia sujeito-objeto” e que “há um sentido anterior e abrangente que empresta sentido ao ato humano particular”. Nosso esforço até aqui foi analisar essa afirmação que sustenta nossa categoria de gênero-atividade na esfera educacional.

Quando escolhemos levar os alunos para fora da escola, em seus entornos, para realizar um experimento, como analisaremos no próximo capítulo, estamos oferecendo-nos a essas reconfigurações enriquecedoras da complexidade conceitual e das formas de ser dos sujeitos em atividade por meio da expansão do cronotopo escolar. Nossa representação de mundo inclui a noção transformadora do mundo, ampliando esse enquadramento e suas possibilidades apreciativas em novos níveis de totalidade.

A totalidade não pode ser encarada, a menos que o sujeito a que a encara seja ele mesmo próprio uma totalidade; se, portanto, para pensar a si mesmo, for obrigado a pensar o objeto como uma totalidade. (LUKÁCS, 1989, p.107)

Figura 15 - Print Gallery (1956)²⁵ - Maurits Cornelis Escher (1898 - 1972) -

<https://www.bbvaopenmind.com/en/science/leading-figures/the-mathematical-secrets-of-escher/>

Finalizaremos, apreciando a obra Galeria impressa, de Escher (1956). Nela, o sujeito observa um objeto representado que inclui a ele e ao mundo.

²⁵ <https://mcescher.com/lw-410/>

CAPÍTULO 4 – O modelo Gênero-Atividade na escola, teoria e prática

No aprendizado, o aluno também se torna um certo tipo de pessoa. Em outras palavras, o aprendizado envolve tanto representações do assunto quanto o desenvolvimento da identidade. Aprender a ser um alfaiate, por exemplo, também envolve se tornar uma pessoa que ocupa uma posição social do “modo de ser alfaiate”. Ir à escola e aprender uma disciplina específica também vai além de transmitir certo conteúdo específico, para transformar o modo de ser indivíduo. Alunos de matemática bem-sucedidos, por exemplo, também tendem a desenvolver certas identidades sociais características. (PACKER, 1999, p.03. tradução nossa)²⁶

Nossa perspectiva ontológica de aprendizagem relaciona enunciação e formas de ser, modos de ser no mundo e com o mundo, que se configuram nos espaços educacionais. Que pessoas estamos formando e para quê? Como estudantes negociam os conceitos e os processos de vir a ser a eles conectados? Em práticas concretas isso acontece?

A perspectiva de enunciação, cronotopo e conectada a práticas concretas em atividades sociais, sintetizadas pelo conceito de gênero-atividade, oferecem-nos elementos para representar e atuar nesse complexo processo.

Agora, apresentaremos uma síntese de nossas reflexões aplicada em uma intervenção educacional (MATTOS, ORTEGA, LAGO, RODRIGUES, 2018).

4.1 Pedagogia orientada a testes

Como afirmamos até aqui, no cenário educacional brasileiro, o percurso escolar tem sido marcado, de um modo geral, por uma cultura na qual prevalece a capacidade dos estudantes de superar etapas – as avaliações, até que se atinja a fase final, junto aos exames

²⁶ “In learning, the learner also becomes a certain kind of person. In other words, learning involves both representations of subject matter and the development of identity. Learning to be a tailor, for example, also involves becoming a person who occupies a characteristically “tailor-like” social position. Going to school and learning a particular discipline also goes beyond imparting particular content, to transform the self. Successful math students, for example, also tend to develop certain social identities.” (PACKER, 1999, p.03)

vestibulares de ingresso às universidades. Tais etapas avaliativas e exames são, em grande medida, constituídos de testes de múltipla escolha, de maneira que o ensino-aprendizagem formal no Brasil se apresenta orientado para a prática desse gênero de atividade educativa.

Em nosso país, o uso de testes educacionais e a ênfase dada a sua prática atingiu ampla divulgação vinculada aos exames vestibulares, desde meados da década de 60 do século XX. É ainda nesse período que uma perspectiva mais tecnicista de avaliação passa a ganhar espaço, quando se discutem técnicas de elaboração de provas chamadas objetivas e questões estatísticas, envolvidas na teoria das medidas (GATTI, 2013).

Também sobre o formato destes testes, a partir da década de 80, alinhado a um movimento existente nos Estados Unidos e em alguns países da Europa, a educação brasileira passou a ser alvo de avaliações externas – assim chamadas por serem elaboradas por sujeitos não presentes e não atuantes no interior das escolas que as aplicam. Justificadas como necessárias para monitorar o funcionamento das redes de ensino e fornecimento de subsídios aos gestores educacionais - como a formulação de políticas educacionais, tais avaliações têm como características, entre outras, o emprego de provas padronizadas, visando, quando possível, à realização de comparações baseadas em resultados mais objetivos (ALAVARSE et al., 2013). É este o caso do Programa internacional de Avaliação de Alunos (PISA), desenvolvido por países participantes da Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), quando provas são aplicadas, a cada três anos, a alunos de 15 anos de idade, já no ensino médio; do SAEB (Sistema de Avaliação da Educação Básica), composto por duas avaliações complementares, a Prova Brasil (Aneb²⁷ e a Anresc²⁸), para alunos do Ensino Fundamental, realizadas a cada dois anos, e do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), oferecido anualmente a estudantes que já concluíram em anos anteriores ou que estão concluindo o Ensino Médio, entre outros.

Na esteira dessa tendência, de uniformização dos modos avaliativos e seus reflexos na atividade escolar, vale menção à Base Nacional Comum Curricular (BNCC), documento que busca regulamentar quais são as aprendizagens essenciais que devem ser trabalhadas nas escolas públicas e particulares de Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio de todo o Brasil e, em nível internacional, o Acordo de Bolonha, que estabelece, em 29 países europeus, um Espaço Europeu de Ensino Superior, centrado na padronização e

²⁷ Avaliação Nacional da Educação Básica.

²⁸ Avaliação Nacional do Rendimento Escolar.

globalidade de atividades e competências que os jovens devem adquirir, entre outros aspectos (GOMES, 2006; REINALDA; KULESCA, 2006).

Desse modo, em face de um cenário de convergência e padronização das atividades educativas, em especial, das avaliativas, identificam-se nas salas de aula práticas de ensino-aprendizagem fundamentadas na memorização, com pouco espaço para o diálogo, crítica e contextualização, o que se alinha à formação de estudantes treinados para reproduzir e armazenar conceitos, definições, aplicar fórmulas mecanicamente. É o que denominamos de hipertrofia de um gênero de ensino-aprendizagem, privilegiando um gênero de atividade em detrimento da busca por novas metodologias e práticas escolares – quando diferentes sentidos, valores e afetos poderiam ser aflorados e vivenciados pelos estudantes (como emoção, criatividade, imaginação, aspectos multiculturais etc.), com o propósito de enriquecer a negociação dos sentidos dos conceitos na sala de aula, favorecendo internalizações, complexificações. Nessa prática dominante, reduz-se o cronotopo escolar à sala de aula, com alunos enfileirados, resolvendo listas, restando pouco espaço para o desenvolvimento de práticas fora da sala de aula, em outros contextos, onde o estudante possa expressar outras formas de engajamento. Nossa proposta de investigação científico-cultural busca superar as limitações dessa prática e dar apontar caminhos para superação de seus impasses.

Muitas tentativas de superação das limitações citadas vêm convulsionando os cenários educacional com proposições pedagógicas desenvolvidas por diferentes grupos ligados à educação. Por exemplo: os projetos de ensino-aprendizagem SCALE UP (*Student-centered active learning environment with upside-down pedagogies*), PI (*Peer Instruction*), PUM (*Physics union Mathematics*), JiTT (*Just in Time Teaching*), ISLE (*Investigative Science Learning Environment*), STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*), STEAM (*science, technology, engineering, arts e mathematics*), entre outras, entoam um movimento em que estratégias de ensino-aprendizagem são defendidas e vendidas como soluções para os problemas oriundos da educação tradicional de Ciências voltada à resolução de questões de múltipla escolha.

A fim de aprofundarmos um pouco nossa compreensão sobre esse cenário, passaremos a analisá-lo numa perspectiva alinhada ao aporte de Vigotski, visando à construção de uma perspectiva de expansão do cronotopo escolar e superação do encapsulamento escolar.

Na Figura 12, abaixo, consideraremos dois eixos de um plano cujas extremidades representam, de um lado, “aprendizagem supervisionada” e “aprendizagem não supervisionada”, numa dimensão de “ensino formal” e “ensino não formal”, do outro.

Figura 16 – Espaços de práticas educacionais (MATTOS, 2018).

Tomamos como ensino formal aquele praticado nas instituições de ensino e, o não formal, o ocorrido fora delas, de modo intencional ou não, ao longo de toda vida do sujeito. Como aprendizagem supervisionada, consideramos aquela em que o parceiro mais capaz intervém e ajuda na aprendizagem do sujeito. Essa situação é comum à escola, na interação entre professor e estudante por exemplo, quando um conjunto de conhecimentos - sistemas de conceitos, historicamente estabilizados, são ensinados. Já a aprendizagem não supervisionada refere-se àquela ocorrida sem a ajuda do parceiro mais capaz, situação que, em combinação com o ensino não formal, chamamos de “mundo selvagem”, para fazermos a contraposição ao ensino-aprendizagem realizado institucionalmente, disposto na Figura 16, em seu extremo oposto.

Junto ao “mundo selvagem”, têm-se os conceitos espontâneos e os múltiplos sistemas de conceito. Tomamos como conceitos espontâneos aqueles elaborados pelas crianças a partir da relação cotidiana com as pessoas de seu círculo mais íntimo. Trata-se, no geral, de um aprendizado não consciente, involuntário.

São múltiplos os sistemas de conceitos vivenciados pelos sujeitos, fora das situações de aprendizagem supervisionada e formal. Vigotski (2001) ilustra essa situação quando

aprendemos, por exemplo, o conceito de irmão. Crianças costumam aprender o significado de irmão em suas casas, num aprendizado involuntário, não consciente, operando com gêneros primários (BAKHTIN, 2006) de seu cotidiano doméstico. Trata-se de uma aprendizagem sem intencionalidade, sem maiores elaborações e esquematizações, podendo até ficar circunscrita ao contexto familiar. Já no interior das instituições escolares, é comum que a criança aprenda o significado de irmão de forma sistematizada, por exemplo, numa definição - irmão é aquele que é filho de sua mãe, mas não é você, ou por meio de um heredograma nas aulas de biologia, árvore genealógica etc.

No quadrante superior esquerdo da Figura 12, encontra-se a aprendizagem de conceitos científicos e a escola. Boa parte dos conceitos científicos conhecidos pelo sujeito é apreendida de maneira voluntária e consciente no ensino formal, mediante a aprendizagem do tipo supervisionada. Este é um momento em que o sujeito tem oportunidade de apreender um modo complementar de pensamento em relação aos conceitos espontâneos, quando passa a lidar com conceitos sistematizados e historicamente construídos.

Essa complementação, no entanto, mostra-se vulnerável quando notamos a existência de uma contradição presente na relação entre instituição escolar e cotidiano. Aprender, dentro de instituições, envolve o manejo adequado de conhecimentos para sua utilização no mundo cotidiano, no “mundo selvagem”. Essas instituições, contudo, “retiram-nos” do mundo, colocando-nos entre as paredes das salas de aula e entre os muros da escola, para que possamos, justamente, aprender sobre o que ocorre fora desses muros, no mundo selvagem (MATTOS, 2018).

Figura 17 – A física na vida cotidiana. Charge de S. Harris
(<http://www.sciencecartoonsplus.com/gallery/physics/index.php>)

Trata-se de uma contradição que ressalta a importância do estabelecimento de pontes, conexões entre a escola e a vida cotidiana, para que os conhecimentos escolares não sejam meros artificialismos que serão abandonados, tão logo se retorne à vida. Não basta dizer que a física ou a ciência estão em toda a parte no mundo, como ironiza a charge de Harris acima, é preciso que tornemos sempre explícitas as mediações e atividade que as sustentam.

4.2 Pedagogia das formas de ser

No mundo selvagem, não faltam exemplares para evidenciar a pluralidade de sentidos, naturezas, finalidades e valores atribuídos aos objetos (conceitos), dentro das várias cadeias de atividades, sustentando, de forma dialética, a riqueza e multiplicidade existente de modos de ser-no-mundo-e-com-o-mundo. Assim, em relação às múltiplas facetas apresentadas pelos conceitos, tanto científicos quanto espontâneos, constituem elas componentes essenciais da consciência social. São construções culturais, sociais e históricas, marcantes da evolução homem-mundo.

Uma forma de caracterizar essa diversidade em suas manifestações concretas, fundadoras de modos de ser no mundo, é o projeto *Seven Billion Others*²⁹, do cineasta e ambientalista Yann Arthus-Bertrand. O artista coletou depoimentos (em vídeo) de mais de seis mil famílias, filmadas em 84 países, sobre questões envolvidas com “falas emocionais” – perguntas cujas respostas podem ser associadas a medos, amores, sonhos, provações e esperanças, por exemplo: O que é o amor? Por quais situações difíceis você já passou? O que você aprendeu de seu país? Que ensinamentos você quer transmitir a seus filhos? Uma das finalidades do projeto era a criação de um banco de dados capaz de servir como um retrato da humanidade, revelador de aspectos que unem pessoas, mas que também as diferenciam.

²⁹ <http://www.7billionothers.org>

Figura 18 - Dong, 9, Yunnan, China

Outro trabalho que se propõe explorar a diversidade humana é o ensaio *Where children sleep*³⁰, do artista James Mollison. Mollison fotografou crianças de 12 anos de idade em seus quartos de dormir, em diversas partes do mundo e em diferentes classes sociais e circunstâncias. Embora o conceito de quarto tenha seu significado estabilizado e compartilhado nas diversas sociedades, há uma variedade enorme de tipos de quartos, ou melhor, de sentidos de quarto no mundo. A seguir, apresentamos alguns exemplos extraídos da obra desse artista.

O significado mais usual de quarto é o aposento ou divisão da casa onde se dorme – no sentido do ato de descansar. Tanto no pensamento bakhtiniano como no vigotskiano, o sentido é pensado dinamicamente, encadeado a outros sentidos e práticas concretas, com zonas de estabilidade variadas. O sentido existe como fluxo numa totalidade, enquanto o significado aparece como uma parte, estabilizada e singularizada, desse fluxo da vida. Observemos cada um desses quartos variados, para perceber como o sentido ferve de segundos e terceiros sentidos, de reapropriações nas práticas humanas expressas em cada um deles.

