Natan Savietto

JOGOS DE LINGUAGEM E SIGNIFICAÇÃO EM AULAS DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO

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

Orientador: Prof. Dr. Henrique César da Silva

Florianópolis
2015

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

Savietto, Natan
Jogos de Linguagem e Significação em Aulas de Física no Ensino Médio / Natan Savietto ; orientador, Henrique César da Silva - Florianópolis, SC, 2015.
154 p.

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

Inclui referências

1. Educação Científica e Tecnológica. 2. Jogos de Linguagem. 3. Linguagem Matemática. 4. Ensino de Física. 5. Ludwig Wittgenstein. I. Silva, Henrique César da. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Educação Científica e Tecnológica. III. Título.

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

"Jogos de linguagem e significação em aulas de Física do Ensino Médio"

Dissertação submetida ao Colegiado do Curso de Mestrado em Educação Científica e Tecnológica em cumprimento parcial para a obtenção do título de Mestre em Educação Científica e Tecnológica

APROVADA PELA COMISSÃO EXAMINADORA em 17 de dezembro de 2015

Henrique César da Silva (Orientador - MEN/CED/UFSC)____________________
Sonia Maria Silva Correa de Souza Cruz (Examinadora - FSC/CFM/UFSC)__________
Everaldo Silveira (Examinador - MEN/CED/UFSC)____________________
Marisa Rosâni Abreu da Silveira (Examinadora - UFPA)____________________
Tatiana da Silva(Suplente - FSC/CFM/UFSC)____________________

Carlos Alberto Marques
Coordenador do PPGECT

Natan Savietto
Florianópolis, Santa Catarina, 2015

Dedico esse trabalho aos meus pais, irmãos e irmã por sempre servirem de exemplo e inspiração.

AGRADECIMENTOS

São muitas as pessoas que contribuíram para o desenvolvimento desse trabalho e conclusão de mais uma etapa na minha formação acadêmica, tentarei lembrar de todas e agradecê-las desde já!

Aos meus pais Teógenes e Marcia, que sempre me ensinaram boa parte do que sei na vida e por sempre me deixarem tranquilo em todos os aspectos, além de serem meu “porto seguro”.

Aos meus irmãos Davi, Tobias e Abigail por todo incentivo e apoio para concluir mais esta etapa da minha vida.

Ao professor Henrique César da Silva pelos momentos de orientação, pela amizade e por acreditar que poderia realizar este trabalho de pesquisa. Agradeço pela paciência, pelos incentivos, “puxões de orelha” quando foram necessários e por entender minhas dificuldades. Aprendi muito com o professor, muito obrigado.

A Taíse Ceolin, que ao longo do mestrado tornou-se uma amiga muito especial, me ajudando imensamente e incansavelmente em todos os momentos da elaboração do texto, lendo, fazendo sugestões, discutindo sobre o “WITTINHO” e sempre me incentivando a terminar a “DIRCE”, meu muito obrigado, serei eternamente grato pela sua ajuda em todos esses momentos.

Aos professores Paulo José Sena dos Santos e David Antônio da Costa, por suas sugestões e incentivos realizados na qualificação.

À Banca examinadora desta dissertação, professor Everaldo Silveira e professoras Sonia Maria Silva Corrêa de Souza Cruz e Marisa Rosâni Abreu da Silveira, que se disponibilizaram prontamente em contribuir com o meu trabalho.

A todos os professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica responsáveis pela oportunidade que me foi concedida.

Aos amigos, Murilo Machado Costa, João Nicoladelli. Figueiredo e Leonardo Uzejka pelas conversas e momentos de descontração nos “Açaís da Discórdia”.

Aos “irmãos de orientação” Daniel Liceski Godinho, João Paulo Mannrich, Patrick de Souza Girelli, Kleber Briz Albuquerque e a “irmãzinha” Jane Helen Gomes de Lima, que, em diversos momentos, estiveram sempre compartilhando ideias, conhecimentos, experiências, aflições, ansiedades e inquietudes.

Aos colegas da turma de mestrado que contribuíram para a elaboração do projeto com seus questionamentos, críticas e sugestões.

A todas as outras pessoas que de alguma forma me ajudaram a realizar este trabalho, (em especial aos amigos de longas datas).

Ao CNPq que financiou o desenvolvimento desse projeto por meio de uma bolsa.

Muito obrigado a todos e todas, só cheguei aqui por causa de vocês!!

Por isso a tarefa não é ver o que ninguém viu ainda, mas pensar aquilo que ninguém pensou a respeito daquilo que todo mundo vê.

(SCHOPENHAUER, 2005)

RESUMO

Podemos dizer que uma das dificuldades dos estudantes relacionadas a compreender conceitos físicos e interpretar o mundo do ponto de vista da Física, está no fato desta ser estruturada por meio da linguagem matemática. No entanto, o ensino da Física, muitas vezes acaba se resumindo a práticas de exposição de conceitos e fórmulas, evidenciando o operativismo matemático, onde a significação dos fenômenos e da própria linguagem matemática através do diálogo entre estudantes e professores são poucos trabalhadas. A Física trabalha com uma linguagem cuja significação passa pela matemática, mas vai além dela. O seu processo histórico de constituição como ciência, foram sendo tecidas relações com a Matemática, constituindo uma nova forma de interpretação do mundo segundo Thomas Kuhn. De fato, há várias visões dessa relação entre Física e Matemática, sendo esta pensada como estrutura, como ferramenta, como fundamento, ou como linguagem da/para a Física, conforme os estudos. Neste trabalho adotamos a compreensão da Matemática como linguagem tendo como referência a filosofia da Linguagem de Wittgenstein. Destacamos a noção de jogos de linguagem, com suas regras próprias e semelhanças de família, que colaboram para o entendimento da significação como dependente do uso que se faz da linguagem, no caso, da linguagem Matemática, nos diferentes contextos ou formas de vida, como, no nosso caso, o contexto de ensino de Física. Tomando como base essa concepção da filosofia de linguagem buscamos identificar como e que jogos de linguagem, envolvendo tanto a linguagem verbal e matemática da Física do 3º ano do Ensino Médio, de uma escola pública estadual do município de Florianópolis/SC, por um professor-estagiário que buscava tratar a matemática nas aulas de forma diferenciada e cujo tema abordado foi campo magnético gerado por corrente elétrica. Estas aulas foram áudio-gravadas e posteriormente transcritas, onde selecionamos os episódios em que evidenciamos os jogos de linguagem, suas regras ou semelhanças de família, e as possibilidades de significação dos conceitos físicos relacionados a esse tema trabalhados pelo professor e pelos estudantes. Assim, identificamos diferentes jogos de linguagem relativos à forma de vida escolar, com suas regras próprias e semelhanças de família com outros jogos, tais como o jogo de linguagem gestual, o jogo de linguagem "maior…maior, maior…menor", o jogo de linguagem associativo, o jogo de linguagem de analogia, e outros, que tem como objetivo a significação do conceito estudado, entrelaçando as linguagens verbal e matemática.

Palavras-chave: Jogos de Linguagem. Ensino de Física. Linguagem Matemática. Wittgenstein.

ABSTRACT

We can say that one of the difficulties of the students related to understanding physical concepts and interpret the world from the point of view of physics, it is the fact that it is structured by means of mathematical language. However, the teaching of physics, often end up short exposure practices concepts and formulas, showing the mathematical tivism, where the significance of the phenomena and their own mathematical language through dialogue between students and teachers are few worked. Physical works with a language whose significance goes through the math, but goes beyond it. Its historical process of constitution as a science, relations were being woven with mathematics, constituting a new form of interpretation of the world second Thomas Kuhn. In fact, there are several views of the relationship between physics and mathematics, which is designed as a framework, as a tool, as a foundation, or as language of/for physics, according to the studies. In this paper we adopt the understanding of mathematics as a language with reference to the philosophy of Wittgenstein's language. Highlight the notion of language games with their own rules and family resemblances, that contribute to the understanding of the significance as dependent on the use that is made of language, in this case, the language of mathematics in different contexts and ways of life, as in our case, the teaching context of physics. Based on this conception of philosophy of language as we seek to identify and language games involving both verbal and mathematics Physics of the 3rd year of high school, a public school in Florianópolis/SC, for a teacher-trainee who sought to treat mathematics in classes differently and whose theme was addressed magnetic field generated by electric current. These classes were audio-recorded and transcribed, which selected the episodes in which we highlight the language games, rules or family resemblances, and the meaning possibilities of the physical concepts related to this theme worked by the teacher and students. Thus, we identified different sets of language on the way to school life, with its own rules and family resemblances with other games such as the game of sign language, the language game "bigger ... bigger, bigger ... smaller," the game associative language, the analogy of language game, and others, which aims at studying the concept of meaning, linking the verbal and mathematical languages.