O ato de dormir, pensado como uma atividade, expressa um mundo socialmente mediado que define quem nós somos, nossos modos de ser. Agora, é preciso que pensemos esses modos de ser acoplados, quando cada estudante oriundo de dos diversos quartos do

³⁰ <http://jamesmollison.com/books/where-children-sleep/>

mundo passam a conviver em um mesmo ambiente de aprendizagem, responsável por formar um certo tipo de pessoa.

Figura 19 - Bilal, 6, Wadi Abu Hindi, The West Bank

Integrar esses elementos ao ato educativo é o que Freire (2000) chama de inaugurar a relação dialógica com os educandos abrindo-se ao mundo e aos outros.

Preciso, agora, saber ou abrir-me à realidade desses alunos com quem partilho a minha atividade pedagógica. Preciso tornar-me, se não absolutamente íntimo de sua forma de estar sendo, no mínimo menos estranho e distante dela. E a diminuição de minha estranheza ou de minha distância da realidade hostil em que vivem meus alunos não é uma questão de pura Geografia. Minha abertura à realidade negadora de seu projeto de gente é uma questão de real adesão de minha parte a eles e a elas, a seu direito de ser. Não é mudando-me para uma favela que provarei a eles e elas minha verdadeira solidariedade política sem falar ainda na quase certa perda de eficácia de minha luta em função da mudança mesma. O fundamental é minha decisão ético política, minha vontade nada piegas de intervir no mundo. (FREIRE, 2000, p.155)

Figura 120 - Jazzy, 4, Kentucky, USA

Com o propósito de aprofundar-nos na conexão entre os significados e sentidos na diversidade humana, trazemos algumas imagens do ensaio designado *The Hungry Planet*³¹, feito pelos fotojornalistas Peter Menzel e Faith D' luzio, quando 30 famílias, de 24 países, foram fotografadas junto de toda comida que costumam consumir em uma semana:

Figura 21 - Família Ahmed, Cairo, Egito.

³¹ <https://menzelphoto.photoshelter.com/gallery/Hungry-Planet-Family-Food-Portraits/G0000zmgWvU6SiKM/C0000k7JgEHhEq0w>

Figura 22 - Família The Revis, da Carolina do Norte, Estados Unidos.

Figura 23 - Mali: The Natomos of Kouakourou.

A diversidade de quartos, salas de aula e refeições podem ser, em grande parte, entendidas por meio das diferentes cadeias de atividades humanas das quais participam aquelas crianças, famílias, estudantes, atividades essas vinculadas a determinadas classes sociais (ressaltando-se que tal pluralidade também é encontrada numa mesma classe social).

A construção e uso de espaços e objetos diversos como representantes dos conceitos de quarto de criança, sala de aula escolar e alimentos não são, obviamente, individuais, relativos apenas às preferências ou hábitos dos sujeitos e de suas famílias. Há muitos outros condicionantes que conformam e concretizam esses conceitos. Estamos-nos referindo às condições concretas de produção social da existência - com elas somos capazes de explicar as formas concretas do mundo. Por exemplo, as condições naturais do clima e do solo, as políticas e práticas econômicas, culturais e comerciais que constituem tais condições, já que interferem a todo momento no sistema de produção.

Sendo o sistema de produção constituído pela agricultura, produção, processamento, distribuição, importação, exportação, abastecimento, comercialização, publicidade e preparação de objetos - para servirem de materiais de construção, seja de uma escola, ou de um quarto de dormir, ou mesmo de materiais no contexto do plantio e seleção de alimentos, essas são todas as condições participantes de etapas produtivas, ou de cada cadeia de atividade que, combinadas entre si e com outros fatores, vão resultar nas composições daquelas fotografias, com seus peculiares instrumentos, disposições, colorações etc.

Em algumas das imagens apresentadas, a pobreza e a exclusão social são parte das condições concretas que nos saltam aos olhos, restringindo mediações, sentidos, já que limitam o acesso a materiais capazes de proporcionar uma amplitude maior de afetos e modos de ser-no-mundo-e-com-o-mundo.

Podemos também analisar as imagens do ponto de vista das escalas ou domínios genéticos de Vigotski, segundo as quais o desenvolvimento humano deve ser entendido como um contínuo em que processos de desenvolvimento (filogênese ou história da espécie, ontogênese ou história do indivíduo da espécie, sociogênese ou história sociocultural e microgênese ou história individual particular) operam diferentes forças, cada qual com seu próprio conjunto de princípios explicativos específicos, ocorrendo em escalas de tempo distintas (WERTSCH, 1985). Assim, de um ponto de vista filogenético, a maneira como aquelas pessoas concebem os conceitos de quarto de dormir, sala de aula e alimento está relacionada a seu pertencimento à espécie humana - ao fato de serem bípedes, terem visão binocular, movimento de pinça com as mãos, o que configura formas específicas de interagirem nesses espaços. Na dimensão da ontogênese, escala vinculada à história do indivíduo da espécie, que leva em consideração seu potencial exploratório e capacidade de desenvolver estratégias adaptativas, possibilitando a dispersão e ocupação do humano em

ambientes diferenciados ao longo do tempo. Da mesma forma, tais conceitos também são redimensionados na escala sociogenética, que diz respeito às idiossincrasias de cada sociedade em que aquelas famílias e estudantes estão imersos. Por fim, tem-se a microgênese, referente à construção de sentidos, significados a partir das situações únicas e singulares em que o indivíduo participa, de acordo com a particularidade de sua história e trajetória de vida, conformadoras de a seu ponto de vista particular no mundo e do mundo.

À guisa de exemplo, pensemos como toda mulher atinge a maturidade sexual por volta dos 15 anos(dimensão filogenética e ontogenética) e como essa maturidade é tratada numa aldeia Yawalapiti do alto Xingu, com seus ritos de reclusão dos adolescentes³²; ou num baile funk carioca (VIANA, 2013), em que violência sexual, ativismo político e lazer se misturam (dimensões sociogenética e microgenética).

Diante dessa complexidade de formas de ser no mundo e com o mundo, especificamente, quando voltamos nosso olhar para as salas de aula, imersas em suas historicidades, especificidades, idiossincrasias, a questão que colocamos é – como aprender e ensinar neste mundo complexo?

4.3 Atividade escolar produtora e reprodutora da cultura humana

Para nós, uma das mais importantes funções do ensino formal nas instituições escolares é tornar seus aprendizes construtores de suas individualidades e do gênero humano, isto é, vemos a escola como um meio de efetivação de atividades nas quais os aprendizes devem engajar-se a fim de se apropriarem das objetivações humanas que, produzidas historicamente, são relevantes à comunidade e suas realidades, de forma a também abrir espaço para o novo, com possibilidades de atribuição de novos sentidos, novas mediações. Assim, a atividade escolar é produtora e reprodutora da cultura humana, já que, por meio do processo histórico de construção da cultura, o gênero humano vai humanizando o mundo e a si próprio (DUARTE, 2004).

Dessa forma, cabe à escola selecionar e organizar tais objetivações que, do ponto de vista do programa escolar, tomam forma de conteúdos e atividades escolares. Vale destacar que tal papel da escola depende, também, de especificidades dos saberes que se escolhe ensinar (filosofia das ciências, por exemplo) e dos processos específicos pelos quais se pode

³² <https://www.indios.org.br/pt/Povo:Yawalapiti>

ensinar-aprender (teorias de aprendizagem, por exemplo), o que deixa à vista a complexidade do fenômeno educacional, amparado não somente nos saberes específicos (física, matemática, biologia, por exemplo), mas também nos saberes da psicologia, antropologia, filosofia etc.

Ainda com relação às escolhas sobre conteúdos e atividades escolares, uma das visões alinhadas à ideia da construção de individualidades e do gênero humano na escola refere-se à compreensão da realidade como dotada de problemas significativos, cujas soluções estão coordenadas com vários níveis hierárquicos da vida dos sujeitos (MATTOS, 2009). É quando se estabelecem pontes entre a escola e o cotidiano, com possibilidades de experienciá-las fora dos muros da escola num processo de humanização. Neste caso, entende-se que a necessidade de resolver um problema significativo para a sociedade é, também, uma necessidade própria do indivíduo e, para sua compreensão e resolução, faz-se necessário o uso de conhecimentos historicamente estabilizados - como os científicos, ensinados formalmente nas instituições escolares. Essa visão está baseada no aporte de Freire, com suas categorias Problema-em-si e Problema-para-si. Em suma, a categoria Problema-em-si expressa a dimensão objetiva dos problemas, remetendo ao gênero humano como totalidade, em suas múltiplas conexões e interações. A categoria Problema-para-si refere-se ao problema existir efetivamente na consciência particular individual, quando um problema reconhecido como coletivo, social passa a ser apropriado de maneira concreta na constituição da individualidade (CAMILLO, 2015). A transformação de Problemas-em-si em Problemas-para-si favorece que o sujeito se veja parte num processo que não é apenas individual, mas histórico, social e cultural.

4.4 Formas de alienação na atividade

Levando-se em conta as categorias de Freire e à função social da escola mencionada acima, vale a pena ressaltar mais alguns pontos teóricos sobre as possibilidades- e limites das ações coordenadas em atividades: o objeto em movimento (*runaway-object*), a noção de envelopamento escolar ou encapsulamento escolar e as categorias pedagógicas apresentadas por Engeström (1990a,1991).

Como neste trabalho estamos considerando a realidade em constante transformação dialética, o primeiro aspecto teórico que destacaremos é uma contribuição de Engeström (2009) referente ao movimento e transformação do objeto.

Engeström (2009) retoma que o processo designado “atividade” é desencadeado pela existência de uma necessidade, que gera um motivo concretizado num objeto. Tal objeto diz respeito ao motivo ou necessidades pelas quais a atividade se desenvolve, e que será transformado (no resultado da atividade) sob a mediação de instrumentos e signos, utilizados na interação entre os indivíduos que participam na atividade. Assim, o próprio objeto tem movimento, motivo pelo qual o pesquisador o designou de *runaway-object*, uma construção sobre a qual os sujeitos vão tendo diferentes perspectivas. A emergência do objeto é o resultado de sua transformação no nível da consciência do sujeito.

Para ilustrar essa ideia, como propõe Sodré (2017), podemos pensar no conceito de *tempo*. Pode-se pensar no tempo como objeto de estudo, aquele que será observado, conceitualizado e compreendido. Por exemplo, numa determinada época na Europa, em comunidades agrárias, o tempo era compreendido como uma entidade (um objeto) de caráter cíclico, por estar associado a fenômenos periódicos na natureza, descontínua e qualitativa – por não se vincular a processos com um desenrolar contínuo e mensurável. Simultaneamente a essa noção, o conceito de tempo, internalizado pelas pessoas daquelas comunidades, também exercia papel de instrumento mediador da produção social, uma vez que guiava as atividades de semeadura, plantio, colheita, irrigação etc. Com o passar dos anos, a necessidade de coordenação das diversas atividades - agrícola, religiosa, festiva etc. - levou à criação dos calendários e relógios, promovendo uma síntese de alto grau no conceito de tempo, expresso em enunciados e cristalizando nas cadeias de atividades humanas, em artefatos como calendários e relógios. Assim, o tempo pôde, então, ser entendido como algo contínuo, passível de ser contado, apresentando certa possibilidade de independência da observação direta do movimento dos astros (SODRÉ, 2017). A criação desses instrumentos contribuiu para fornecer novas mediações e apropriações³³ do tempo, o que para nós explicita o movimento do objeto, que se mostra não estático: de objeto, o tempo, internalizado pelas pessoas, passa a ser instrumento (guiando atividades agrárias, por meio do movimento dos astros, de maneira cíclica, qualitativa), passando novamente a ser objeto

³³ “(...) o processo de apropriação faz com que o sujeito termine sendo de algum modo medida do real.” (BORNHEIM, 1983, p. 217)

– quando mensurado e cristalizado em calendários e relógios, tornando-se instrumento de outras atividades. Tem-se, então, movimento, transformação e complexificação do objeto (*runaway object*), junto à transformação dos sujeitos e das cadeias de atividades envolvidas.

No exemplo acima, é importante retomar, também, a tese central de Leontiev (1978) de que atividade e consciência humana se determinam dialeticamente. Assim, os sentidos e significados do tempo, relacionados às atividades humanas, estão ligados à consciência, de modo que é na interação sujeito-objeto-comunidade que emerge a linguagem que estabelece os sentidos aos objetos e ao próprio processo de trabalho, resultando em novos objetos e na ampliação da consciência. Nesta direção, pensamos que as atividades agrárias daquelas comunidades constituem os diversos modos de ser dos sujeitos daquelas sociedades, e que irão transformar-se dialeticamente a consciência do sujeito (Ibidem, 2017). Toda ação de medir o tempo se faz possível a partir do sentido instaurado por uma atividade que torna a ação viável e mediadora da relação com o mundo. O ato de medir o tempo não se explica simplesmente pelas características isoladas do sujeito ou pelas propriedades isoladas do objeto. Fazê-lo é tornar essa ação abstrata e sem sentido, pois nada deve ser entendido isoladamente, como entidades autônomas.

É importante frisar, que essa perspectiva materialista resgata sujeito, pelo sentido posto numa atividade humana: a raiz de tudo não está na ideia, nem na matéria, mas no próprio homem entendido como atividade (BORNHEIM, 1983).

4.5 O método de ascensão do abstrato ao concreto

Nossa proposta didática parte do método da “ascensão do abstrato ao concreto”, o qual Davydov (1990) diz ser um método genético de formação de conceitos. Nessa perspectiva, o movimento entre o abstrato e o concreto refere-se à elaboração de um determinado conceito a partir da investigação de suas relações essenciais, básicas, que o caracterizam como objeto de estudo (conceito nuclear) para, então, descobrir como essas relações aparecem em problemas particulares. A elaboração do conceito é o resultado de sucessivas generalizações pelas quais seu desenvolvimento passa desde sua gênese. Nesses sucessivos exercícios de generalização, os sujeitos procuram determinar a célula germe de um conceito, ou seja, uma unidade que guarda as condições, leis e relações que dão origem a esse determinado conceito.

Uma pessoa analisa algum sistema de objetos evoluindo para, então, descobri-lo em um princípio que é geralmente anterior, essencial ou universal (uma relação). A identificação e gravação desse princípio são uma generalização substantiva do sistema particular. Usando a generalização, a pessoa pode traçar a origem de determinadas e singulares características do sistema em sua mente a partir de sua fundação genética original e universal (DAVYDOV, 1998, p.25, tradução nossa³⁴).

Sabemos que os termos abstrato e concreto, empregados por Davydov dentro da tradição dialética, apresentam sentidos diferentes daqueles cotidianamente utilizados. No uso cotidiano, o concreto implica um particular, um objeto percebido, enquanto abstrato implica um geral, um pensamento teórico baseado em relações essenciais, pertencendo, portanto, a um mundo ideal que estaria fora do mundo material. Ou seja, dentro dessa lógica, a formação de um conceito seria como um ato de máxima abstração a partir de elementos do concreto.

Davydov (1988b), porém, argumenta que o processo de formação conceitual contém um movimento subsequente, um retorno ao concreto. Esse procedimento levaria à formação de um tipo de pensamento que chama de “teórico”, porque seus conceitos emergem da transformação do objeto no processo de construção e aprendizagem de um método generalizado para uma área de investigação em particular. Aqui, a ênfase se dá no caráter genético e histórico da investigação do objeto em estudo. Essa forma de pensamento é diferente daquela que Davydov (1998) chama de empírica. Esta última constitui-se de conceitos pelos quais se identificam, comparam e classificam aspectos aparentes dos objetos. A nomenclatura “teórico” e “empírico” traz, muitas vezes, dificuldades para compreender o movimento entre o abstrato e o concreto, principalmente devido aos sentidos formais e dicotômicos tipicamente encontrados dentro da área de Ciências da Natureza.

O movimento entre concreto e abstrato é discutido, também, por outros autores, como Kosik (1976), que qualifica e nomeia os dois momentos do concreto como “sensível”

³⁴ “A person analyzes some evolving system of objects to then discover in it a principle that is generally prior, essential, or universal (a relationship). The identification and recording of this principle are a substantive generalization of the particular system. Using generalization, a person can then trace the origin of particular and singular characteristics of a system in his mind from its genetically original and universal foundation”.

(associado aos sentidos) e “pensado”. Nesse sentido o concreto seria o ponto de partida e ponto de chegada. Para Kosik, parte-se de um concreto “sensível”, em que os objetos são apreendidos de uma forma fragmentada, empobrecida de determinações e desconectada da totalidade, passa pela mediação do abstrato, que, por sua vez, origina o concreto “pensado”, enriquecido de múltiplas determinações e com mais relações com o todo.

Para nós, as qualidades dos momentos dos concretos seriam expressas e produzidas pela apropriação ou complexificação de mediações que o sujeito estabelece com o objeto em estudo. Assim, partimos de um objeto ou concreto imediato (i.e., com poucas e fragmentadas mediações), a partir do qual se inicia a abstração, identificando as relações gerais que o constituem e, em seguida, retornamos das relações gerais para um novo concreto particular, que chamamos de *concreto mediado* (ou complexificado), o qual, agora, está enriquecido com relações mais gerais e coordenadas com totalidades ainda mais complexas do que o concreto anterior; um movimento que sintetiza o conceito (SANTOS; MATTOS, 2011). Assim:

(...) para além do primeiro passo da abstração como redução ou descensão do concreto imediato, cujo significado é o de encontrar e separar as propriedades gerais do objeto ou fenômeno em estudo, é necessária a síntese ou ascensão ao concreto, entendido aqui como o retorno desse resultado intelectual em situações concretas que trazem, de maneira simultânea, o objeto e a sua nova totalidade. No retorno a este “novo” concreto, mais mediado, o objeto torna-se mais complexo, pois está ressignificado por outras qualidades advindas das novas mediações. (LAGO; ORTEGA; MATTOS, 2019, p.4)

Como a ascensão ao concreto expressa o enriquecimento do concreto imediato, após a abstração, a formação de conceitos passa a ser descrita como um contínuo e dialético movimento entre abstrato e concreto. Entretanto, não apontamos uma pretensa prevalência da ascensão ao concreto em detrimento da descensão ao abstrato, pois o final da ascensão do abstrato ao concreto é um novo concreto imediato, mas em um novo patamar, para um novo encadeamento e expansão de uma rede complexa de conceitos e pensamentos. Este novo concreto sofrerá nova descensão, a um novo abstrato e posterior ascensão a um concreto ainda mais mediado (Figura 19). Assim, a formação de conceitos é mais bem descrita como um:

(...) processo dinâmico entre abstrato e concreto que resulta em uma complexificação conceitual que nunca termina, em que ascensão ao concreto e descensão ao abstrato são momentos do movimento do conceito (LAGO; ORTEGA; MATTOS, 2019, p.4)

Figura 24: Múltiplos movimentos de descensões e ascensões no processo de formação/conplexificação conceitual (LAGO; ORTEGA; MATTOS, 2019, p.5).

É importante destacar que toda a descrição apresentada até este momento tem por objetivo enquadrar e discutir como os sujeitos formam e desenvolvem os conceitos em situações sem ou com pouca supervisão e/ou orientação explícita³⁵.

Outro aspecto teórico que queremos destacar, nesse movimento, refere-se à consideração de que sujeito e objeto pertencem a uma mesma dimensão ontológica (PAZELLO; MATTOS, 2010). Além disso, esta relação se dá imersa numa coletividade, tornando necessário nos referirmos à unidade *sujeito-objeto-comunidade*. O sujeito deixa de ser um elemento individual, particular, para ser um sujeito em relação ao objeto dentro de uma determinada comunidade, que compreende indivíduos ou subgrupos que partilham o mesmo objeto geral, ou seja, que estão envolvidos na mesma atividade (ENGESTRÖM; SANNINO, 2010). Ou seja, o sentido dessa relação se estabelece justamente na inclusão da comunidade, de modo que a unidade sujeito-objeto-comunidade não é estanque, mas também está em movimento.

³⁵ O que Engeström e Sannino (2012) chamam de “concept formation in the wild” ao emprestarem o termo de Hutchins (1995), “cognition in the wild”.

4.6 O encapsulamento/envelopamento escolar

Postos os aspectos teóricos, passaremos à noção de encapsulamento/envelopamento escolar, conceito importante para mostrar a importância de nossa perspectiva.

Engeström (1990a, 1991) apresentou uma atividade didática acerca do tema das “fases da Lua”, quando mostrou que a forma como o conteúdo era exposto nas atividades escolares estava apartado da vida cotidiana dos estudantes. E, assim, os aprendizes acabavam por tomar contato apenas com mediações fragmentadas, restritas aos significados estabelecidos “intra muro escolar”, um conhecimento composto basicamente de relato de fatos que só faziam sentido dentro do ambiente escolar, fenômeno designado de *encapsulação* ou *envelopamento escolar*.

O *envelopamento* ou *encapsulação escolar* refere-se ao conhecimento humano produzido historicamente e que, ao ser recontextualizado na escola como conteúdo disciplinar, perde vários de seus sentidos, entre eles aquele que deu sua própria gênese. Ou seja, na educação tradicional, o conhecimento guarda pouco de seus múltiplos sentidos culturais-históricos, tornando-se hermético e orientado, apenas, para responder questões que dizem respeito à atividade da disciplina escolar. A noção de encapsulação escolar engendra a ausência de mediação entre os conhecimentos-e-práticas das disciplinas escolares e os conhecimentos-e-práticas do mundo concreto e cotidiano.

Historicamente, as “fases da Lua”, por exemplo, era um conhecimento fundamental para o ser humano registrar a passagem do tempo e as mudanças na natureza. Já na escola moderna, é apenas mais um entre outros tópicos apresentados de maneira sequencial, cristalizada e fragmentada. Assim, numa tentativa de superação do envelopamento escolar, Engeström (1991) discute três propostas de ensino-aprendizagem a partir da Teoria da Atividade: *investigação conceitual*, *prática científica* e *investigação cultural*.

A investigação conceitual referia-se ao método da ascensão do abstrato ao concreto, (DAVYDOV; 1990, 1998; ILYENKOV, 1977). Como dissemos, trata-se de um método em que é feita uma elaboração teórica de determinado conceito com base no estudo de suas relações particulares e de sucessivas generalizações e reduções. Assim, como vimos, o concreto é o

ponto de partida e de chegada de todo um processo mediado por uma redução, na qual, por meio de uma racionalidade, elementos do concreto “inicial” são isolados para que sejam transformados. Logo, busca-se ultrapassar a aparência em questão, o imediato, o observável, procurando por nexos e relações constituintes da realidade. A ascensão reside na volta ao concreto real, ou concreto complexificado, qualitativamente diferente do primeiro concreto, no qual se fazem presentes toda a complexidade e as contradições inerentes à realidade humana (KOSIK, 1976).

Enquanto a primeira categoria refere-se à modelagem, generalização e produção do conhecimento, a categoria da *prática científica* considera o aprendizado como a contínua e cada vez mais central participação de um sujeito em práticas sociais. Esta ideia é oriunda de análises do aprendizado de indivíduos dentro de grupos específicos de atividades, nas quais nem sempre há um ensino formal institucionalizado, como as atividades de curandeiros, parteiros, alfaiates ou os alcoólicos anônimos. Trata-se de uma contribuição para as práticas epistêmicas da ciência.

E, por fim, a *investigação cultural* é considerada como uma aprendizagem por expansão (Engeström, 2015), relativa ao aprendizado coletivo de pessoas em organizações. A ênfase dessa abordagem se dá sobre a aprendizagem coletiva e sobre a criação de novos conceitos ou novas práticas, já que esta traz elementos que levantam aspectos e contradições na produção, circulação e uso desses conhecimentos na sociedade.

A partir das categorias acima, decidimos redimensioná-las a fim de que se adequassem melhor a nossa proposta de intervenção didática, exposta mais adiante. Entendemos que nossa intervenção corresponde a uma proposta de *investigação científica-cultural* - uma unidade que enfatiza melhor a trama do conteúdo científico com os outros elementos internos e externos à escola, assumindo um ensino-aprendizagem de ciências crítico e com mais mediações com o mundo, superando os muros da escola como delimitadores dos sentidos do conhecimento (LAGO *et al.*, 2019).

Voltando à questão do papel do ensino formal nas instituições escolares, entendemos que a escola deve buscar por problemas, contradições, nas quais os sujeitos estão embebidos, de modo que possa ser realizada a transformação destes Problemas-em-si para Problemas-para-si. Deve-se, então, buscar recuperar quais são os problemas-em-si que envolverão mediações capazes de permitir a transformação humano-mundo, escola-mundo.

Em outros termos, deve-se procurar por expandir o objeto (*runaway object*), o que exige a criação de novas mediações para sua complexificação. Conforme a descensão do imediato ao concreto, as atividades escolares devem, portanto, procurar partir do concreto, inicialmente, menos mediado (*fuzzy immediated concrete*), a fim de que se estabeleçam relações particulares (reduções), gerando um contínuo movimento, para que, em seguida, seja realizada uma ascensão para a volta a um novo concreto, que será menos mediado, e assim por diante.

Retomando o diagrama da Figura 16: Escola versus “mundo selvagem”, consideramos que os professores, nas instituições escolares, devem procurar problemas abertos e significativos do mundo selvagem, que serão reduzidos para problemas fechados, dotados de relações, mediações antes não percebidas, ascendendo ao concreto de forma mais complexa. É dessa forma que, imergindo os estudantes numa trama de relações capazes de integrar os conhecimentos científicos com aqueles presentes no cotidiano, faz com que se expanda o objeto no cronotopo escolar, conectando a vida escolar à cotidiana (expansão do cronotopo escolar). A complexificação do objeto é expressão da complexificação dos modos de ser nessa expansão.

Passaremos, agora, a apresentar nossa sequência didática de investigação científico-cultural referente a uma atividade experimental, realizada numa instituição escolar da rede particular de ensino em São Paulo. Esta proposta alinha-se à ideia de transformação de Problema-em-si para Problema-para-si, quando sentidos e conexões são travados entre a escola e o “mundo selvagem”, de modo que se estabeleça uma perspectiva de totalidade, capaz de expressar múltiplas relações entre escola e mundo.

4.7 O modelo gênero-atividade na escola

Mediação, formação de conceitos científicos, perfil conceitual, generalização e enunciação são ideias centrais para quem busca compreender as relações de ensino-aprendizagem de Física, numa perspectiva sócio-histórico-cultural. Essa perspectiva procura captar a dinâmica dos processos enunciativos em sala de aula e modelar os momentos da elaboração dos conceitos pelos alunos.

Com o intuito de explorar essas ideias, analisaremos uma sequência didática de uma atividade experimental, na qual alunos do primeiro ano do ensino médio mediram o ângulo

de inclinação de uma rua (a ladeira do colégio em que estudam), interagindo com as pessoas na rua e utilizando métodos experimentais diversos em suas investigações. Nessas atividades, os estudantes operaram com diversos gêneros da ciência: a ciência no cotidiano, a divulgação científica, a atividade experimental, o relatório experimental, a resolução de exercícios e problemas, o uso de simuladores digitais para investigação e modelagem de fenômenos. Por meio desses gêneros do ensino, os aprendizes sentiram necessidade de mobilizar novas formas enunciativas, diferentes das que utilizam no cotidiano, a fim de resolver uma situação problema, tornando mais complexos os conceitos referentes aos fenômenos estudados. Destacamos, também, que foram estabelecidos pelos estudantes contrapontos entre as concepções cotidianas e científicas, especialmente durante as entrevistas com transeuntes e as novas formas de explorar os dispositivos experimentais e tecnológicos, como pêndulos, inclinômetro, *applets*, possibilitaram aos alunos expressarem sua autoria.

Para análise dessas atividades, utilizamos registros em vídeo e áudio, além de registros escritos e materiais produzidos, para demarcar os momentos enunciativos de apropriação dos conceitos pelos alunos, a evolução conceitual e a complexidade de seus enunciados. Interessa-nos explicitar como a atividade foi mediadora do processo de ensino-aprendizagem e como os produtos da mediação expressam os papéis e sentidos da atividade escolar.

Com isso, nosso intuito foi caracterizar a relação de ensino-aprendizagem como uma imersão enunciativa, um mergulho nos enunciados científicos que se realizaram nas diversas atividades aqui propostas para o ensino de Ciências Naturais na educação básica.