Keywords: Language Games. Physics Teaching. Language Mathematics. Wittgenstein

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE QUADROS

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO

Nesse trabalho, entendemos que a Física e a Matemática estão profundamente ligadas uma a outra. Podemos considerar a Física como a ciência que se apoia na Matemática para compreender/interpretar, dar sentido à natureza, e consequentemente que os físicos não seriam capazes de trabalhar sem a Matemática. Assim, o papel realizado pela Matemática na Física, e em seu ensino, pode parecer simples tanto para os pesquisadores quanto para os professores, mas de fato, não é (MANNRICH, 2014).

No Ensino de Física, a Matemática aparece muitas vezes, como uma mera ferramenta geralmente relacionada à prática de dedução de fórmulas e resolução de exercícios, com manipulações Matemáticas pouco significativas do ponto de vista da compreensão de uma situação real e dos próprios conceitos físicos envolvidos nas situações estudadas em sala de aula (MANNRICH, 2014).

Tendo como base a leitura de trabalhos na área de ensino de física (PIETROCOLA, 2002; PIETROCOLA, 2010; KARAM, 2009; KARAM, 2012; ATAÍDE, 2013, MANNRICH, 2014), observamos que um dos problemas do ensino de Física, que é ainda pouco explorado pelas pesquisas atuais, consiste no fato de as aulas de Física serem pautadas por meio da linguagem Matemática, que não é a linguagem natural, nem cotidiana dos estudantes, e por isso gerando dificuldades nos processos de ensino e de aprendizagem dessa disciplina.

Somado a isso, as práticas docentes em ensino de física, tanto no nível básico quanto no superior, muitas vezes se reduzem à demonstração e apresentação de leis e fórmulas, enfocando o operativismo matemático com quase nenhum espaço para discussões entre professor e aluno onde a significação dos conceitos físicos e a significação da própria realidade pela física, possam ocorrer, contribuindo assim para dar sentido ao mundo em que os estudantes estão inseridos (MANNRICH, 2014). Nestas práticas a matemática aparece como uma ferramenta.

Esta prática de reduzir a Matemática a uma simples ferramenta para a Física, algo que estaria para ser usado “depois” de compreendida “a teoria”, e usado de maneira operacional, além de contribuir para o desinteresse e desmotivação dos estudantes, acaba promovendo também, entre os próprios professores de Física, o aparecimento de chavões como: “Meu aluno não aprende Física porque não sabe Matemática” ou “A Física do problema acabou, daqui pra frente é só Matemática”, conforme destacado por Karam (2012) em sua tese. Nesse sentido, admitir a

Matemática como uma mera ferramenta pode resultar no entendimento equivocado de que apenas um bom domínio de conhecimentos matemáticos garante o êxito no estudo da Física.

De fato, saber trabalhar com as "ferramentas matemáticas" é necessário para um bom desempenho dos estudantes na disciplina de Física, porém, apesar de necessária, essa condição não é única, ou seja, não se pode afirmar que os estudantes que possuem este quesito serão bem-sucedidos em Física (HUDSON; MCINTIRE, 1977; HUDSON; LIBERMAN, 1982 apud KARAM, 2012) e nem que a significação física do mundo seja atingida apenas pelo domínio matemático da física.

Este pensamento e prática acabam causando um impasse, no qual os estudantes se queixam que os professores não ensinam, e os professores se queixam que os estudantes não aprendem Física porque não sabem Matemática. Isto é o que Ataíde (2013, p.10) chama de "jogo de 'empurra-empurra' entre professores e estudantes a respeito da Física e da Matemática".

Por outro lado, existe pouca compreensão por parte de professores que estão na sala de aula e estudantes acerca do papel da Matemática na própria Física, uma vez que ambas têm muitas intersecções em seu processo de construção, como exemplo o desenvolvimento do cálculo feito por Newton, e a utilização de Einstein da Geometria Riemanniana para compor a sua Teoria da Relatividade Geral. Estas e outras intersecções da Matemática e da Física são apontadas por Kuhn (2011) em um ensaio[1] onde descreve o desenvolvimento dessas duas áreas de conhecimento.

O modo como se concebe a relação entre Física e Matemática tem implicações sobre as práticas e estratégias de ensino. Uma possibilidade de esclarecer o papel da Matemática na Física e no ensino de Física pode ser considerando a Matemática como uma das linguagens da Física. Neste sentido, Almeida (1999; 2003; 2004; 2013) apresenta a importância de compreender as relações entre a linguagem Matemática e a linguagem natural (falada e escrita) na produção dos saberes científicos e no seu ensino. A autora destaca que tanto a linguagem natural quanto a linguagem Matemática são integrantes, constituintes do fazer científico, tornando essa dupla relação um elemento importante a ser levado em consideração na formação de professores, e argumenta que para pensar o ensino de física na escola, "[...] sem dúvida a linguagem comum deve tomar a dianteira, ainda que não se possa negligenciar o papel da

---

[1]Tradição Matemática *versus* tradição experimental no desenvolvimento das ciências Físicas (p.55-88).

linguagem Matemática na construção dessa disciplina [...]" (ALMEIDA, 2004, p. 96).

A autora conclui que, nos trabalhos dos físicos, o papel da linguagem Matemática se mostra evidente, porém em seus estudos com licenciandos, nos contatos com escolas em diferentes níveis aponta que o mesmo não parece ocorrer. Segundo ela, professores e estudantes colocam que os conhecimentos matemáticos são um pré-requisito para quem irá aprender Física e critica essa concepção argumentando que a Matemática é algo "cujo saber também estará se processando à medida que conteúdos considerados relevantes justifiquem a dedicação ao seu ensino e ao seu aprendizado" (ALMEIDA, 2004, p. 117).

Supomos que a dificuldade de os estudantes compreenderem os conceitos físicos e interpretarem o mundo do ponto de vista da física não reside apenas na falta de conhecimentos de matemática, e sim na forma de utilizá-la na interpretação de situações físicas e na significação de conceitos. Neste sentido buscamos pensar a Matemática como linguagem, trazendo a perspectiva de diferentes autores acerca desta temática. Aprofundamos a ideia da Matemática como linguagem da Física, tentando compreender os jogos de linguagem presentes nesta visão, trazendo, para isso, aspectos da filosofia da linguagem de Wittgenstein, que colaboram para o entendimento da possibilidade de significação de acordo com o uso que se faz da linguagem matemática em diferentes contextos.

Assim, delineamos nossa questão de pesquisa:

Como e que jogos de linguagem matemática e verbal estão associados a significação do conceito de campo magnético gerado por corrente elétrica, em aulas de Física no Ensino Médio?

Tomando como base a Filosofia da Linguagem de Wittgenstein, a qual propõe a significação de acordo com o uso que se faz das palavras em diferentes contextos, denominando isso como jogos de linguagem, buscamos identificar que relações existem entre linguagem Matemática e linguagem verbal em aulas de Física, bem como, que uso da linguagem Matemática e quais jogos de linguagem estão presentes nestas aulas relacionados com essa linguagem.

Nessa perspectiva, analisamos um conjunto de aulas de Física, realizadas com uma turma de 3º ano do Ensino Médio, em uma escola pública do município de Florianópolis/SC, durante o período de estágio do professor, estudante do curso de Física-Licenciatura da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), no segundo semestre de 2014, estas aulas foram escolhidas pois este professor se propôs a fazer um conjunto de aulas diferenciadas onde iria possibilitar aos alunos um ambiente onde o diálogo fosse privilegiado, fugindo assim de modelos de aulas tradicionais onde a apresentação de fórmulas e o operativismo matemático é maior.

Estas aulas foram áudio-gravadas pelo professor e posteriormente transcritas, onde destacamos os episódios em que evidenciamos os jogos de linguagem envolvendo a linguagem matemática e as possibilidades de significação dos conceitos físicos pelos estudantes de acordo com o contexto.

Assim, apresentamos no primeiro capítulo uma síntese sobre a evolução das relações entre a Física e a Matemática utilizando como base um ensaio do epistemólogo Thomas S. Kuhn. Para fundamentar as relações entre a Matemática e a Física, que é necessário para se compreender porque esta ciência é pautada na Matemática.