4.8 Sequência didática

A sequência didática relativa à atividade experimental que vamos apresentar foi realizada entre os anos de 2012 a 2017, em turmas de primeiro ano do ensino médio, numa escola da rede privada, de classe média alta, de grande porte, católica, urbana, localizada na zona sul da cidade de São Paulo.

Nessa escola, as regras, hábitos e currículo escolares permitiram uma flexibilidade para a inclusão dessa sequência de atividades, que, ao longo do ano letivo, serviu como uma narrativa para que fossem trabalhados os demais conteúdos do programa de Física.

Na sequência de atividades, o objetivo geral era medir a inclinação da rua da escola, utilizando objetos comuns que os alunos encontram no cotidiano, mas que foram preparados e modificados pelo professor. Utilizaram-se, também, objetos científicos, amplamente difundidos na tradição experimental, e as novas tecnologias móveis, quando disponíveis. O propósito não era realizar uma medida de precisão do ângulo, mas mostrar aos alunos o grande número de possibilidade que existem na solução de um problema prático – no caso em tela, obter o ângulo de inclinação da rua. Por essa vivência, buscou-se propiciar ao aluno a possibilidade de desvelar o fenômeno em diversos níveis de complexidade, de modo que ele percebesse conflitos e conexões entre suas impressões iniciais e sua posterior elaboração conceitual.

O produto final dessa atividade é um relatório experimental, contudo o principal objetivo da atividade de medição dentro dessa situação didática fosse permitir que os estudantes utilizem as informações, medidas obtidas e modelos desenvolvidos, para resolver problemas mais complexos, outros cálculos mais aprofundados e aprendizagem de diversos outros conceitos da Física. Nos moldes de um tema gerador de novas relações conceituais, o ângulo de inclinação da rua, problematizado a partir de questões do cotidiano (a dificuldade de subir a rua, os carros que derrapam em dias de chuva, a reclamação dos transeuntes), foi utilizado posteriormente para tratar de conceitos científicos: o movimento acelerado de corpos (bicicleta e carro na ladeira), a ação de forças no plano inclinado (máquinas simples), a medida de gasto calórico e energia (atividade de subir e descer a rua, inclinação da esteira na academia), entre outras questões do currículo escolar tratadas ao longo do ano letivo.

4.9 Proposta de Atividade experimental investigativa

Organizamos em dez aulas o processo de desenvolvimento do experimento, de sua modelagem e de sua avaliação.

As três aulas iniciais, destinadas a uma discussão epistemológica, sobre modelos e representação do objeto. Os alunos realizaram o experimento da caixa preta, “modelo da caixa preta” (Anexo 1 e 2) (MACHADO; CRUZ, 2011). Trata-se de uma caixa fechada em que dois palitos que a perfuram podem ser movimentados por fora. Em grupos, os alunos interagiram com as caixas que, tendo um de seus palitos puxado para fora, o outro também saía, denotando uma conexão que não era evidente. Os alunos foram, então, levados a criar

um modelo explicativo para o comportamento dos palitos, discutindo sobre como um palito pode afetar o outro, e como se pode estabelecer uma relação causal entre eles, com a condição de que não se abrisse a caixa, nem mesmo ao final da atividade.

É, portanto, chamada a atenção dos alunos para a prática científica: a atividade da ciência, que enxerga o mundo dotado de problemas para serem interpretados, compreendidos e administrados, não sendo possível que abrissem as “caixas pretas” dos diversos objetos de pesquisa e descobrissem seus funcionamentos. O profissional da ciência deve buscar interagir com seu objeto de estudo, formulando hipóteses, estabelecendo relações, junto aos efeitos observados externamente a ele. Deve-se construir modelos explicativos, capazes de representar o objeto de estudo investigado.

Essas são, efetivamente, aulas em que os estudantes constroem modelos, discutem em grupos que tipos de mecanismos podem estar envolvidos na caixa e seus palitos. Ao final da atividade, realizou-se uma discussão epistemológica sobre as hipóteses iniciais de cada grupo e os modelos explicativos criados. Levantou-se, também, a questão de que, muitas vezes, há uma evolução maior nas ideias a partir do momento em que há trocas informações, percepções entre os grupos, fazendo-se um paralelo com a atividade da ciência, realizada em colaboração e não de forma isolada.

Na terceira aula, reservou-se espaço para a exposição da situação problema - a temática da ladeira, ruas e inclinações íngremes existentes em diversos lugares do mundo. Discutiu-se que tipo de atividades eram realizadas nesses caminhos inclinados: esportes, competições, brincadeiras, acessos a determinados espaços. Nesse momento, os alunos falaram sobre a rampa que permitiu o acesso à própria escola, e que costumava ser um transtorno para os que passam com seus automóveis ali, devido às derrapagens em dias de chuva, dificuldade de descê-la ou subi-la, mesmo estando a pé ou usando outros tipos de transporte. Ainda que, inicialmente, não tivessem a percepção clara das diversas relações que a ladeira da escola é capaz de envolver, o tema foi, aos poucos, sendo construído conjuntamente com a discussão com o professor.

Ainda sobre a inclinação da ladeira da escola, os alunos, em grupos, formularam estimativas sobre o valor do ângulo: 60 graus, 45 graus. A maior parte muito acima do que se constataria experimentalmente. Pela diversidade contrastante dos valores sugeridos, ficou claro para a turma que a ladeira passou a constituir uma caixa preta, o que tornou

necessário, nas aulas seguinte, a produção de consenso. Para tanto, eles iriam dispor de diferentes métodos para medir sua inclinação.

Após estas três aulas iniciais (Anexo 3), as duas aulas seguintes foram dedicadas à manipulação dos equipamentos de medida. O professor colocou diversos instrumentos medidores (pêndulos, transferidores, inclinômetro, réguas de nível etc.) na bancada do laboratório e solicitou que os alunos manipulassem e medissem uma específica inclinação de uma rampa regulável com ângulo determinado e conhecido, (Figura 25). Nessa figura, os alunos observaram como um aquário posicionado sobre a rampa expressa sua inclinação, permitindo que se encontre nele o ângulo de inclinação de uma rampa. Os alunos adquiriram familiaridade com instrumentos e aprenderam a encontrar, medir e ler as medidas expressas nos instrumentos, bem como relacionar como cada uma delas – o aquário mostra dois ângulos que podem ser observados no triângulo formado pelo líquido vermelho e as paredes do aquário – relaciona-se com o ângulo da rampa. Depois de testar cada equipamento de medição, para validar seus procedimentos, o professor, com os alunos ainda em grupos, discutiu as principais dificuldades de medição encontradas na manipulação de cada instrumento de medida, indicando formas de verificação e autorregulação.

Figura 25 - Manipulação de instrumentos de medida no laboratório – aquário com líquido vermelho. Situação controlada com ângulo conhecido para treinar as habilidades de mensuração.

Assim, na quarta aula, o objetivo geral das atividades era que o aluno expressasse sua individualidade, por isso, os grupos tiveram acesso a uma multiplicidade de instrumentos de medida, cuja escolha foi determinada por critérios negociados em grupo. Cada instrumento de medida expressa uma síntese de relações e procedimentos de investigação próprios.

Os instrumentos de medida podem ser classificados em três grupos:

- (i) aqueles que funcionam com líquidos, sensíveis à homogeneidade do campo gravitacional;
- (ii) aqueles que funcionam com fios, sensíveis ao caráter radial do campo gravitacional;
- (iii) outros dispositivos: digitais, ópticos ou de perspectiva e os dispositivos que utilizam mais de um princípio de funcionamento acoplado.

Pode-se notar que a diversidade, intencionalmente escolhida, dos dispositivos de medida trouxe também uma diversidade de conceitos, princípios, procedimentos e formas de organizar a própria atividade de medida. Os grupos de estudantes tiveram de operar com ao menos dois grupos de instrumentos de medida.

4.10 Instrumentos de medida e seu uso no experimento

A seguir, um breve relato sobre o funcionamento destes equipamentos:

1. **Régua de nível** (líquido): A régua de nível (Figura 26) é um instrumento comumente utilizado em construção civil, mas que não é familiar a todos os alunos. Assim, o professor precisa apresentar esse instrumento destacando aspectos de seu funcionamento e aplicações. Por suas características de fácil operação, os alunos se apropriam rapidamente de sua lógica e o utilizam criativamente em uma diversidade de situações: individualmente ou acoplado a outros instrumentos.

Figura 26 - Uso da régua de nível. Instrumento muito comum entre trabalhadores da construção civil, engenheiros e arquitetos.

2. **Vasos comunicantes** (líquido): Os vasos comunicantes, comuns também na construção civil, engenharia e arquitetura, consistem em um tubo, de plástico ou vidro, em forma de U, preenchido de líquido e acoplado em uma base retangular com marcações. Esse instrumento pressupõe que o aluno compare duas situações: a posição dos níveis do líquido no tubo quando posicionado no plano e a nova posição dos níveis quando posicionado na ladeira (Figura 27). É da comparação entre esses dois níveis que o aluno levantará elementos para investigar o ângulo da ladeira.

Figura - 27- Vasos comunicantes, versão em miniatura das mangueiras usadas por pedreiros.

3. **Aquário** (líquido): Da mesma forma que os vasos comunicantes, esse instrumento pressupõe que os alunos comparem o comportamento do nível de um líquido no plano e na ladeira (Figura 28), por meio de marcações feitas no vidro do aquário. Por meio delas é possível determinar ângulos do nível da água com as paredes do aquário em cada situação. Para tal, os alunos dispõem de um pequeno aquário de acrílico com água colorida.

Figura -28 - Aquário com água colorida permite a visualização de triângulos

4. **Balão com gás (fio):** Um instrumento de medida inusitado, trata-se de um simples balão de gás hélio, preso por uma linha a uma base de madeira (Figura 29). Quando posicionado na ladeira, permite que se meçam dois ângulos suplementares do fio em relação a essa base. Embora tenha sido um dos instrumentos prediletos dos alunos no laboratório, foi o instrumento mais criticado, devido a sua instabilidade nas condições de uso da rua.

Figura -29 - Balão de gás como os de festa de aniversário. Um instrumento lúdico, que expressa a relação entre a força peso e a força de empuxo do ar, mantendo o balão alinhado verticalmente, paralelo às linhas de campo gravitacionais.

5. **Pêndulo (fio):** O Pêndulo consiste em uma massa qualquer suspensa por um fio e acoplado a um suporte. Quando posicionado sobre qualquer plano, o fio fica perpendicular ao plano e paralelo ao suporte. Posicionado na ladeira, o suporte permanece perpendicular ao plano da ladeira e o fio adquire um ângulo em relação ao suporte (Figura 30), que deve ser medido.

Figura 301 - O pêndulo e a força peso. Oferece dois ângulos de medida para a investigação do ângulo da ladeira: do fio com a haste de madeira ou do fio com o plano da rua.

6. **Inclinômetros digitais (celular):** Os celulares atuais, entre outros dispositivos móveis, oferecem uma série de aplicativos que permitem a medição direta de ângulos de inclinação. Para tanto, basta posicionar o celular ou *tablet* deitado sobre a superfície (Figura 31a). Curiosamente, no ano anterior, ao realizar as atividades na rua, os alunos e o professor tomaram contato com esse tipo de aplicativo graças a um engenheiro que passava pelo local e foi abordado para entrevista. Ao ser apresentado ao problema da estimativa, mostrou aos alunos uma nova forma de medir, utilizando um Inclinômetro de seu celular. Imediatamente, a maior parte dos alunos instalou aplicativos similares e gratuitos, podendo realizar mais essa medida. Esse modo de medir foi incorporado pelo professor no ano seguinte. Os alunos, rapidamente utilizaram o celular acoplado aos outros instrumentos com a finalidade de verificar se a medida obtida pelo instrumento estava correta (Figura 31b).

Figura -31 – a) Uso do celular como inclinômetro e comparação da variação da medida de dois celulares no mesmo local da rua. b) Celular acoplado a outros instrumentos. c) Inclinômetro mecânico.

7. Inclinômetro padrão (analógico): Três dos instrumentos oferecidos aos alunos eram inclinômetros padrão que forneciam o ângulo de inclinação diretamente. Um deles é o aplicativo do celular citado no item anterior e os demais são dispositivos construídos com esse fim que utilizam o princípio dos pêndulos, acoplado a um transferidor como na figura (Figura 31c). Nesse caso, cabe ao aluno saber qual a posição mais adequada e realizar uma leitura conveniente do instrumento de medida. Também é preciso saber explicar, analogamente aos outros equipamentos utilizados, o princípio de funcionamento (pêndulo) do equipamento utilizado. Tanto o celular como o inclinômetro analógico deviam ser usados para verificar as medidas, em conjunto com os outros dispositivos que demandam que o aluno lhe encontre a medida.

8. Medidas de distância: Outra medida necessária é o comprimento da rampa. Cada grupo mediu a distância entre o topo e a base da ladeira utilizando passos. O procedimento envolvia escolher um aluno do grupo como padrão de passada e determinar o comprimento médio de seu passo – procedimento realizado na primeira aula. Na atividade propriamente dita, o aluno selecionado deveria subir três vezes a ladeira contando seus passos (Figura 27). Com a média dessas três medidas e sua conversão em metros obteve-se o comprimento da ladeira que foi utilizado em outras atividades.

Figura -32 - Ocupando a rua para medir distância da ladeira com trenas e com passos.

Dando continuidade à sequência didática, na sexta aula, os alunos foram em grupo até a rua para realizar três tarefas:

(i) entrevistar os transeuntes, pedindo que estimassem o ângulo de inclinação da rua e expusessem suas sensações ao caminhar por ela.

(ii) medir os ângulos encontrados nos instrumentos quando dispostos ao longo da rua.

(iii) medir a distância do topo da rua até sua parte mais baixa.

Os alunos tiveram de escolher três instrumentos de medida entre todos os propostos, tendo, apenas, o cuidado de escolher pelo menos um que operasse com fios e outro, com líquido. O terceiro poderia ser qualquer um.

Naquele momento, os estudantes perceberam que as hipóteses a respeito do ângulo da ladeira, conforme as pessoas que passavam por ali, eram as mesmas que eles tinham apontado inicialmente, e discutido em grupos.

Com relação aos métodos de medição, o uso do balão apresentou inúmeras dificuldades, devido à ação dos ventos, o que perturbava as medições. Isso exigiu criatividade dos alunos para contornar o problema (Anexo 3).

Já a utilização do celular para medir o ângulo da ladeira foi trazido por um dos transeuntes da rua (o engenheiro). Esse engenheiro ajudou os alunos a tomar as medidas

por meio de um aplicativo que informou inclinações de acordo com a posição do celular. O método de medição causou alvoroço entre os alunos, devido à facilidade de manuseio e rapidez de mensuração. Tal método acabou por tornar-se um modo de validação das medidas feitas com outros dispositivos. Nessas aferições, os alunos são surpreendidos ao constatar que o ângulo da ladeira é muito menor ($\theta = 12^\circ$) do que as suas expectativas, do que a aparência da ladeira percebida pelas pessoas e seu cotidiano ($\theta > 40^\circ$)

Após realizadas as mensurações com os diversos equipamentos, a turma voltou para a sala de aula a fim de organizar e analisar os dados coletados e compartilhá-los com a classe para que os alunos pudessem autorregular-se (Anexo 4).

E assim, na sétima aula, munidos de todas as medidas coletadas, os alunos puderam entender como elas forneciam subsídios relevantes para conhecerem a inclinação da rua, que passou a ser elaborada como conceito científico, por exemplo, expressa em conceitos como um plano inclinado, um triângulo retângulo.

Então, com o uso de modelos geométricos e dos dados obtidos, os alunos puderam encontrar o ângulo da ladeira. Nesse momento, foi mobilizada uma série de conceitos dos anos anteriores relativos à geometria plana e à trigonometria. Esse foi um dos momentos da atividade de descensão ao concreto imediato ao abstrato, quando a turma voltou para dentro dos muros da escola, para analisar elementos e estabelecer relações entre eles – realizando a chamada redução.

A oitava aula foi reservada ao estudo do modelo e à estruturação matemática necessária para representar cada uma das situações experimentais e aprofundar sua relação com o ângulo de inclinação da ladeira. Foi necessário recordar as propriedades dos triângulos e teoremas da geometria e trigonometria, assuntos que os alunos haviam estudado um ano antes em matemática. Nesse momento, também, os resultados obtidos foram aplicados a outros modelos teóricos para prever situações como a velocidade atingida por um veículo ao descer a ladeira. Os alunos compartilharam e compararam seus resultados no quadro-negro, elaborando um pré-relatório. Durante a aula, manipulam, também, diversos relatórios acadêmicos e técnicos para tomar contatos com as especificidades desse gênero de escrita. Com outros professores de ciência, em sintonia, foram apresentados aos alunos os critérios e normas para elaboração e apresentação de um relatório experimental (Anexo 5).

Nesse momento, valeu destacar o movimento do objeto. A inclinação da rua foi reconhecida como um conceito científico, um plano inclinado – cujo ângulo é o objeto de estudo investigado. Conforme os alunos foram tomando familiaridade com a ladeira e seu ângulo, junto às diversas formas de mensurá-lo, bem como seu comprimento e altura, a ladeira passou a ser também um instrumento, servindo, por exemplo, para avaliar as forças envolvidas, a aceleração e a velocidade atingida por veículos.

Na nona aula, os alunos finalizaram os relatórios e compartilharam seus procedimentos experimentais, explicando modelos aplicados e construídos, cálculos realizados e representando o modelo da ladeira. Finalmente, expuseram suas conclusões, elaborando diversos aspectos desse gênero de escrita científica.

O relatório foi produzido em grupo e visou a consolidar a trajetória de aprendizagem daquele grupo particular, expressa na elaboração de seus conceitos e no domínio da utilização do gênero relatório para compartilhar suas experiências com outros grupos. Inicialmente, o relatório constituiu um fim em si mesmo e encerrou a atividade. Ao longo dos anos, com o desenvolvimento da atividade, o relatório passou a ser um material de consulta para os testes e exames. Durante as avaliações, os relatórios ficam à disposição dos alunos, numa mesa à frente da sala. Isso teve impacto na forma como os alunos elaboravam compartilhavam o material e se engajavam na atividade, uma vez que alunos omissos durante o processo de elaboração desse documento, ou mesmo durante a atividade experimental não sabiam como manusear e utilizar esse valioso recurso

No último ano de aplicação dessa atividade, outra metamorfose interferiu profundamente nesse gênero: o relatório passou a ser um documento que amparava a elaboração de uma carta direcionada à prefeitura e órgãos de trânsito, para solicitar melhoria da sinalização e segurança da rua. O aperfeiçoamento dessa etapa ainda será avaliado em aplicações futuras dessa investigação.

A décima aula dedicou-se à avaliação individual escrita (Anexo 6), com consulta aos relatórios corrigidos. Essa avaliação sintetiza o processo e pontua os principais momentos da modelagem do fenômeno. Ela também explora a aplicação dos dados e conceitos em outras situações que envolvem resolução de exercício e problemas, na forma de questões dissertativas e testes de múltipla escolha, típicos do gênero de questões vestibulares.

A seguir, apresentamos a Tabela 02 com as atividades realizadas nesta sequência científico-cultural e sua categorização, mediante os contextos apresentados no item 5.3.1.

Atividade	Aulas	Descrição	Contexto
Modelo da caixa preta	Aula 1	Manipulação da caixa preta, levantamento de hipóteses acerca de seu funcionamento.	Investigação conceitual
Modelo da caixa preta	Aula 2	Compartilhamento dos resultados e conhecimentos da diversidade de modelagens.	Prática científica
Modelo da caixa preta	Aula 3	Construção de um protótipo baseado no desenho do grupo para realizar reformulações, caso necessário	Investigação conceitual
		Discussão e exposição da temática da ladeira.	Investigação cultural
Equipamentos medidores	Aula 4	Apresentação dos equipamentos de medida e orientações de manuseio em sala de aula.	Investigação conceitual
Equipamentos medidores	Aula 5	Orientações de manuseio dos equipamentos em laboratórios. (realização de medidas em situações controladas de planos inclinados com ângulos conhecidos).	Investigação conceitual
Entrevistas e medições	Aula 6	Entrevistas. Medidas de ângulos e distâncias na ladeira.	Investigação cultural
Conteúdos em sala de aula	Aula 7	Formalização da ladeira como plano inclinado. Uso de geometria, trigonometria.	Investigação conceitual
Compartilhamento de resultados e elaboração de pré-relatório	Aula 8	Os resultados e conclusões obtidos são aplicados em outros modelos teóricos para prever situações como a velocidade atingida por um veículo que desça a ladeira.	Investigação conceitual
		Compartilhamento de resultados e elaboração de um pré-relatório.	Prática científica
Compartilhamento de resultados e elaboração de relatório	Aula 9	Finalização dos relatórios e compartilhamento de procedimentos experimentais, modelos e cálculos realizados e conclusões.	Investigação conceitual
Avaliação	Aula 10	Avaliação individual e escrita	Prática científica

Tabela 02 - Sequência de atividades, suas descrições e contextos

Na primeira e segunda colunas da tabela 02, indicamos a atividade principal da aula, e seu número, respectivamente. Na terceira coluna, há uma breve descrição da atividade e, na quarta coluna, indicamos quais contextos de aprendizagem a que tais atividades se referem.

O contexto da investigação conceitual corresponde às atividades em que os estudantes investigam e aprendem relações causais, relações matemáticas e físicas sobre o objeto estudado (caixa preta, ladeira) e constroem ferramentas intelectuais para uma significação científica adequada à compreensão das formas de medição do ângulo de uma ladeira/funcionamento da caixa preta, bem como de algumas das implicações físicas sobre o movimento dos corpos sobre rampas.

O contexto da prática científica refere-se às vivências em que participam instrumentos e procedimentos científicos comuns à atividade de cientistas ou engenheiros como o uso de inclinômetros, ou coletas, modelagens e análises de dados. E, por fim, o contexto da investigação cultural concerne à expansão da atividade da ladeira para outros contextos. Isso pôde ser observado durante o tratamento de mais conteúdos físicos, como a questão do atrito entre pneu e rampa, velocidade e energia atingida por objetos que se movem sob ela etc.

É importante apontarmos que, as três categorias descritas não são excludentes, já que uma determinada atividade pode corresponder a mais de uma categoria (contexto de aprendizagem), de modo que tais contextos denotam a ênfase dada em cada atividade, descrevendo melhor a vivência oferecida aos estudantes. Para um detalhamento desses contextos de aprendizagem, sugerimos a leitura do trabalho: A investigação científico-cultural como forma de superar o encapsulamento escolar (LAGO et. al., 2019), em que há o registro de quando aplicamos, pela primeira vez, na mesma escola, essa proposta de sequência investigativa, durante um curso de astronomia.

4.11 Alguns resultados preliminares

Na sequência de atividades envolvendo a medição do ângulo de inclinação de uma rua (a ladeira do Colégio em que estudam), os estudantes das turmas diversas tiveram de interagir com transeuntes e utilizando métodos experimentais diversos em sua investigação,

quando foram explorados outros espaços dentro e fora da escola para realizar as atividades práticas.

Nas explorações, os alunos não só descobriram o ângulo da ladeira, mas que puderam ter acesso a ele observando o comportamento gravitacional de objetos sob ela. Surpreenderam-se ao constatar que o ângulo é muito menor ($\theta=12^\circ$) do que suas expectativas, do que a aparência da ladeira percebida pelas pessoas e seu cotidiano ($\theta>40^\circ$). Aprenderam a superar o dado visual imediato, por meio dos conceitos e modelos, aprenderam a ver o invisível e uma constelação de relações complexas. Aprenderam a interpretar os modelos e fazer inferências generalizantes. Por exemplo, quando um aluno percebeu que as expressões matemáticas sobre a velocidade dos corpos que desciam a ladeira não levavam em consideração sua massa, afirmou: “Um carro e uma bicicleta pegam a mesma velocidade na descida? A fórmula não tem massa!”.

Pudemos perceber que as idas e voltas, da rua da ladeira para a sala de aula) permitiram que as formulações dos estudantes fossem, então, adquirindo consistência e precisão. Afinal, as elaborações teóricas acerca do conceito de ladeira como plano inclinado pode ser construída, a partir do estudo de suas relações particulares, dentro dos muros da escola, em correspondência com o contexto de aprendizagem da investigação conceitual. Este contexto pôde, também, ser reconhecido quando, na elaboração do relatório experimental, as turmas tomaram contato com padrões formais típicos de enunciação no âmbito científico, que demandam a necessidade de maior precisão conceitual, valendo-se de formas expressivas estabilizadas para organizar sua argumentação e conclusões. Por esse gênero específico, podem construir uma visão de conjunto a respeito do processo de descoberta da ladeira. Uma visão que resgata a historicidade e a evolução conceitual mobilizada nos diversos momentos da investigação.

É de fundamental importância relatar que, nos anos iniciais da aplicação da atividade, o relatório científico produzido pelos alunos tinha uma função final centrada no processo avaliativo, um registro para nota, que sintetizava o processo vivido pelo aluno e servia como material de consulta para as etapas seguintes do processo avaliativo (Anexos 5 e 6). Após o momento da qualificação desse trabalho, em 2016, tomamos consciência das noções de vivência, engajamento e performance de Liberali (2018), sintetizados no conceito de *perejivanie*: o relatório tornou-se uma ferramenta de intervenção no mundo. Passou a fazer

parte da elaboração de uma carta à prefeitura para solicitar uma melhoria na sinalização e da rua e segurança na mobilidade nela.

Para o caso do contexto da prática científica, notamos, também, que foram atingidos os objetivos de aprendizagem, quando os estudantes aprenderam a lidar com problemas inesperados durante a coleta de dados (por exemplo, o caso da medida envolvendo balão de hélio), aprenderam a lidar com a incerteza dos dados de estatística básica e a se comunicar e discutir resultados com seus pares. Durante a discussão com grupos coletivos, reconheceu-se a necessidade de um protocolo experimental.

Além disso, em especial, numa viagem de férias, uma das estudantes das turmas que realizaram essa sequência didática, ao visitar a Nova Zelândia, quis conhecer a ladeira mais inclinada do mundo. Localizada na Baldwin Street, a ladeira é considerada (pelo famoso Guinness World Records) a via residencial mais inclinada do planeta: 19 graus. A estudante tirou fotos no local e contou que a ladeira possui cerca de 350 m de comprimento, e, a cada 3 metros de caminhada, sobe-se quase 1 m de altura.

Figura 33 – Aluna em férias, apreciando a ladeira mais inclinada do mundo na Nova Zelândia. Sua foto foi compartilhada com os alunos dos anos posteriores que incluíram curiosidades turísticas sobre as ladeiras do mundo em seus trabalhos.

Destaca-se também que, nessa intervenção, especificamente nessa instituição escolar, houve coordenações de diversos níveis constitutivos da atividade escolar. Por exemplo, houve coordenação das atividades de direção da escola ao autorizar a pesquisa e o currículo temático, apoiando a reestruturação da própria atividade disciplinar de Ciências.

Ao final da sequência, sua síntese foi expressa num gênero específico: o relatório experimental, que complexificou o repertório de vocabulário e gênero textual dos estudantes. Essa forma enunciativa típica de inúmeras atividades científicas demarca um momento de organização conceitual e elaboração argumentativa da rica e multifacetada vivência que tiveram. Graças ao envolvimento da equipe de professores de ciências naturais, que orientaram sobre todos os aspectos da formulação desse tipo de material, os alunos produziram documentos de excelência. Esses materiais estão à disposição para consulta, no banco de dados da plataforma virtual *moodle* da escola.

Figura 34 – Alunos, professor-pesquisador, pesquisador-professor (filmando) no alto ladeira da escola, organizando o início da atividade. A Foto está com a logomarca da escola, pois foi divulgada no *site* da instituição.

5. CONCLUSÃO

Aqui, o papel da escola, em particular do professor, numa concepção emancipadora de educação, não é simplesmente possuir conhecimentos para serem socializados, mas apresentar um projeto educacional que sintetize as possibilidades concretas do vir-a-ser tanto do aluno singular quanto da sociedade na qual se espera que ele realize transformações (Ontologia-do-ser-mais).

Tal projeto deve propiciar a emergência de atividades problematizadoras, as quais permitam que o Problema-em-si venha a ser apropriado de maneira consciente, como Problema-para-si, que oriente o consumo/produção de conhecimentos para a constituição de sujeitos mais complexos, tanto do ponto de vista de potencialidades humanas historicamente formadas, quanto do lugar particular que ocupam na coletividade, em suma, apontar quais possibilidades concretas de transformação da realidade ali estariam abertas.