No segundo capítulo, baseados na pesquisa de Karam (2012), apresentamos a visão desse autor sobre as relações entre a Matemática e a Física como ciências, e suas relações no ensino de Física, classificados por ele em três categorias: “modelagem Matemática de fenômenos físicos”; “compreensão de fórmulas da Física”; e, “uso de Matemática na resolução de problemas de Física”. Nessa mesma perspectiva, apresentamos o trabalho de Ataíde (2013) que desenvolveu sua pesquisa junto aos estudantes de Ensino Superior, abordando o estudo da termodinâmica, e identificando que os mesmos consideram que a Matemática pode ser vista como ferramenta para a Física, como tradução para a Física ou como estrutura para a Física, ao final destacamos a possibilidade de considerar a Matemática como linguagem no ensino de Física, além dos trabalhos Almeida (1999, 2003, 2004,2012, 2013) que abordam a importância do uso da linguagem verbal no ensino de física e outros trabalhos na mesma linha de pesquisa.

No capítulo 3 buscamos a fundamentação teórica pautada na filosofia da linguagem de Wittgenstein[2] onde tentamos compreender a Matemática como uma das linguagens da Física, destacando as possibilidades de significação por meio do uso da linguagem e da compreensão das regras dos jogos de linguagem característicos de cada situação.

No quarto capítulo, apresentamos a seleção e descrição do material coletado e explicitamos os procedimentos realizados para a análise desse conjunto de aulas de Física.

---

[2] Nesse trabalho consideramos os escritos do “Segundo Wittgenstein”, ou seja, sua obra após o *Tractatus Logico-Philosophicus*.

No capítulo 5 fazemos a análise das aulas coletadas com vistas a responder nossa pergunta de pesquisa, destacando episódios das aulas onde evidenciamos as regras e/ou os jogos de linguagem usados pelo professor, bem como as semelhanças de família entre os diferentes jogos identificados. Finalizamos com algumas considerações acerca da pesquisa realizada, destacando alguns apontamentos, dúvidas e possibilidades que poderão ser explorados em trabalhos futuros.

1. RELAÇÕES ENTRE A MATEMÁTICA E A FÍSICA

Neste capítulo descrevemos brevemente o processo histórico de constituição da Física como Ciência, apresentando as contribuições e as relações da Matemática nesse processo, tomando como referência os estudos de Thomas Kuhn acerca dessas possibilidades. Identificamos que tanto no processo de constituição da Física como ciência, quanto no processo de ensino da Física, a Matemática aparece de diferentes formas, mas sempre presente.

1.1 CONSTITUIÇÃO HISTÓRICA DA FÍSICA COMO CIÊNCIA E SUAS RELAÇÕES COM A MATEMÁTICA

Thomas Samuel Kuhn (1922-1996), epistemólogo e físico, nascido nos Estados Unidos, cuja principal área de pesquisa foi a História da Ciência, lecionou em diversas universidades norte americanas tais como Harvard, a Universidade da Califórnia, a Universidade de Princeton e o MIT[3], onde permaneceu até terminar a sua carreira acadêmica. Durante sua trajetória acadêmica escreveu diversos livros tendo como sua principal obra a "Estrutura das Revoluções Científicas" (1998), além de outros livros, os quais discorriam acerta da História da Ciência.

A partir de um ensaio deste autor, apresentamos como se deu a constituição histórica da Física como ciência deixando de ser compreendida como uma filosofia natural e passando a ser a ciência que descreve os fenômenos naturais, como conhecemos atualmente. Segundo Kuhn (2011), em sua obra "A Tensão Essencial", o desenvolvimento da Física ocorreu em consonância com o da Matemática, justificando este desenvolvimento com base em narrativas históricas, partindo das ciências clássicas, passando pelas chamadas ciências baconianas até chegar à ciência moderna, descrevendo dessa forma, sinteticamente como ocorreu essa constituição histórica.

Em um dos ensaios que compõe esta obra, Kuhn propõe a seguinte pergunta: "*As ciências são muitas ou uma só?"*, com o intuito de diferenciar como as narrativas históricas abordam um determinado assunto ou panorama histórico, se o tratam separadamente como conteúdo de uma ciência específica (matemática, astronomia, física, química, entre outras) ou se consideram todos os objetos científicos envolvidos, a fim de

---

[3]*Massachusetts Institute of Technology* (MIT), é um centro universitário de educação e pesquisa privado localizado em Cambridge, Massachusetts, nos Estados Unidos.

examinar a época que tal fato ocorreu, delineando todos os aspectos que possam afetar o conhecimento científico concebido em um determinado período.

Tomamos este ensaio como referência principal para organizar as ideias deste capítulo, por considerarmos que Kuhn apresenta esse percurso histórico, sinteticamente, apontando as relações entre a Física e a Matemática, nesse processo. Em nosso trabalho, consideramos importante destacar inicialmente essas inter-relações entre a Física e a Matemática, constituídas historicamente, justificando dessa forma, a forte presença da matemática no ensino de Física (que abordaremos no capítulo 2). Assim, passamos a descrever brevemente, as relações históricas entre a Física e a Matemática, conforme o período do desenvolvimento científico.

1.1.1 As Ciências Clássicas

Ao tratar das ciências clássicas, Kuhn (2011) questiona quais dos tópicos que hoje são incluídos nas ciências físicas eram foco de atenção na atividade regular de especialistas na Antiguidade, destacando apenas três: astronomia, estática e óptica. Estes três tópicos vieram a se tornar objetos de tradição de pesquisa, desenvolvendo vocabulário e técnicas próprios de seus praticantes, não sendo, portanto, acessíveis aos leigos. Posteriormente foram sendo incluídos outros temas como calor e eletricidade, apenas como temas de curiosidades e eventuais menções.

A astronomia, estática e óptica não eram estudadas isoladamente, mas estavam profundamente relacionados a outros dois tópicos, a Matemática e a harmonia. Tais relações eram justificadas, considerando que a astronomia e a harmonia utilizavam de posições e proporções, a estática e a óptica utilizavam de conceitos, diagramas e vocábulos e a Matemática se relacionava a todos eles por sua estrutura lógica. Desta forma os três tópicos tornam-se cinco, o que Kuhn chama de grupo natural, e os considera como sendo as ciências físicas clássicas ou “ciências clássicas” (KUHN, 2011).

Estas ciências clássicas, por possuírem aspectos e pontos de vista em comum, são melhores descritas como um único grupo: o da Matemática (KUHN, 2011). Outra característica que é apontada dessas ciências clássicas, é que todos estes tópicos ou campos (a astronomia, a estática, a óptica, a Matemática e a harmonia) na Antiguidade eram empíricos[4], mas seu desenvolvimento não necessitava de observações detalhadas ou de experimentação sistemáticas. Ou seja, alguém com capacidade de identificar a geometria na natureza com poucas observações conseguiria base empírica suficiente para criar teorias, não necessitando, para isso, realizar observações sistemáticas e refinadas acerca do fenômeno que busca descrever ou teorizar.

Assim, a Matemática neste período foi de suma importância para todo o desenvolvimento científico, como destaca Kuhn (2011):

> [...] Copérnico especificou o público competente para julgar seu clássico da astronomia com estas palavras: "A Matemática é escrita para matemáticos". Galileu, Kepler, Descartes e Newton são apenas algumas das muitas figuras do século XVII que transitam com facilidade, e muitas vezes de modo que se revelou crucial, da Matemática para a astronomia, a harmonia, a estática, a óptica e o estudo do movimento. (KUHN, 2011, p.63)

Este fato dos cientistas transitarem com facilidade entre o campo puramente matemático e os outros integrantes do grupo (astronomia, a harmonia, a estática, a óptica e o estudo do movimento) reforça ainda mais a importância da Matemática como ciência e seu papel no desenvolvimento das ciências físicas.

Nesse período a Matemática passou da geometria para a álgebra, geometria analítica e o cálculo, a astronomia chegou às orbitas e satélites a partir do modelo Heliocêntrico[5], a óptica ganhou uma nova teoria de visão e uma teoria de cores reformulada e a estática passou a ser

---

[4]Empirismo: refere -se ao conhecimento adquirido através de atividades práticas, em experiências e observações. Empírico é o conhecimento que se adquire vivenciando a realidade, em contato com o mundo e o cotidiano, diferente do tipo de conhecimento que vem do método cientifico ou a partir de teorias.