(CAMILLO; MATTOS, 2019)

O trabalho constituiu, em primeiro lugar, um esforço de unificar referenciais da Teoria da Atividade e dos Gêneros do discurso para estruturar uma unidade de análise, o gênero-atividade, que nos permita analisar totalidades cada vez mais complexas da relação do conhecimento escolar e cotidiano. Esse referencial valoriza o papel do professor-pesquisador na medida em que estabelece uma tomada de consciência de seu processo enunciativo numa totalidade.

Em segundo lugar, buscamos mostrar como aplicamos essa unidade de análise em atividade de investigação científico-cultural para:

- O planejamento de ensino de física
- A produção de conteúdos curriculares e materiais pedagógicos
- A aplicação de sequências didáticas

A proposta de uma investigação científico-cultural apresentada tanto para a atividade das fases da lua (LAGO; ORTEGA; MATTOS, 2018; 2019a; 2019b), já publicada, como na

atividade da ladeira, analisada neste trabalho, revelou por parte dos alunos uma mobilização complexa de conhecimentos e habilidades em diversos espaços, bem como diferentes formas de engajamento e motivação. Por exemplo, quando o estudante aborda pedestres para explicar o experimento, ele elabora uma metarreflexão produtora de formas enunciativas mais estruturadas e conscientes. Ou quando compartilha suas apreciações sobre a Lua com amigos, fora do espaço escolar e nas redes sociais.

Revelou, também, formas de planejamento autoral dos professores, para além do livro didático ou da grade curricular tradicional. Os professores ampliaram seus repertórios, não só ao abordarem temas de outras disciplinas, como história da arte ou mobilidade urbana, mas também ao incorporarem quase imediatamente, na atividade, os conhecimentos trazidos pelos pedestres e alunos sobre, por exemplo, o uso de dispositivos móveis (inclinômetro digital apresentado por engenheiro). Como resultado, a produção de novos materiais pedagógicos pensados como artefatos mediadores para a complexificação do conhecimento escolar e cotidiano.

E, em terceiro lugar e por último, mostramos como utilizamos essa unidade de análise para refletir sobre nossa prática e aprimorá-la. A evolução da atividade incorporando enunciados e práticas dos alunos nos anos anteriores, criou novas etapas mediadoras necessárias.

Nossa intervenção revelou-se como uma atividade perturbadora dado que interferiu em diferentes espaços dentro e fora da escola. Por exemplo, ressignificou o uso do laboratório que, agora, não era um fim em si, mas etapa preparatória para o aluno adquirir habilidades a fim de lidar com um fenômeno mais complexo. Ou, como no caso da atividade sobre a Lua, interferiu em outras disciplinas como a exploração de temas sobre a Lua nas aulas de literatura. A atividade expandiu-se, ainda, pelo espaço familiar, envolvendo pais e pessoas da comunidade do entorno da escola com o processo de ensino-aprendizagem.

Ambas atividades exigiram a coordenação de diversos níveis da atividade escolar e promoveram na grade horária regular a participação conjunta dos alunos nas olimpíadas de astronomia ou coordenaram os grupos de estudantes no ambiente do entorno da escola durante o experimento de medição do ângulo de inclinação.

Nossa perspectiva ontológica pressupõe assumir essa atividade, questão central de nossa pesquisa, na radicalidade do homem-mundo. A categoria gênero-atividade busca explicitar essa radicalidade. A ladeira foi forma cronotópica (ou cronoútopica?) de

expressamos concretamente nossa intenção no ensino de física para superar formas alienadas de encapsulamento.

Essa atividade que apresentamos, explora situações que o estudante de 1ª série do Ensino Médio vivenciará ao longo do primeiro ano (por exemplo: lidar com instrumentos e unidades de medida, modelar fenômenos, operar com modelos matemáticos, resolver problemas, prever situações a partir de um modelo teórico etc.). Ao manipular essa diversidade de procedimentos experimentais e vivenciar interações em múltiplos espaços, o aluno poderá apropriar-se dos enunciados científicos e tipos de investigação de maneira livre e aberta, pode intervir no processo de aprendizagem descobrindo e propondo novas formas interação, escolhendo caminhos, criticando soluções tradicionais, incorporando concepções trazidas de seu meio.

Na sequência das aulas, o tema da ladeira pode ser contextualizado, problematizado em situações diversas do mundo para que finalmente fosse reconhecido como um problema também dos estudantes, que costumam subir e descer a ladeira da escola, ou mesmo observar os problemas com derrapagens de carros da comunidade. Pudemos estabelecer, portanto, conexões entre a escola e cotidiano, de forma que fossem mobilizados diversos conhecimentos e habilidades que permitiram aos estudantes fazerem a mediação entre os contextos escolar e cotidiano (extraescolar) e a atuar em ambos de maneira significativa. Ou seja, os conhecimentos adquiridos durante a atividade na rampa da escola sustentaram a aprendizagem dentro da sala de aula, e os conteúdos escolares foram relevantes e serviram de referência para os estudantes em suas atividades cotidianas, estabelecendo conexão entre a instituição escolar e o mundo selvagem.

Do ponto de vista do conhecimento científico, o professor-pesquisador realizou os propósitos de um trabalho investigativo de ensino do conteúdo de planos inclinados, de maneira participativa e envolvente, quando, por exemplo, os alunos superaram as dificuldades experimentais da medição na atividade e entendem as múltiplas maneiras de medir um ângulo.

Nas avaliações, com consulta, os alunos puderam retomar os materiais e revalorizar sua pesquisa. Finalmente, nos testes e atividades de resolução de problemas, puderam tomar contato com mais um gênero do ensino de física, mobilizando novos esquemas de interpretação de enunciados e elaborações sintéticas sobre todo esse processo. Quando os alunos elaboraram questionamentos sobre o ferramental matemático (fórmulas, equações,

modelos teóricos) utilizado nesse âmbito, comparando-o com os dados e resultados obtidos na atividade experimental, denotaram uma elaboração conceitual de maior complexidade.

Toda a pluralidade dessa atividade buscou, também, estimular o envolvimento dos alunos, a diversidade de formas de expressão e a autonomia, ao engajar os alunos dos mais variados estilos na construção de novos e mais complexos sentidos para seu objeto de investigação. Na atividade apresentada aqui, professor e aluno não ficaram restritos à reprodução de esquemas e procedimentos: a rua é uma obra aberta. Os procedimentos funcionaram como roteiro norteador, mas na atividade eles depararam situações inusitadas para as quais propuseram soluções criativas. No desenvolvimento da atividade, os alunos progressivamente foram apropriando-se do processo, amparando-se mutuamente e superando a passividade de sua condição.

Finalmente, desenvolvemos esse trabalho para que outros professores, interessados em desenvolver atividades investigativas, possam aprimorar suas práticas numa perspectiva amplificante. Aqui, apresentamos um exemplo analisado numa situação concreta, cujas particularidades não podem ser meramente transpostas para outro contexto. É preciso que os professores reflitam sobre os gêneros dominantes que mobilizam, sobre as contradições das escolas em que produzirão seus novos materiais, exercendo sua autoria e liberdade.

Ensinar exige compreender que a educação é uma forma de intervenção no mundo. (FREIRE, 2000, p.110)

GLOSSÁRIO

Atividade: a atividade humana: unidade básica capaz de conter toda a complexa estrutura social, cultural e histórica necessária para o entendimento do desenvolvimento humano. É aberta, vinculada à complexificação proporcionada pela divisão do trabalho e modos de produção e suas contradições, uma totalidade que representa a menor unidade da complexa teia da vida humana

Diálogo: é a negociação sobre o significado das coisas.

Discurso: todas as formas de linguagem falada ou escrita, incluindo formas representacionais como diagramas, fotografias, mapas, gráficos entre outros registros, que tomam corpo num fluxo enunciativo.

Conhecimento: comportamento efetivo ou adequado que se manifesta num contexto assinalado dado em situação de interação.

Contexto: compartilhado é o compartilhar de significados. Situação de relações interpessoais que vão acontecendo, legitimando-se e instituindo-se, sem ser um dado predefinido de espaço e tempo, mas uma função variável dessa interação, um fluxo de significados.

Enunciado: unidade da comunicação discursiva, forma objetiva de existência dos discursos: “oi!” é um enunciado, assim como os dez volumes da obra de Proust também o são³⁶. Quando se pensa em gênero como estruturador de currículos, não devemos pensá-lo como modelo em um ensino prescritivo e repetidor, que transforma o enunciado em um problema esvaziado. Apresentar somente um artigo de opinião ou uma charge, não nos possibilita apropriar formas relativamente estáveis. Precisamos mostrar charges e artigos em diversas esferas de circulação

Ensino-Aprendizagem: processo dialógico de construção de intersubjetividade.

Gênero: enunciados estilísticos, temáticos e composicionais relativamente estáveis que enquadram e delimitam as possibilidades semânticas.

Internalização: processo de apropriação de formas de pensar adquiridas por um indivíduo de seu meio social, por meio da mediação simbólica, engendrando uma série de transformações perceptuais e cognitivas, das quais a mais importante é a conversão de um processo interpessoal (externo) num processo interpessoal (interno).

³⁶ M.I.B. Campos, anotação de caderno de aula do curso “Gêneros Discursivos: o Projeto do Círculo de Bakhtin e suas Perspectivas Contemporâneas” (Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas - Universidade de São Paulo) (FLC6063-2/1)

Instrumento: meio para o alcance de determinadas finalidades no interior da prática social.

Um objeto é transformado em instrumento, quando possui função na prática social.

Linguagem: estabelece a mediação entre o homem e o mundo.

Lacuna: é o desconhecimento ou a perda das mediações.

Mediação: Intervenção necessária de um instrumento material ou simbólico numa interação para que um tipo específico de relação se estabeleça entre duas realidades.

Negociação: é a ação de determinação dos marcos sociais de representação que podem ser compartilhados para a construção de sentidos.

Perfil conceitual complexo: todo conceito pode ser tomado como um perfil conceitual complexo, já que possui diferentes interpretações tomadas como zonas do perfil conceitual. Cada zona possui aspectos epistemológicos, ontológicos e axiológicos, permitindo-nos discernir entre formas de conhecer o objeto, compreender suas naturezas, valores e finalidades. As zonas estão vinculadas a determinados contextos de uso, sendo originadas e sustentadas por determinadas atividades humanas.

Significado: é determinado no diálogo, como experiência partilhada, construído a partir dos sentidos carregados pelos sujeitos. O significado é apenas uma das zonas do sentido, a mais estável e precisa. O sentido é uma totalidade dinâmica e fluida, complexa, com zonas de estabilidade variada. “O significado é uma pedra no edifício do sentido” (VIGOTSKI, 2001, p. 465).

Sentido: de uma palavra é a soma de todos os eventos psicológicos que a palavra desperta em nossa consciência. Uma palavra adquire seu sentido no contexto em que surge; em contextos diferentes, altera seu sentido. O significado permanece estável ao longo de todas as alterações de sentidos. O sentido tem um potencial dialógico e dialético.

Situação é um contexto em que são compartilhados alguns marcos sócio-históricos de linguagem.

REFERÊNCIAS

- ALAVARSE, O.M.; BRAVO, M.H.; MACHADO, C. Avaliações externas e qualidade na educação básica: articulações e tendências. **Estudos em Avaliação Educacional**, v. 24, n. 54, p. 12-31, 2013.
- BAKHTIN, M. **Estética da criação verbal**. São Paulo: Martins Fontes, 2006.
- BAKHTIN, M. **Hacia una Filosofía del Acto Ético**. De los Boradores y otros escritos. Puerto Rico: Antrophos, 2000.
- BAKHTIN, M. **Problemas da Poética de Dostoiévsky**. São Paulo: Forense Universitária, 2015.
- BAKHTIN, M.; VOLOCHÍNOV, V. **Marxismo e filosofia da linguagem: Problemas fundamentais do método sociológico na ciência da linguagem** (M. Lahud & YF Vieira, Trans.). São Paulo: Hucitec. (Original published in 1929), 1995.
- BAKHTIN, M. **Questões de literatura e de estética (A teoria do romance)**. São Paulo: Unesp. Trad. de Aurora Fornoni Bernardini et al, 1993.
- BASTOS, P. W.; M. C.R. Educação para uma discriminação auditiva. In X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. **Atas ...**, p1-12. SP: SBF, 2006.
- BETTELHEIM, Charles Oscar; COSTA, Bolívar. **A luta de classes na União Soviética: primeiro período (1917-1923)**. São Paulo: Paz e Terra, 1979.
- BORNHEIM, G. **Dialética, Teoria e práxis**. Rio de Janeiro: Globo Editora, 1983.
- BORNHEIM, Gerd. **Metafísica e finitude**. São Paulo: Coleção Debates. 2001.
- BRAIT, B. Uma perspectiva dialógica de teoria, método e análise. Gragoatá, v. 11, n. 20, 2006.
- BRUNER, J. **Realidade mental, mundos possíveis**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.
- CAMILLO, J. **Contribuições iniciais para uma filosofia da educação em ciências**. 2015. 229 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.
- CAMILLO, J. Experiências em contexto: a experimentação numa perspectiva sócio-cultural-histórica. 2011. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo.
- CAMILLO, J; MATTOS, C.R. Educação em ciências e a teoria da atividade cultural-histórica: contribuições para a reflexão sobre tensões na prática educativa. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 16, n. 1, 2014.
- CAMILO, J.; MATTOS, C.R. Educação em ciências e a teoria da atividade cultural-histórica: contribuições para a reflexão sobre tensões na prática educativa. **Revista Ensaio: Belo Horizonte**. v.16, n. 01, p. 211-230, jan-abr, 2014.
- CARR, E. H. **O que é história?** São Paulo: Paz e Terra, 1996.
- CARVALHO, Anna Maria Pessoa de; VANNUCCHI, Andréa. O currículo de física: inovações e tendências nos anos noventa. **Investigações em ensino de ciências**, v. 1, n. 1, p. 3-19, 2016.