[5] A teoria do modelo heliocêntrico, mais conhecida das teorias de Copérnico, foi publicada em seu livro *"De revolutionibus orbium coelestium"* (Da revolução de esferas celestes). O livro marcou o começo de uma mudança de um universo geocêntrico, ou antropocêntrico, com a Terra em seu centro. Copérnico acreditava que a Terra era apenas mais um planeta que concluía uma órbita em torno de um sol fixo todo ano e que girava em torno de seu eixo todo dia.

considerada a ciência das máquinas. Essas mudanças provocaram uma revolução de pensamento no campo das ciências clássicas, conforme destacado por Kuhn (2011).

Somente no fim do Renascimento que os cientistas começaram a abandonar o pensamento Aristotélico de ciência, onde as concepções científicas deveriam ser deduzidas dos princípios axiomáticos e de exercícios mentais e começaram a produzir conhecimento a partir do estudo da natureza e da realização de experimentos.

Os experimentos nas ciências clássicas em muitos casos se revelam "experimentos mentais", construções em pensamento de possíveis situações experimentais cujo resultado pode ser previsto com certa facilidade através da experiência cotidiana (KUHN, 2011).

Os historiadores Randall e Crombie delimitaram e estudaram a tradição metodológica que estabeleceu as regras para extrair conclusões adequadas com base na observação e experimentação, com destaque para as obras "*As Regulae*" de Descartes, e o "*Novumorganum*" de Bacon (KUHN, 2011). Estas novas regras experimentais faziam parte de um movimento chamado baconiano, descrito no próximo subitem.

1.1.2 As Ciências Baconianas

Os adeptos dessa nova maneira de pensar, quando conduziam um experimento estavam interessados em demonstrar algo novo, ou seja, uma possível expansão de uma teoria já existente, desejavam ver como a natureza se comportava em circunstâncias nunca antes observadas. Desta forma a experimentação se tornou altamente valorizada e a teoria, de certa forma, depreciada. Este importante papel e status do experimento é a primeira novidade deste movimento, a segunda é a valorização da experimentação. Devido a esta tendência experimentalista, uma característica marcante desse período cientifico é o surgimento de diversos aparelhos adotados pelos cientistas, o que leva a uma terceira novidade no movimento baconiano, o surgimento de equipamentos experimentais, que antes de 1590

> [...] se resumiam aos instrumentos para observação astronômica. Os cem anos seguintes testemunharam a rápida introdução e exploração de telescópios, microscópios, termômetros, barômetros, bombas de ar, detectores de carga elétrica e vários outros dispositivos experimentais. (KUHN, 2011, p.68).

Outra característica marcante do movimento baconiano são os relatos circunstanciados e precisos dos experimentos e o fato destes serem testemunhados, geralmente por pessoas da nobreza. Este movimento privilegia tais relatos em detrimento dos experimentos mentais.

O baconismo deu origem a uma série de novos campos científicos, como, por exemplo, o magnetismo e a eletricidade que emergiram de estudos mais detalhados visando compreender a atração do ferro pelo imã e da palha pelo âmbar, além de resultar no surgimento de novos instrumentos mais sofisticados, que foram utilizados com certa frequência para a busca experimental do conhecimento (KUHN, 2011).

Assim, a separação entre as ciências clássicas e as ciências baconianas se dá ao fato da primeira possuir um forte caráter matemático e mental, enquanto a segunda é considerada uma filosofia experimental por sua forte relação com a química, a farmácia e a medicina, cujo caráter é mais prático.

Essa perspectiva experimental exerce influência ainda hoje em algumas possibilidades metodológicas na área de ensino de Física, ou seja, permite ao professor fazer uso de experimentos em sala de aula para demonstrar e ou facilitar a significação de conceitos físicos, que está tentando ensinar.

1.1.3 As Ciências Modernas

O surgimento das ciências modernas, caracterizado por inúmeros fatores históricos, se inicia no século XVII e XVIII, quando as ciências baconianas estavam se desenvolvendo e as clássicas passavam por uma radical transformação, além das mudanças nas ciências da vida (medicina, farmácia, química e outras). Esse cenário se mostrou bastante favorável para o desenvolvimento do que posteriormente denominou-se de revolução científica (KUHN, 2011).

Nesse panorama, as ciências baconianas tem papel fundamental na modificação do pensamento da época e na transição entre o místico e o experimental, alterando a forma histórica de como surgem novas ciências, ou seja, realçando a importância da experimentação para a compreensão dos fenômenos da natureza, promovendo transformações sociais e em vários campos científicos já estruturados, como, por exemplo, a da medicina e do direito. Além disso, outros campos como a Matemática e a Astronomia vieram a se tornar profissões institucionalizadas.

A química, na metade do século XIX, se tornou uma profissão intelectual vinculada à indústria, e desta forma se define como ciência e ganha uma forte ascensão devido à teoria atomística de Dalton[6], dando uma atenção maior aos compostos orgânicos. Por outro lado, conceitos como de calor e eletricidade deixaram de ser tratados na química e passaram a ser estudados por um novo campo, denominado Física, derivado da antiga filosofia natural (KUHN,2011).

Outro fator que colaborou para o surgimento da Física, foi a percepção da identidade da Matemática e a distinção entre as suas subáreas, por exemplo, o estudo de mecânica celeste, hidrodinâmica, elasticidade e vibrações veio a se tornar a “Matemática aplicada” que estava separada da “Matemática pura” que estuda os teoremas e definições.

Durante a primeira metade do século XIX diversos campos das ciências baconianas foram matematizados e atualmente fazem parte do domínio da Física. Estes campos baconianos não exigiam uma gama de conhecimentos matemáticos avançados, conceitos básicos de álgebra e trigonometria eram suficientes para compreendê-los. Apenas os campos da mecânica e da hidrodinâmica exigiam estudos matemáticos mais aprofundados para o entendimento de conceitos avançados, como o conceito de equações diferenciais, pode-se assim citar os trabalhos de Laplace, Fourier e Carnot, que tornaram a Matemática avançada essencial para o estudo de calor, e os trabalhos de Poisson e Ampère com o estudo de eletricidade e magnetismo. (KUHN, 2011).

Desta forma, na segunda metade do século XIX a Física se tornava altamente matematizada, mas ainda precisava de uma parte experimental. Ao contrário das outras áreas de estudo, a Física necessitava estabelecer um território intermediário entre as ciências clássicas e as ciências baconianas, se constituindo como uma ciência de um lado experimental, e de outro fortemente matematizada (racional). Nesse momento inicial, recebeu forte influência das instituições de ensino alemãs por onde estudaram Neumann, Weber, Helmholtz e Kirchhoff[7] que estabeleceram a Física, enquanto ciência e área de conhecimento, com estes aspectos que

---

[6] Modelo atômico proposto por John Dalton (1766-1844), diz que nas diversas combinações dos átomos, ainda tidos como partículas fundamentais e indivisíveis, estaria a origem da diversidade das substâncias conhecidas. Os átomos seriam minúsculas esferas maciças, homogêneas, indivisíveis e indestrutíveis.

[7] Importantes cientistas (matemáticos e físicos) do final do século XIX, início do século XX, fizeram grandes contribuições nos campos da análise funcional, teoria ótica e na área da eletricidade, respectivamente.

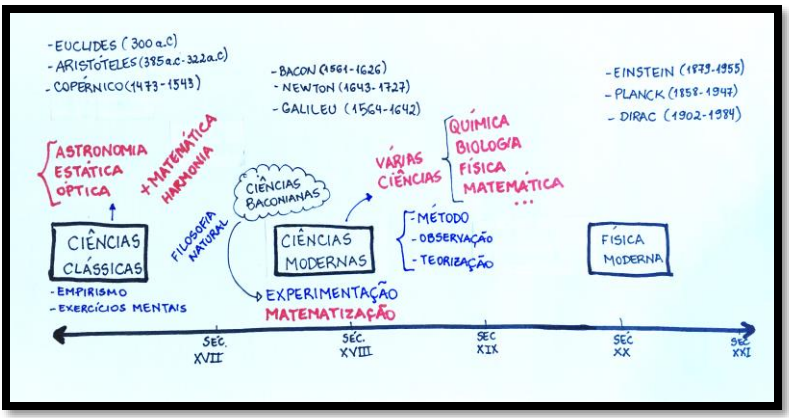
relacionam a necessidade de experimentação e a necessidade da matematização.

A evolução das ciências modernas[8] em geral aconteceu de uma forma complexa e difícil, pois enfrentou diversas dificuldades tanto nos aspectos sociais como filosóficos, para florescer. A Matemática por ser muito estruturada e antiga, aparece como base e em todo o caminho trilhado para o desenvolvimento das demais ciências, especialmente da Física.

Essa questão da relação entre a Matemática e a Física, é bastante complexa do ponto de vista filosófico, tendo em vista a forte ligação entre essas áreas, em seu processo de constituição enquanto ciência. Trouxemos a perspectiva de Kuhn, que aponta as diferentes relações estabelecidas entre a Matemática e as ciências no percurso histórico, considerando as formas diferenciadas de conhecimento, as linguagens específicas de cada área, o que acaba tendo influência na área de ensino.

Numa tentativa de sistematizar as relações entre a Matemática e a Física ligadas a esse processo histórico de desenvolvimento das ciências, elaboramos um esquema representativo dos principais aspectos abordados, assim como as principais características de cada período destacado neste capítulo, acompanhando o percurso histórico, conforme pode ser observado na figura1.

Figura 1. Linha de tempo – Histórico das Ciências e relações com a Matemática



Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

---

[8] Ciências como a Física e a Química, após o século XVIII.

Compreendendo estas relações históricas da Matemática no processo de constituição da Física, e considerando que estas influenciam fortemente as relações entre a Matemática e o ensino de Física, apresentamos no próximo capítulo as considerações de diferentes autores que se dedicaram a investigar tais aspectos, considerando a percepção de estudantes de Física no ensino superior, bem como vasta análise bibliográfica.

2. A MATEMÁTICA E AS SUAS RELAÇÕES NO ENSINO DE FÍSICA

Neste capítulo buscamos mostrar a visão de diferentes autores, acerca da Matemática no ensino de Física e como esta visão foi descrita em seus trabalhos, identificando possibilidades de considerar as relações entre a Matemática e a Física. Destacamos também a compreensão da Matemática como linguagem, e para isso, apresentamos algumas diferenciações entre a linguagem natural e a linguagem matemática.

2.1 POSSIBILIDADES DE ENTENDIMENTO DA MATEMÁTICA NO ENSINO DE FÍSICA

Neste item apresentamos uma síntese de trabalhos (artigos e teses) que se propõem a investigar as relações entre a Matemática e a Física no ensino de Física, apresentando diversas referências bibliográficas que contemplam aspectos histórico-epistemológicos relevantes para nossa pesquisa. Expomos inicialmente alguns apontamentos do artigo escrito por Karam e Pietrocola (2009a), destacando, na sequência, algumas ideias acerca dessa temática com base nas teses de Karam (2012) e Ataíde (2013).

O artigo de Karam e Pietrocola (2009a) se refere a Matemática como um estruturante do pensamento físico. Para justificarem esta ideia, apresentam episódios históricos da Física, citando como exemplo Einstein, que considerava a geometria como a mais antiga das teorias Físicas, destacando que a origem do cálculo está intimamente ligada à descrição dos movimentos.

Desta forma consideram a Matemática como um estruturante para a Física, considerando o conhecimento da Matemática como essencial para a aprendizagem de conhecimentos físicos, e destacando duas maneiras que os conhecimentos matemáticos podem ser vistos e ou analisados. A primeira é o que chamam de “habilidades técnicas”, que está relacionada ao domínio de técnicas, conceitos e teorias Matemáticas que os estudantes devem saber. A segunda está baseada na capacidade de utilizar o conhecimento matemático na estruturação de situações Físicas, chamado de “habilidades estruturantes”.

Em suas considerações, criticam a maneira ingênua/ferramental de matematizar a Física e separar aspectos matemáticos e físicos. Destacam a importância de ensinar aos estudantes como relacionar as chamadas “habilidades técnicas” com as “habilidades estruturantes”, para que estes sejam capazes de pensar matematicamente e significar a Física para resolver problemas.

Nesta perspectiva, Karam (2012), apresenta em sua tese diversos posicionamentos epistemológicos, filosóficos e fatos do desenvolvimento científico que tratam das relações entre a Matemática e a Física, os quais o autor sistematizou em uma tabela (ANEXO A). Os trabalhos que tiveram como foco as relações entre a Matemática e a Física no ensino de Física encontrados pelo autor, foram classificados por ele em três categorias: “modelagem Matemática de fenômenos físicos”; “compreensão de fórmulas da Física”; e, “uso de Matemática na resolução de problemas de Física”.

Como “modelagem Matemática de fenômenos físicos”, o autor considerou os trabalhos que traziam a ideia de “que os estudantes devam ser capazes de elaborar modelos a partir da interpretação de dados e identificação de variáveis, além de construir várias representações dos mesmos e transitar por elas” (KARAM, 2012, p.37). Em relação à categoria “compreensão de fórmulas de Física”, foram considerados os trabalhos que “pensam em estratégias didáticas que propiciem aos estudantes a habilidade de “ler” equações e interpretar seus significados” (KARAM, 2012, p.40). E, o “uso de Matemática na resolução de problemas de Física” compreende os trabalhos práticos que se “propõem a investigar o raciocínio utilizado por estudantes ao resolverem problemas de Física e a função da Matemática nesse processo” (KARAM, 2012, p.42).

A partir dessas ideias levantadas, e tendo como objetivo compreender como se dá a interação entre as habilidades técnicas e estruturantes no contexto do ensino de física, realiza sua pesquisa, acompanhando um curso de eletromagnetismo em uma turma de Física, onde procurou identificar nas aulas do professor ministrante da disciplina, como estas habilidades estão presentes e como estas podem ser evidenciadas aos estudantes. Conforme Karam (2012), a escolha do professor se deu por possuir vasta experiência ministrando a disciplina, seus apontamentos sobre o conteúdo da mesma, a taxa de aprovação do curso e também pelo fato do professor ter estudado filosofia da ciência.

Apresenta como resultado do estudo a partir da aula analisada, oito categorias para especificar o caráter das habilidades técnicas e estruturantes na construção dos conhecimentos do ensino de Física, sintetizadas no quadro 1, a seguir:

Quadro 1 - Síntese das categorias elaboradas por Karam (2012) sobre as habilidades técnicas e estruturantes

CATEGORIA	Descrição
Matematização	Subdividida em duas: a Modelização e as Estruturas Matemáticas; diz respeito às estruturas Matemáticas e como estas são utilizadas para representar grandezas Físicas;
Interpretação	Está relacionada a forma como os estudantes interpretam a Física a partir de estruturas Matemáticas;
Técnica	Como os estudantes manipulam e utilizam as regras Matemáticas, como eles operacionalizam a Matemática;
Visual	Utilização de desenhos, diagramas e esquemas e a utilização de gestos pelo professor para dar significado ao conteúdo exposto;
Analogia	Uso de situações cotidianas e/ou metáforas, para dar significação aos conceitos mais abstratos;
Dedução	Dedução de fórmulas a partir de conceitos físicos;
Epistemologia	Discussões filosóficas de diversos aspectos de como fazer física;
Metacognição	Pedido aos estudantes que reflitam sobre suas ideias e dificuldades sobre o assunto abordado.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Karam (2012)

Com base na categorização criada, argumenta que esta serve para explicitar melhor a relação entre a Matemática e a Física no Ensino de Física, e que pode auxiliar na criação de critérios de avaliação da qualidade de uma aula ou material didático, além de auxiliar na formação de professores de Física utilizando esta categorização como um recurso didático (KARAM, 2012).

Nessa mesma perspectiva, a tese de doutorado da Ana Raquel de Ataíde, aborda como os estudantes de Física traduzem uma compreensão conceitual de uma situação Física expressando-a em uma equação Matemática (ATAÍDE, 2013). Para isso, a autora faz um levantamento de quais relações existentes entre a Física e a Matemática são consideradas pelos estudantes de Física, e como o entendimento de tais relações se manifestam na compreensão de conceitos físicos. Define mais especificamente a Primeira Lei da Termodinâmica como conceito a ser estudado, por possuir experiência com o assunto e a Matemática envolvida nesta lei ser relativamente simples.

Para isso, a autora fez uma revisão da literatura no período de 2001 a 2011, utilizando periódicos nacionais e internacionais[9], além de artigos publicados em eventos nacionais[10], encontrando nesse período, 25 trabalhos relacionados às relações entre a Matemática e a Física, tanto como ciências como no ensino. Dos trabalhos selecionados, 9 eram de periódicos nacionais e 16 de periódicos internacionais. Todos os trabalhos nacionais foram considerados teóricos, com relação às características metodológicas, e, epistemológicos, com relação à sua fundamentação base da discussão. Já dos trabalhos selecionados dos periódicos internacionais, 5 foram classificados como epistemológicos em relação à fundamentação base de discussão, e 11 foram considerados como psicológicos. Dentre os considerados como tendo fundamentação epistemológica, 4 foram considerados teóricos e 1 foi considerado aplicado em relação à sua característica metodológica. Dos 11 considerados psicológicos em relação à fundamentação base de discussão, 2 foram classificados como teóricos e 9 como aplicados, com relação às suas características metodológicas (ANEXO B). Julgamos esta classificação dos trabalhos realizada pela autora importante, pois apontam que em um período considerável (10 anos) houve pouca preocupação com esta temática. A autora considera que são trabalhos teóricos, aqueles não são fruto de uma pesquisa realizada em situações de sala de aula e com uma intervenção didática nova, ou seja, apresentam uma base epistemológica e histórica.