- CHARRET, Heloize; KRAPAS, Sonia. O discurso da física escolar como uma linguagem social particular: um olhar sobre a redação dos alunos. **ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA**, XI, 2008.
- COLL, C. As contribuições da psicologia para a educação: teoria genética e aprendizagem escolar. In: LEITE, Luci Banks (Org). **Piaget e a escola de Genebra**. São Paulo: Cortez, 1992.
- CORTÁZAR, J. **Historias de Cronopios y de Famas**. España: Punto de lectura, 2001.
- DALRI, J. **A dimensão axiológica do perfil conceitual**, Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Instituto de Física, Faculdade de Educação, Instituto de Química e Instituto de Biociências, São Paulo, 2010.
- DUARTE, N. As pedagogias do aprender a aprender e algumas ilusões da assim chamada sociedade do conhecimento. *Revista Brasileira de Educação*, p. 35-40, 2001.
- DUARTE, N. Pela superação do esfacelamento do currículo realizado pelas pedagogias relativistas. *Anais do IV Colóquio Luso-Brasileiro Sobre Questões Curriculares*. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, setembro, 2008.
- DUARTE, Newton. Os conteúdos escolares e a ressurreição dos mortos: contribuição à teoria histórico-crítica do currículo. Campinas: Autores Associados, 2016.
- DUARTE, Newton. Sobre o construtivismo: polêmicas do nosso tempo. Campinas: Autores Associados, 2005.
- ENGESTRÖM, Y. Expansive Learning at Work: toward an activity theoretical reconceptualization. *Journal of Education and Work*. v. 14, n. 1, p. 133-156, 2001. <https://doi.org/10.1080/13639080020028747>.
- ENGESTRÖM, Y. Learning by expanding: An activity-theoretical approach to developmental research. Helsinki: Orienta-Konsultit. 1987.
- ENGESTRÖM, Y. Learning by expanding: an activity-theoretical approach to developmental research. Cambridge: Cambridge University Press. 2015.
- ENGESTRÖM, Y. Non scolae sed vitae discimus: Toward overcoming the encapsulation of school learning. *Learning and instruction*, v. 1, n. 3, p. 243–259, 1991.
- ENGESTRÖM, Y. Students' conceptions and textbook presentations of the movement of the moon: A study in the manufacture of misconceptions. In Y. Engeström (Ed.), *Learning, working and imagining: twelve studies in activity theory*, p. 1–24. Helsinki: Orienta-Konsultit Oy. 1990a.
- ENGESTRÖM, Y. The development of theoretical generalization in instruction: a case study of history teaching. In Y. Engeström (Ed.), *Learning, working and imagining: twelve studies in activity theory*, p. 25–47. Helsinki: Orienta-Konsultit Oy. 1990b.
- ENGESTRÖM, Y. The future of activity theory: A rough draft. In: Sannino, A., Daniels, H., & Gutiérrez, K. (Eds.), **Learning and expanding with activity theory**, p. 303-328. New York: Cambridge University Press. 2009.
- ENGESTRÖM, Y.; SANNINO, A. (2010). Studies of expansive learning: Foundations, findings and future challenges. **Educational Research Review**, 5(1), 1–24. <http://doi.org/10.1016/j.edurev.2009.12.002>

- ENGESTRÖM, Y.; SANNINO, A. Concept Formation in the Wild. *Mind, Culture, and Activity*, v.19, n.3, p.201–206. 2012.
- ENGESTRÖM, Y.; SANNINO, A. Discursive manifestations of contradictions in organizational change efforts: A methodological framework. *J. Organizational Change Management*, v.24, n.3, p.368-387, 2011. <https://doi.org/10.1108/095348111111132758>.
- FARACO, C. A. *Linguagem e diálogo: as ideias linguísticas do círculo de Bakhtin*. São Paulo: Parábola Editorial, 2009.
- FERRARA, N.F.; MATTOS, C.R. Seleção e organização de conteúdos escolares: recortes na pandisciplinaridade. In: VIII Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física, 2002, Águas de Lindóia. **Atas do VIII Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física**. São Paulo: SBF, 2002. p. 119.
- FEYERABEND, Paul. **A Ciência em uma sociedade livre**. São Paulo: Unesp, 2011.
- FEYERABEND, Paul. **Contra o método**. Lisboa: Relógio d'água, 1993.
- FIEDLER-FERRARA, N.; MATTOS, C.R. Seleção e organização de conteúdos escolares: recortes na pandisciplinaridade. In: VIII Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física, 2002, Águas de Lindóia. **Atas do VIII Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física**. São Paulo: SBF, 2002. p. 119.
- FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**. Saberes necessários à prática educativa. 15 Ed. São Paulo: Paz e Terra, 2000.
- FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. São Paulo: Paz e Terra, 2011.
- FURLANETTO, Maria Marta. **Do discurso monológico da consciência aos gêneros do discurso**. *Revista Brasileira de Linguística Aplicada*, v. 10, n. 2, p. 301-324, 2010.
- GARCIA, J. E. *Hacia una teoria alternativa sobre los contenidos escolares*. Sevilla: Díada Editora S. L., 1998.
- GATTI, B. A. Testes e avaliações do ensino no Brasil. **Educação e Seleção**, n. 16, p. 33-42, 2013.
- GAMOW, G. **Biografía de la Física**. Madrid: Alianza Editorial, 1980.
- GOMES, M. J. E-learning e Educação Online: Contributos para os Princípios de Bolonha. In: III Colóquio Luso-Brasileiro sobre Questões Curriculares. **Actas do VII Colóquio sobre Questões Curriculares**, p. 35–45. Braga: CIEd 2006
- GULLAR, F. **Toda Poesia (1950-1980)**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1980.
- HOFSTEIN, A.; LUNETTA, V.N. The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. **Science education**, v. 88, n. 1, p. 28-54, 2004.
- HOLTON, G. **Projeto de Ensino de Física – Harvard**. Unidade 4. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1985.
- JONES, M.G.; TRETTER, T.; TAYLOR, A.; OPPEWAL, T. Experienced and novice teachers' concepts of spatial scale. *International Journal of Science Education*, v. 30, n. 3, p. 409-429, 2008. DOI: 10.1080/09500690701416624
- KRASILCHIK, Myriam. *A evolução no ensino das ciências no período 1950-1985. O professor e o currículo das ciências*. São Paulo: EPU/EDUSP, 1987.

- KOSIK, K. **A dialética do concreto**. Paz e Terra: Rio de Janeiro, 1976.
- KUHN, T.S. **La estructura de las revoluciones científicas**. México: Fondo de cultura econômica, 1992.
- LAGO, L. **Lua**: fases e facetas de um conceito. 2013. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. doi:10.11606/D.81.2013.tde-28042014-205431.
- LAGO, L.; ORTEGA, J.L.; MATTOS, C. A investigação científica-cultural como forma de superar o encapsulamento escolar: uma intervenção com base na teoria da atividade para o caso do ensino das fases da lua. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 24, n. 1, p. 239-260, 2019b. <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/1298>. DOI:10.22600/1518-8795.ienci2019v24n1p239
- LAGO, L.; ORTEGA, J.L.; MATTOS, C. A Lua na mão: mediação e conceitos complexos no Ensino de Astronomia. **Ensaio Pesquisa e Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 20, e10388, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-211720182001020>.
- LAGO, L.; ORTEGA, J.L.; MATTOS, C. O modelo genético e a ascensão do abstrato ao concreto como instrumentos para o planejamento de sequências didáticas para o ensino de ciências. Aceito para publicação na Revista **Alexandria** em 2019a.
- LIBERALI, Fernanda Coelho; FUGA, Valdire Pereira. **A importância do conceito de perejivanie na constituição de agentes transformadores**. *Estud. psicol. (Campinas)*, Campinas, v. 35, n. 4, p. 363-373, dez. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/1982-02752018000400004>.
- LOPEZ, F.S.; ORTEGA, J.; MATTOS, C.R. Ensino de Física no Nazismo como forma de controle. In: XVII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2018, Campos de Jordão. *Anais do XVII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*. São Paulo: SBF, 2018. v. 1. p. 1-9.
- LORENZIN, M. P. Sistemas de Atividade, tensões e transformações em movimento na construção de um currículo orientado pela abordagem STEAM. 2019. Dissertação (Mestrado em Ensino de Biologia) - Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. doi:10.11606/D.81.2019.tde-10122019-155229. Acesso em: 2020-01-25.
- LORENZIN, M.P; BIZERRA, A.F. Compreendendo as concepções de professores sobre o STEAM e as suas transformações na construção de um currículo globalizador para o ensino médio. **Revista da SBEnBio**, n. 9, p. 3662-3673, 2016.
- LUKÁCS, G. **Para uma ontologia do ser social**. São Paulo: Boitempo, 2012.
- LUKÁCS, G. **História e consciência de classe**. Rio de Janeiro: Elfos, 1989.
- MACHADO, J.; CRUZ, S.M.S.C.S. Conhecimento, realidade e ensino de Física: modelização em uma inspiração bungeana. *Ciência & Educação*, v. 17, n. 4, p. 887-902, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132011000400008>.
- MARX, K. **Grundrisse**: manuscritos econômicos de 1857-58: esboços da crítica da economia política. Tradução Mario Duayer, Nélio Schneider. São Paulo: Boitempo; Rio de Janeiro: Ed. UFRJ, 2011.
- MATTOS, C.R.; ORTEGA, J.L.; LAGO, L.; RODRIGUES, A.M. Scientific-cultural inquiry in school scientific activity. In: GIREP 2018. Recuperado de:

https://www.girep2018.com/contenidos/files/abstracts/resumen/autor/111_abs_con_v1.pdf

- MEDVIÉDEV, P.N. **O método formal nos estudos literários**. Introdução a uma poética sociológica. São Paulo: Contexto. 2012.
- MENDES, F. A. **Física: uma língua(gem)**. (Tese de Doutorado). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. 2010. Recuperado de <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-05082010-105658/pt-br.php>
- MENZEL, P.; D'ALUISIO, F. **Hungry planet**: What the world eats. Material World Press, 2005.
- MÉSZÁROS, I. **O conceito de dialética em Lukács**. São Paulo: Boitempo, 2013.
- MOREIRA, M. A.; AXT, Rolando. A questão das ênfases curriculares ea formação do professor de Ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 3, n. 2, p. 66-78, 1986.
- MORTIMER, E. F. Linguagem e formação de conceitos no Ensino de Ciências. **Belo Horizonte: UFMG, 2006**.
- NICOLI JUNIOR, R. B.; MATTOS, C.R. O conteúdo de cinemática nos livros didáticos de 1810 até 1930. 2007. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- ORTEGA, J.L. **Lacuna e enunciação no ensino de Física**: quando a Física é mágica. (Dissertação de mestrado). Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. 2012. Recuperado de <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde13092012-153916/pt-br.php>
- ORTEGA, J.L.; MATTOS, C.R. A hipertrofia de um gênero no ensino de física: aspectos da sintaxe e da semântica na produção de conceitos científicos, in: **Mídia, discurso e ensino** (pp. 67-86) [recurso eletrônico] / organizadores: Maria Inês Batista Campos, Geraldo Tadeu Souza. -- São Paulo: FFLCH/USP, 2018. Recuperado de <http://www.livrosabertos.sibi.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/view/225/266/1153-1>
- ORTEGA, J.L.; RODRIGUES, A.M.; MATTOS, C.R. Revisitando projetos de ensino de física numa perspectiva bakhtiniana. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 22, n. 3, p. 16-39, 2017. <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/403>
- PACKER, M. **The Ontology of learning**. In: Annual Meetings of the American Educational Research Association, Montreal. 1999.
- PÉREZ, G. D.; TORREGROSA M. J. El fracasso em la resolución de problemas de física: una investigación orientada por nuevos supuestos. **Enseñanza de Las Ciencias**. v.6, n.2, p.131-146. ,1988
- PIETROCOLA, M. **Ensino de Física**: Conteúdo, metodologia e Epistemologia numa concepção integrada, 1ª edição. Editora da UFSC, Florianópolis-SC, 2001.
- PORCZYNER, H. **Renné Magritte**: signes ET images. Paris: Drager, Le soleil noir, 1977.
- POZO, J.I. **A solução de problemas**: Aprender a resolver, resolver para aprender. Porto Alegre: Artemed, 1998.

- RAJALA, Antti et al. Expanding the chronotopes of schooling for the promotion of students' agency. Identity, community, and learning lives in the digital age, p. 107-125, Cambridge University press, 2013.
- RASTIER, F. **Arts et sciences du texte**. Paris: Presses Universitaires de France, 2001.
- REINALDA, B; KULESZA, E. **The Bologna Process—Harmonizing Europe's Higher Education: Including the Essential Original Texts**. Verlag Barbara Budrich, 2006.
- RODRIGUES, A. M. **Redimensionando a noção de aprendizagem nas relações entre perfil conceitual e contexto: uma abordagem sócio-cultural-histórica**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Instituto de Física, Faculdade de Educação, Instituto de Química e Instituto de Biociências, São Paulo, 2009.
- RODRIGUES, A.M.; MATTOS, C.R. Reflexões sobre a noção de significado em contexto. **Indivisa, Boletín de Estudios e Investigación**, v. 7, p. 323-331, 2007.
- RODRIGUES, A.M.; ORTEGA, .L.; TAVARES, L.B. ; MATTOS, C.R. Planning lessons: A socio-historical-cultural approach in physics teaching. **Science Education International** (Online), v. 21, p. 241-251, 2010.
- ROTH, W.-M. **Doing qualitative research: praxis of method**. Sense Publishers: United Kingdom, 2005.
- ROTH, W.-M.; LEE, Y.-J. 'Vygotsky's Neglected Legacy': Cultural-Historical Activity Theory. **Review of Educational Research**, v.77, n.2, p.186–232. 2007.
- SAMAGAIA, R.; DELIZOICOV, D. Educação científica informal no movimento "Maker". In X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, **Atas...**, p. 1-9, 2015.
- SANNINO, Annalisa; DANIELS, Harry; GUTIÉRREZ, Kris D. (Ed.). **Learning and expanding with activity theory**. Cambridge University Press, 2009.
- SANTOS, F.; MATTOS, C.R. Generalização e contextualização no ensino de ciências. In VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), **Atas...**, p.1-12, 2009.
- SANTOS, F.P.P. **O conceito de generalização a partir de um olhar dialético-complexo sobre o modelo de perfil conceitual**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. doi:10.11606/D.81.2011.tde-31052012-104605.
- SASSERON, L.H.; CARVALHO, A.M.P. Alfabetização Científica: Uma Revisão Bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011.
- SAVIANI, D.; DUARTE, N. **Pedagogia histórico-crítica e luta de classes na educação escolar**. Campinas, SP: Autores Associados, 2012.
- SODRÉ, F. C. R. **Física para uma alimentação saudável**. 2008. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo.
- SODRÉ, F.C.R. **Uma proposta de levantamento de perfil conceitual complexo de tempo**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- SOUZA, V. E. **Uma proposta de levantamento dos perfis conceituais de ensinar e aprender**. São Paulo, dissertação de mestrado do Programa Interunidades em Ensino de Ciências da USP, modalidade Ensino de Física, 2008.

- TAVARES, L. B. **A teoria da atividade como instrumento de análise da escola**: o caso da EMAE. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo (2012).
- TAVARES, L.B.; DALRI, J.; RODRIGUES, A.M.; MATTOS, C.R. A reorganização da atividade na mudança de contextos: um olhar para as classes hospitalares. In: **Atas do XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF)**, Vitória/ES, 2009.
- VIGOTSKI, L.S. **A construção do pensamento e da linguagem** (trad. P. Bezerra) São Paulo: Martins fontes, 2001.
- VIANA, Iara Felix. Mulheres negras e baile funk: sexualidade, violência e lazer. 2013.
- VILA, I. El espacio social en la construcción compartida del conocimiento. **Revista Educar**, n.22/23, p.55-58, 1998.
- VOLÓCHINOV, V. Marxismo e filosofia da linguagem: problemas fundamentais do método sociológico na ciência da linguagem. Sheila Grillo e Ekaterina Vólkova Américo (Trad.). São Paulo: Editora 34, 2017.
- WERTSCH, J. **Vigotski and the social formation of mind**. Massachusetts: Harvard University Press, 1985.
- WERTSCH, J. **Voces de la mente**. Un enfoque sociocultural para el estudio de la acción mediada. Madrid: Visor, 1993.
- WOLKE, R.L. **O Que Einstein disse a seu cozinheiro**: A ciência na cozinha. São Paulo: Zahar, 2010.
- ZAVALA, I.M. **Bajtin y el acto ético**: uma lectura al reverso. In: Bajtin e sus apócrifos. Barcelona: Montesinos, 1996.

ANEXO 1 - *Investigação inicial da atividade da Caixa Preta: observação e investigação do mecanismo, elaboração hipóteses.*

Valendo-se de materiais que têm à mão, criam possíveis mecanismos explicativos.

Voltam a observar a caixa para encontrar elementos que justifiquem suas hipóteses.

Refutam hipóteses que não se sustentam. Tentam simular o dispositivo com materiais que têm à mão.

Alunos, em grupo, manipulam o dispositivo (caixa lacrada) e observam seu funcionamento externo.

Alunos ouvindo o som da caixa para extrair mais elementos para o modelo.

Proposta de inicial de mecanismo em forma de “Z” com haste livre que conecta alavanca. Hipótese abandonada.

Nova tentativa de construção de um mecanismo interno para o funcionamento da caixa. Proposta de alavanca com ponto fixo central. Abandono da haste livre.

Aprimoramento do mecanismo depois de sucessivos testes de hipóteses e diálogo em grupo.
Proposta de um mecanismo giratório com elásticos.

Compartilhando os diversos mecanismos na lousa para uma comparação crítica.

ANEXO 2 - Produção dos alunos (caixa preta): protótipos da atividade da caixa preta

Testam a diversidade de modelos e aperfeiçoam os mecanismos.

Modelo de haste com ponto central fixo e elásticos restituidores. Um rolo de fita isolante foi deixado solto para explicar o ruído interno.

Modelo abandonado, hastes conectadas por elástico.

Aprimoramento da versão acima, também abandonada. Haste livre.

Versão aprimorada e validada de haste com ponto fixo e dobradiças elásticas.

Versão com dispositivo giratório e elásticos. Validada.

Versão com molas e haste livre. Abandonada.

Versão sofisticada com molas, haste com eixo giratório, e dispositivo que explica o som intermitente produzido quando se rotaciona a caixa.

Versão semelhante à anterior, mais simplificada.

Versão refutada e reelaborada de mecanismo com haste móvel e haste fixa.

Detalhe dos modelos mais recorrentes na atividade.

ANEXO 3 - Atividade do Inclinômetro (Fotos na ladeira).

Antes de ir a campo, aluno testam dispositivos, elaboram técnicas de medição.

Professor dando instruções sobre as novas condições do experimento. Pesquisador filmando a cena.

Superando dificuldade de medidas. Irregularidades do chão superadas pelo uso de uma tábua.

Interagindo com pedestres para produzir uma estimativa do ângulo. Pedestre escolhe valor de 30.

Procedimentos criativos para superar as dificuldades de medição. Alunos precisam barrar o vento que interferia na estabilidade do balão de gás.

Ao mesmo tempo em que barram o vento com uma tábua, usam outra tábua para superar as irregularidades do asfalto da rua. Todo o grupo aparece mobilizado no processo de medição.

Pedestre, que passava pelo local, para a fim de conversar com os alunos, interessado pelos procedimentos com a atividade.

Pedestre é arquiteto e morador da região; propõe nova forma de medição. Usa do degrau nivelado de uma casa e a perspectiva visual para encontrar o ângulo. Ao fundo, pesquisador registra em filme o momento

ANEXO 4 - Atividade do Inclinômetro (Pré-relatórios).

Alunos compartilham na lousa, em sala de aula, sua versão preliminar dos resultados e da tomada de dados.

Expressam o ângulo médio da ladeira, altura da ladeira e velocidade de descida de veículo abandonado. Realizam, também, a modelagem geométrica dos instrumentos de medida que utilizaram para determinar o ângulo da ladeira.

O professor faz uma avaliação inicial dos trabalhos, possibilitando que os alunos se autorregulem.

ANEXO 5 - Atividade do inclinômetro (Relatórios finais):

Exemplos de relatórios (gênero experimental) produzidos

Introdução

*circulo 1
ponto 1*

No dia 18 de março de 2015, os alunos do primeiro ano do Ensino Médio do Colégio Emílio de Vileneuve realizaram um experimento para medir o ângulo da ladeira, que está localizada em frente à escola.

Antes do experimento, os alunos criaram modelos tentando descobrir a medida do ângulo e utilizando vários instrumentos de medidas de ângulo, como pêndulos, aquários, níveis (instrumento muito utilizado por arquitetos e pedreiros), balões, etc.

Segundo os alunos, a ladeira teria entre 20 e 35 graus de inclinação, e essas também foram as respostas das pessoas que foram entrevistadas durante o experimento, que passavam no local.

No experimento, o método utilizado para medir o ângulo da ladeira foi o método de ângulos alternos internos, que permite que um ângulo possa ser medido a partir de outro, em outro triângulo.

*Paralela na ladeira e experimento... fide da
cruzeiro*

Utilizando pêndulos, níveis, aquários com água, entre outros instrumentos, e utilizando os ângulos alternos internos, foi possível calcular o ângulo da ladeira.

Para realizar estes cálculos, deveremos ver a ladeira como um triângulo, e assim mediremos os ângulos alternos e internos desse triângulo.

I. Instrumento 1- Pendulo

*Modelagem
dos Instrumentos de Medida.*

Analisando este instrumento podemos perceber uma angulação, e fazendo um desenho mais limpo podemos ver que por ângulos alternos internos é possível achar o ângulo da rampa. Veja as imagens a baixo:

*apostas
pelo
nível*

II. Instrumento 2 – Nível (usado em construções)

Já com esse instrumento o modo de visualização é diferente, pois é necessário olhar os ângulos de acordo com paralelas traçadas. Veja a figura para entender melhor:

*alternos
int*

III. Altura da rampa (H)

Para achar a altura da rampa é necessário saber a angulação e a distancia da rampa. A partir de tabelas com diferentes medidas foi possível chegar a uma média da distancia da rampa e da angulação da mesma. Veja as tabelas e o rascunho da rampa abaixo:

Distancia (m)
45m
43m

D.média: 44m

θ°	
10°	15°
12°	14°
13°	11°

Angulo médio: 12,5°

Agora para que seja possível descobrir a altura da rampa é preciso fazer a seguinte operação:

$$H = \sin \theta \cdot x(D/m)$$

$$H = \sin 12,5^\circ \cdot x/44m \rightarrow \sin 12,5^\circ = 0,21$$

$\rightarrow 0,21 \cdot 44m = 9,24m \approx 9,52m$ de altura.

Para calcular a velocidade é necessário usar a fórmula:

$$V = 0,95 \cdot \sqrt{2 \cdot \text{Gravidade} \cdot \text{Altura}(H)}$$

$$V = 0,95 \cdot \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 9,52} \quad v = 0,95 \cdot 13,8$$

$$v = 13,10m/s$$

$$13,10m/s \cdot 3,6 = 47,2km/h$$

- A expectativa é de a velocidade atingida ser de 47,2km/h

IV. Agora com todos os dados é possível fazer a expectativa para o próximo experimento que é descobrir a velocidade que pode se alcançar nesta mesma rampa. Veja as expectativas a baixo:

Fotos dos Experimentos

Ambas as experiências acima foram usadas na base um da rampa, no inclinômetro conseguimos alcançar ângulo de grau 12 e no nível a partir do "tubo de água" conseguimos o grau 15.

Com os celulares não foi diferente, foi obtido ângulos com graus diferentes, mesmo sendo um aparelho tecnológico, também foi usado na base um.

Já esses experimentos foram realizados na base dois e no inclinômetro foi obtido 11 graus e no experimento com a bexiga e foi obtido 14 graus.

Também nos celulares deram graus diferentes mesmo estando na mesma base.

Já na 3 base os celulares e o inclinômetro deram 12 graus, porém o experimento deu 10 graus, e nesse experimento foi utilizado o aquário com água.

Conclusão

Com esses experimentos conseguimos descobrir o ângulo, a distância e a altura de uma rampa, sendo que não abrimos um buraco nela. Também podemos perceber que mesmo os aparelhos digitais também são "irregulares" em relação ao ângulo, por o mesmo ser muito sensível.

Com essas técnicas podemos transformar uma rampa em uma figura geométrica e depois em uma fórmula e desse modo podemos calcular seus valores.

desemolhar

trabalho

ANEXO 6 - Atividade do inclinômetro (Avaliações escritas):

Exemplos de registros em avaliações escritas com consulta ao relatório. Os alunos operam com os gêneros da atividade experimental e do vestibular.

Colégio Emilie de Villeneuve

Aluno(a): Andréa Paula Série/ano: 1º C nº: 09
 Componente curricular: Física Professor(a): Debora data: 23.03.2015

OBJETIVOS AVALIADOS	1.3
---------------------	-----

ATENÇÃO:

PARA O RESPONSÁVEL:

1.3	1.3
-----	-----

INDICADORES DE APROPRIAÇÃO DE CONTEÚDOS:

1.3	1.3
-----	-----

Atividade Avaliativa 3: INCLINÔMETRO – "Sem freios na ladeira do Emilie".

Caro(a) aluno(a), nós estamos discutindo como as medições e experimentos são importantes para a Física. É por meio deles que os modelos são aprimorados para a representação e previsão de fenômenos. Nesta atividade vamos representar grandezas e aplicar a modelagem matemática criada no experimento do inclinômetro.

- 1) Escolha e analise dois experimentos abaixo, observe o ângulo α medido pelo aluno e encontre o ângulo β que corresponde à inclinação da rampa. OBS.: Cada experimento foi feito em uma rampa diferente.

- 2) Escolha um experimento e calcule a altura H da rampa, sabendo que o aluno caminhou a distância de 40m da base ao topo da rampa.

Exp. escolhido

$$H = \sin \alpha \cdot D$$

$$H = 0,22 \cdot 40 \text{ (m)}$$

$$H = 8,8 \text{ m}$$

- 3) Utilize o modelo matemático de velocidade $V = 0,95 \cdot \sqrt{2gH}$, substitua H e calcule a velocidade em km/h que um carro, sem freios, atingiria ao descer os 40m da ladeira. ATENÇÃO: A equação acima fornece o valor da velocidade em m/s. Dicas: (Para saber em a velocidade em km/h multiplique o valor por 3600 e divida por 1000. Use o valor da gravidade em $SP \ g = 9,8 \text{ m/s}^2$).

Handwritten calculations:

$$V = 0,95 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 40}$$

$$V = 0,95 \cdot \sqrt{784}$$

$$V = 0,95 \cdot 28$$

$$V = 26,6 \text{ m/s}$$

$$V = 26,6 \cdot 3,6 = 95,76 \text{ km/h}$$

Handwritten note: "Os alunos deviam aprender com a razão" (Kepler)

Colégio Emilie de Villeneuve

Aluno(a): Guilherme Borges Junior Silva Série/ano: 1º C nº: 09
 Componente curricular: Física Professor(a): Debora data: 23.03.2015

OBJETIVOS AVALIADOS	1.3
---------------------	-----

ATENÇÃO:

PARA O RESPONSÁVEL:

1.3	1.3
-----	-----

INDICADORES DE APROPRIAÇÃO DE CONTEÚDOS:

1.3	1.3
-----	-----

Atividade Avaliativa 3: INCLINÔMETRO – "Sem freios na ladeira do Emilie".

Caro(a) aluno(a), nós estamos discutindo como as medições e experimentos são importantes para a Física. É por meio deles que os modelos são aprimorados para a representação e previsão de fenômenos. Nesta atividade vamos representar grandezas e aplicar a modelagem matemática criada no experimento do inclinômetro.

- 1) Escolha e analise dois experimentos abaixo, observe o ângulo α medido pelo aluno e encontre o ângulo β que corresponde à inclinação da rampa. OBS.: Cada experimento foi feito em uma rampa diferente.

- 2) Escolha um experimento e calcule a altura H da rampa, sabendo que o aluno caminhou a distância de 40m da base ao topo da rampa.

Desenho

$$H = \sin \alpha \cdot D$$

$$H = 0,22 \cdot 40 \text{ (m)}$$

$$H = 8,8 \text{ m}$$

- 3) Utilize o modelo matemático de velocidade $V = 0,95 \cdot \sqrt{2gH}$, substitua H e calcule a velocidade em km/h que um carro, sem freios, atingiria ao descer os 40m da ladeira. ATENÇÃO: A equação acima fornece o valor da velocidade em m/s. Dicas: (Para saber em a velocidade em km/h multiplique o valor por 3600 e divida por 1000. Use o valor da gravidade em $SP \ g = 9,8 \text{ m/s}^2$).

Handwritten calculations:

$$V = 0,95 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 40}$$

$$V = 0,95 \cdot \sqrt{784}$$

$$V = 0,95 \cdot 28$$

$$V = 26,6 \text{ m/s}$$

$$V = 26,6 \cdot 3,6 = 95,76 \text{ km/h}$$

Handwritten note: "Os alunos deviam aprender com a razão" (Kepler)