---

[9] Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF); Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC); Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF); Investigações em Ensino de Ciências (IENCI); Ciência & Ensino (C&E); Física na Escola; Experiências em Ensino de Ciências, Revista de Educação em Ciências e Tecnologia, *American Journal of Physics, International Journal of Mathematics Education in Science and Technology*, *Science & education, Physics Education, European Journal of Engineering Education, Cognition and Instruction*.

[10] Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF), Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF), e, Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)

Com base nessa revisão da literatura, a autora destaca, acerca das relações entre a Matemática e a Física consideradas pelos estudantes e pelos trabalhos, que de modo geral, eles:

> [...] consideram três relações existentes entre a Física e a Matemática: **a Matemática como ferramenta para a Física, a Matemática como uma tradução para a Física e a Matemática como estrutura para a Física.** Nossos resultados indicam parecer existir uma relação estreita entre a visão que os estudantes têm do papel da Matemática na construção do conhecimento físico com a forma que eles resolvem problemas. Parece-nos que essas visões podem influenciar na forma como encaram a aprendizagem em Física e, especificamente, a atividade de resolver problemas. (ATAÍDE, 2013, p.159, *grifo nosso*).

Nesse sentido, a “Matemática como Ferramenta para Física” é entendida como o domínio de “técnicas” Matemáticas, sem a compreensão adequada dos conceitos físicos, nem da relação existente entre a Matemática e a construção desses. Destaca como característica principal na resolução de problemas a operacionalidade Matemática. A visão da “Matemática como estrutura para a Física” é percebida na compreensão de estudantes que trazem modelos mais abrangentes e coerentes com os aceitos cientificamente durante a resolução de problemas físicos. Já a percepção da “Matemática como uma tradução para a Física” compreende explicações restritas, não expressando, na totalidade, as implicações atreladas a formulação dos modelos físicos e da resolução de problemas (ATAÍDE, 2013).

Dentre as possibilidades apontadas por Ataíde (2013), para compreensão das relações da Matemática no ensino de Física, mais especificamente, na resolução de problemas de física, e também as “categorias” destacadas por Karam (2012) e por Karam e Pietrocola (2009a), destacamos as seguintes possibilidades principais de relação da matemática no ensino de física: Matemática como estrutura; como ferramenta; como tradução; para modelagem de fenômenos físicos; para resolução de problemas; e, para compreensão de fórmulas. Assim, consideramos necessário compreender outra possibilidade de relação da Matemática no ensino de Física, entendendo-a como uma linguagem, o que destacamos no próximo item.

2.2 A MATEMÁTICA COMO LINGUAGEM

A linguagem é o sistema através do qual o homem comunica suas ideias e sentimentos, que pode ser através da escrita, fala ou outros símbolos convencionados. No cotidiano o homem faz uso da linguagem verbal e não verbal para se comunicar. A linguagem verbal integra fala e escrita. Todos os outros recursos de comunicação fazem parte da linguagem não verbal, por exemplo, a linguagem corporal. Quando a comunicação se dá por meio da linguagem verbal e não verbal ao mesmo tempo dizemos que esta é uma linguagem mista (por exemplo, história em quadrinhos) (MACHADO, 2011).

A Matemática como linguagem oferece um código próprio, com uma gramática própria que incorpora a linguagem escrita, linguagem oral e linguagem pictórica. A linguagem matemática é codificada de uma maneira muito particular através de símbolos, gráficos, expressões algébricas, além de palavras que possuem um significado especifico quando são utilizadas na Matemática, como por exemplo “produto”, “derivada”, “volume”, etc. (FEIO; SILVEIRA, 2008).

Assim, essa linguagem matemática é complexa e de difícil leitura para quem não a domina, pois em alguns casos se utiliza de pouca escrita, ou de uma escrita consistentemente simbólica, como por exemplo, a sentença $C = \{ x \in \mathbb{R} \mid x \geq 0\}$, se assemelhando a uma língua estrangeira que precisa ser traduzida para ser compreendida.

Esta “tradução” da linguagem Matemática deve acontecer nas aulas de Matemática onde o professor deve alfabetizar o estudante nesta linguagem, ou seja, ensiná-lo a ler, escrever e interpretar conforme as regras dessa linguagem, como é feito com a língua vernácula (no nosso caso, o Português).

Desta forma o estudante terá condições de significar os conceitos da Matemática, entendendo as suas regras determinadas, onde todo conjunto simbólico é importante, e não somente um símbolo isolado independendo do contexto. Tais símbolos têm significados dentro da Matemática e outros significados que são atribuídos pelo sujeito (SILVEIRA, 2008).

Nesta mesma linha de pensamento, Lozano e Cárdenas (2002), discutiram problemas de estudantes de graduação em relação a interpretação da simbologia da Matemática utilizada pela Física, dando como exemplo, a relação entre grandezas e conceitos, relacionadas ao sinal de igual (=). Eles destacam vários exemplos, relacionados ao uso desse sinal, dentre os quais destacamos a equação: $F = m \cdot a$, “...sabendo que $F = m \cdot a$, então $m = \frac{F}{a}$. Em um enunciado que o corpo se move em velocidade constante, então, $a = 0$, sabemos que $m = \frac{F}{0}$. Isto significa que a massa é indeterminada[11]" (LOZANO; CÁRDENAS, 2002, p.593).

Neste exemplo observamos que não é possível utilizar esta equação para definir a aceleração deste corpo, porque fisicamente existem casos onde a aceleração é zero e o corpo se move em velocidade constante, o que não indica a inexistência de forças atuando sobre ele. Assim, compreendemos que para a Física, o sinal de igual pode possuir diferentes significados, dependendo do contexto em que é utilizado.

Almeida (2002) destaca que tanto a linguagem natural quanto a linguagem Matemática são integrantes, constituintes do fazer científico, tornando essa relação um elemento importante a ser levado em consideração na formação de professores, e argumenta que para pensar o ensino de Física na escola, "[...] sem dúvida a linguagem comum deve tomar a dianteira, ainda que não se possa negligenciar o papel da linguagem Matemática na construção dessa disciplina [...]" (ALMEIDA, 2004, p. 96).

Entendemos assim que a linguagem Matemática tem diversos usos, e em diferentes contextos, por exemplo, para a Matemática a noção de número é diferente da noção de número na Física, uma vez que este vem acompanhado de unidades (metro, segundos, etc.), frações na Física significam relações, entes geométricos podem ser utilizados para representação simbólica de sistemas físicos, a derivada é taxa de variação na Física. Estes diferentes conceitos matemáticos aplicados a diferentes contextos físicos, são o que fazem a Matemática ter um papel fundamental para a Física.

No nosso caso, buscamos compreender quais os diferentes jogos de linguagem permitem as significações dos fenômenos físicos durantes as aulas de física. Para isso, consideramos a linguagem utilizada na sala de aula diferente da utilizada no cotidiano, pois nesta situação específica da atividade de ensino está presente além da linguagem verbal e não verbal, também a linguagem matemática (que é especifica das aulas de matemática), e passa também por uma linguagem físico-matemática, que é a fórmula (a fórmula tem os dois componentes, não é só física nem só

[11] Tradução feita pelo autor do original em inglês: "...Knowing that $F = m \cdot a$, then $m = \frac{F}{a}$. As the enunciation states that the body moves at constant velocity, then $a = 0$, so that $m = \frac{F}{0}$. This means that the mass is indeterminate." (LOZANO; CARDENAS, 2002, p.593).

matemática). Portanto, a nossa questão reside em saber que jogos de linguagem dão significados as fórmulas ou como elas adquirem significados em determinados jogos de linguagem nas aulas de Física de Ensino Médio.

Estas noções de uso, significado, contexto, jogos de linguagem pertencem à filosofia da linguagem de Wittgenstein, a qual apresentaremos no próximo capitulo.

3. FILOSOFIA DA LINGUAGEM DE WITTGENSTEIN

Apresentamos neste capítulo a Filosofia da Linguagem de Wittgenstein, iniciando com a contextualização histórica de vida e obra desse autor. Destacamos os principais aspectos de sua filosofia: a "significação" das palavras depende do "uso" que dela fazemos, que se modifica conforme o contexto ("forma de vida") em que é utilizada; e, os "jogos de linguagem" são orientados por diferentes "regras", e, tanto as regras quanto os jogos podem ser identificados ou compreendidos por meio de "semelhanças de família" que existem entre eles.

3.1 VIDA E OBRA DE LUDWIG WITTGENSTEIN

Ludwig Josef Johann Wittgenstein nasceu em 26 de abril de 1889. Era o caçula de oito irmãos de uma abastada família que residia na Viena dos Habsburgos[12] (Áustria). Seu bisavô Moses Meier, administrava os bens de uma família da nobreza alemã Sayn-Wittgenstein, e por força de um decreto de Napoleão, adotou o nome da família a que servia. Até os catorze anos teve uma educação em casa, depois foi frequentar o segundo grau (equivalente ao ensino médio atual) em Linz (Áustria), no período de 1908 até 1912 estudou Engenharia e filosofia na Inglaterra. A conselho de Gottlob Frege[13] foi estudar filosofia com Bertrand Russell[14] em Cambridge (WITTGENSTEIN, 2013[15]).

Sua primeira grande obra, "*Tractatus Logico-Philosophicus*[16]", foi escrita durante o período da primeira guerra mundial (1914-1918), quando retornou à Áustria para cumprir seu dever junto ao serviço militar. Foi feito prisioneiro na Itália, onde permaneceu recluso por um tempo,

---

[12]Família que governou o Império Austro-húngaro no período de 1867 a 1918;

[13](1848-1925) - Matemático, lógico e filósofo alemão, trabalhou na fronteira entre a filosofia e a Matemática, considerado um dos criadores da lógica Matemática.

[14](1872-1970) - Importante matemático, filósofo e lógico britânico, do século XX.

[15] Texto elaborado com base nas informações da contracapa do livro, escritas por Emmanuel C. Leão.

[16]Publicado inicialmente com o nome "*Logisch-philosophische Abhandlung";* na revista Analen der Naturphilosophie, foi publicado como livro em uma versão bilíngue (Alemão – Inglês) com o título: *"Tractatus Logico-Philosophicus".*

aproveitando para realizar anotações, que foram utilizadas posteriormente para compor sua obra (Tractatus[17]), publicada em 1921.

Segundo Condé (1998), Wittgenstein procurava no Tractatus esclarecer problemas filosóficos, isto é, problemas relativos às condições lógicas do pensamento, ontologia, teoria do conhecimento, epistemologia ética, metafísica e até problemas relativos ao místico.

Após a publicação do Tractatus, Wittgenstein acreditava ter solucionado todos os problemas fundamentais da filosofia e escreveu: “[...] a verdade dos pensamentos comunicados aqui me parece intocável e definitiva, de modo que penso ter resolvido os problemas no que é essencial” (Tractatus Prefácio, p.54 apud CONDÉ, 1998, p.85).

Após a publicação dessa obra, Wittgenstein abandona os trabalhos como filósofo e vai viver no interior da Áustria no período de 1920 a 1926. Neste tempo trabalhou como professor primário e jardineiro de um convento em Hutteldorf. Durante este período de “afastamento” da filosofia, Wittgenstein recebeu a visita do matemático e filosofo F. Ramsey que tinha interesse de discutir o Tractatus. Mesmo estando afastado da filosofia Wittgenstein de certa maneira mantinha sua preocupação com a linguagem, tanto que chegou a escrever um dicionário elementar para crianças (CONDÉ,1998).

Em 1926 retorna a Viena para trabalhar na construção de uma casa projetada por ele e seu amigo Paul Englemann para uma de suas irmãs. Nos anos seguintes, 1927 e 1928, Wittgenstein estabelece contatos com M. Schlick e R. Carnap, principais representantes do “Círculo de Viena[18]”. No ano de 1929, vai a Inglaterra para trabalhar efetivamente com a filosofia e obtém seu doutorado - a tese foi o próprio Tractatus -, e no ano seguinte torna-se professor em Cambridge.

Esse período da juventude, em que apresenta o Tractatus é caracterizado por alguns autores como sendo obra do “Primeiro

---

[17] A partir daqui iremos nos referir aos textos de Wittgenstein abordados neste trabalho da seguinte forma: O Tractatus Logico-Philosophicus, no corpo do texto, apenas por Tractatus. As Investigações Filosóficas (Philosophische Untersuchungen), no corpo do texto, apenas Investigações e, nas citações, pelo nome do autor, ano, iniciais IF, o número do parágrafo a que se refere e o número da página, como por exemplo: (WITTGENSTEIN, 2013, IF 43, p.38).

[18] Grupo de filósofos e cientistas formados em 1920 cujo interesse era de repensar o estatuto da ciência, também conhecidos como neopositivistas, empirismo lógico ou positivismo lógico (CONDÉ,1998).

Wittgenstein", visando diferenciar das ideias do "Segundo Wittgenstein", como se fossem autores diferentes, por ele ter apresentado em período posterior uma teoria radicalmente diferente da primeira.

A partir de 1930, Wittgenstein visando reformular sua teoria exposta no Tractatus, centrou-se nas reflexões acerca do problema da linguagem como representação do mundo, abordando tópicos relacionados no Tractatus numa perspectiva diferenciada, e avançando sobre temas da filosofia da mente ao analisar conceitos como o de compreensão, intenção, dor e vontade. Em 1947, renunciou à docência e dedicou-se a uma existência solitária e nômade por vários países, mas sempre buscando e refletindo sobre as questões do relacionamento entre realidade, pensamento e linguagem (CRAYLING, 2002).

As reflexões realizadas durante esse período resultaram na organização de três importantes obras: "Os Cadernos azul e Marrom[19]", "Observações sobre os Fundamentos da Matemática" e "Investigações Filosóficas" (publicadas postumamente em 1953).

Enquanto, no Tractatus, Wittgenstein esforçava-se por desvelar a essência da linguagem, nas Investigações ele afirma que essa tentativa está fadada ao fracasso, simplesmente porque não há qualquer essência a ser descoberta. A primeira obra serve de base ao positivismo lógico, enquanto a segunda a ele se opõe, destacando a inexistência de um fundamento último. O segundo Wittgenstein, portanto, defende que a linguagem não seria um todo homogêneo, mas sim, um aglomerado de "linguagens" (CONDÉ, 1998). Para esclarecer esse ponto, Wittgenstein traça uma analogia entre a noção de linguagem e a noção de jogo, destacando que há diversos tipos de jogos, muitas diferenças, muitas semelhanças, mas não há uma essência entre eles, o que transpõe para a ideia de linguagem.

Faleceu na Inglaterra, em 1951, dois dias depois de completar 62 anos. Extraordinária foi a influência que a originalidade e rigor de suas reflexões exerceram em toda a filosofia do século XX. O positivismo lógico e a filosofia analítica devem muito de seu estilo e de sua problemática aos escritos do Primeiro Wittgenstein. As contribuições do Segundo Wittgenstein em oposição ao primeiro, criticam a linguagem

---

[19] Os Cadernos Azul e Marrom em inglês: "*The Blue and Brown Books*" são considerados obras clandestinas segundo Grayling (2002), pois Wittgenstein ditou o conteúdo desses manuscritos para dois de seus discípulos. Estas obras tiveram grande circulação dentro e fora da Universidade de Cambridge e são consideradas importantes pois marcam a transição de pensamento entre o "*Tractatus Logico-Philosophicus"* e as "Investigações Filosóficas".

como um espelho do mundo (CONDÉ, 1998), e mostram que a partir da linguagem o mundo se constrói. Assim podemos argumentar que Wittgenstein tanto no Tractatus quanto nas Investigações contribuiu de maneira ímpar para ampliar a filosofia da linguagem.

3.2 FILOSOFIA DA LINGUAGEM DO SEGUNDO WITTGENSTEIN

A filosofia de linguagem do segundo Wittgenstein, proposta nas Investigações, é pautada nos seguintes conceitos e ou noções uso, significação, jogos de linguagem, semelhanças de família, formas de vida, regras, e, gramática. Destacamos o conceito de uso como fundamental para entender essa nova concepção de linguagem proposta pelo autor, tomando-o como base para compreensão dos demais conceitos.

Neste sentido, conforme destaca Condé (2004), o conceito de "uso" está diretamente relacionado com o conceito de significação. O conceito de uso,

> [...] no *Tractatus*, era entendido como a *denotação* de um objeto, nas *Investigações*, Wittgenstein explica [...] através do uso que fazemos de palavras e expressões, isto é, nas *Investigações*, a *significação* é determinada pelo uso que fazemos das palavras na nossa linguagem ordinária. [...] A significação de uma palavra é dada a partir do uso que dela fazemos em diferentes situações e contextos. Significações linguísticas constituem fenômeno social, esse ponto é crucial para que a concepção semântica seja substituída pela concepção predominantemente pragmática. E é neste sentido que, [...] a significação [...] é determinada pelo uso. (CONDÉ, 2004, p.47)

Assim, evidenciamos o conceito de uso destacando alguns exemplos de diferentes maneiras que podemos utilizar a linguagem: 1) aponto para um objeto e digo "garrafa", certamente um ouvinte que não sabe o que é o objeto, irá a partir deste momento identificar que aquele objeto apontado é uma garrafa - faço uso da linguagem verbal para nomear e ou identificar objetos; 2) um pedreiro e seu ajudante estão em uma obra, utilizando pedras de construção. Existem tijolos, colunas, lajes e vigas, o ajudante deve passar as pedras na sequência que o pedreiro precisa delas. Para tal, ambos se utilizam de uma linguagem formada das palavras "tijolo", "coluna", "laje", "viga". O pedreiro grita as palavras e o ajudante traz a pedra que aprendeu a trazer ao ouvir o grito[20] - fazem uso da linguagem verbal para dar ordens ou fazer pedidos; 3) um professor fala e depois escreve na lousa a equação: “$F = m \cdot a$”, e diz aos seus alunos que esta é uma função linear – faz uso da linguagem verbal e escrita para definir entes matemáticos.

Essas diferentes maneiras de se utilizar a linguagem são denominadas por Wittgenstein como “jogos de linguagem”. O autor considera jogos de linguagem “também a totalidade formada pela linguagem e pelas atividades com as quais ela vem entrelaçada” (WITTGENSTEIN, 2013, IF 7, p.19), considerando para isso o contexto em que os jogos são utilizados.

Para explicitar esta ideia de jogos de linguagem, Wittgenstein faz uma analogia entre a noção de linguagem e a noção de jogo. Existem diversos tipos de jogos: jogos de tabuleiro, jogos de cartas, competições esportivas, e outros, mas não há uma essência dos jogos. Um jogo de cartas apresenta semelhanças com os jogos de tabuleiros, mas também muitas diferenças; se compararmos esses últimos com os jogos de bola, surgirão outras semelhanças ao mesmo tempo em que outras desaparecerão (WITTGENSTEIN, 2013).

Wittgenstein, em oposição à ideia da essência dos jogos, afirma que o que há é uma sobreposição de traços, ao que ele chama de “semelhanças de família”. Numa família, algumas pessoas partilham de mesmos traços característicos, como: a mesma cor do cabelo, mesma estatura, o tom de voz, etc., mas não existe uma mesma característica que esteja presente em todos os membros da família. Da mesma maneira ocorre com o conceito de “jogo”. Chamamos práticas muito diferentes de “jogo” não porque haja uma definição exata que esteja implícita em todas as aplicações do termo, mas porque essas diversas práticas manifestam semelhanças de família. Conforme o autor, não é possível

> [...] caracterizar melhor essas semelhanças do que por meio das palavras “semelhanças familiares”; pois assim se sobrepõem e se entrecruzam as várias semelhanças que existem entre os membros de uma família: estatura, traços fisionômicos, cor dos olhos, andar, temperamento etc. etc. – E eu direi: os “jogos” formam uma família. (WITTGENSTEIN, 2013, IF 67, p.52)

[20] Este exemplo foi baseado em um exemplo dado pelo próprio Wittgenstein no livro “Investigações Filosóficas” – parágrafo 2, p.16.

Nas Investigações, o autor traz um exemplo esclarecedor acerca das diferentes funções das palavras e dos jogos de linguagem, e das semelhanças de família:

> Pense nas ferramentas dentro de uma caixa de ferramentas: encontram-se aí um martelo, um alicate, uma serra, uma chave de fenda, um metro, uma lata de cola, cola, pregos e parafusos. Assim como são diferentes as funções desses objetos, são diferentes as funções das palavras. (E há semelhanças aqui e ali). (WITTGENSTEIN, 2013, IF 11, p. 20)

De acordo com Wittgenstein, podemos identificar muitos e diferentes jogos de linguagem, que são utilizados com finalidades diversas, como, por exemplo: o emprego da linguagem para dar ordens, para pedir desculpas, para conversar com amigos, outras vezes para fazer piadas, etc. (WITTGENSTEIN, 2013). Desta maneira o autor afirma que:

> Mas quantas espécies de frases existem? Porventura asserção, pergunta e ordem? – Há *inúmeras* e de tais espécies: inúmeras espécies diferentes de emprego do que denominamos "signos", "palavras", "frases". E essa variedade não é algo fixo, dado de uma vez por todas; mas, podemos dizer, novos tipos de linguagem, novos jogos de linguagem surgem, outros envelhecem e são esquecidos. (As mutações da matemática nos podem dar uma *imagem aproximativa* disso.)
> A expressão "*jogo* de linguagem" deve salientar aqui que falar uma língua é parte de uma atividade ou de uma forma de vida.
> Tenha presente a variedade de jogos de linguagem nos seguintes exemplos, e em outros:
> Ordenar, e agir segundo as ordens –
> Descrever um objeto pela sua aparência ou medidas –
> Produzir um objeto de acordo com uma descrição (desenho) –
> Relatar um acontecimento –
> Fazer suposições sobre o acontecimento –
> Levantar uma hipótese e examiná-la –

> Apresentar os resultados de um experimento por meio de tabelas e diagramas–
> Inventar uma história; e ler –
> Representar teatro –
> Cantar cantiga de roda –
> Adivinhar enigmas –
> Fazer uma anedota; contar –
> Resolver uma tarefa de cálculo aplicado –
> Traduzir de uma língua para outra –
> Pedir; agradecer, praguejar, cumprimentar, rezar.
> - É interessante comparar a variedade de instrumentos da linguagem e seus modos de aplicação, a variedade das espécies de palavras e de frases com que os lógicos disseram sobre a estrutura da linguagem. (Inclusive o autor do *Tratado Lógico-Filosófico*.) (WITTGENSTEIN, 2013, IF 23, p. 26-27)

Assim, supor a existência de uma essência dos jogos de linguagem seria um equívoco, provocada pelo fato de se tomar “um” jogo de linguagem particular como modelo para todos os demais.

Os jogos de linguagem, o uso, as significações e as semelhanças de família podem ser percebidas dentro de um contexto mais amplo que Wittgenstein chama de “formas de vida”. Conforme Condé (2004),

> [..] o uso dentro de um contexto é necessariamente regido por regras, ainda que, como uma prática social, ele também, sob outros aspetos, institui tais regras. [...]. Em síntese, as significações surgem do uso das palavras, mediadas por regras, a partir das nossas práticas sociais, dos nossos hábitos, na nossa forma de vida. (CONDÉ, 2004, p.52)

Evidenciamos dessa forma que o contexto em que são feitos os usos dentro dos jogos de linguagem é imprescindível para se atribuir a significação, como o exemplo do pedreiro e seu ajudante, citado anteriormente. Destacamos também outro aspecto conceitual da filosofia de Wittgenstein que diz respeito às “regras” que determinam um jogo de linguagem. Conforme ele: “Uma regra está aí como uma placa de orientação” (WITTGENSTEIN, 2013, IF 85, p.61), assim entendemos a regra como um procedimento que deve ser seguido, com a finalidade de organizar os jogos de linguagem, dentro de uma determinada forma de vida, mas não são imutáveis, pois se modificam conforme a forma de vida se altera.

Conforme Condé (2004),

> [...] um jogo de linguagem que é plenamente satisfatório em uma determinada situação pode não o ser em outra, pois ao surgirem novos elementos as situações mudam, e os usos que então funcionavam podem não mais ser satisfatórios em uma nova situação. Com efeito, o uso que fazemos da linguagem em diferentes situações e ocorrências é que possibilitará o significado de uma expressão [...]. (CONDÉ, 2004, p. 89)

Desta forma consideramos que as regras irão determinar se o uso da palavra está correto ou incorreto no contexto em que está inserida (formas de vida).

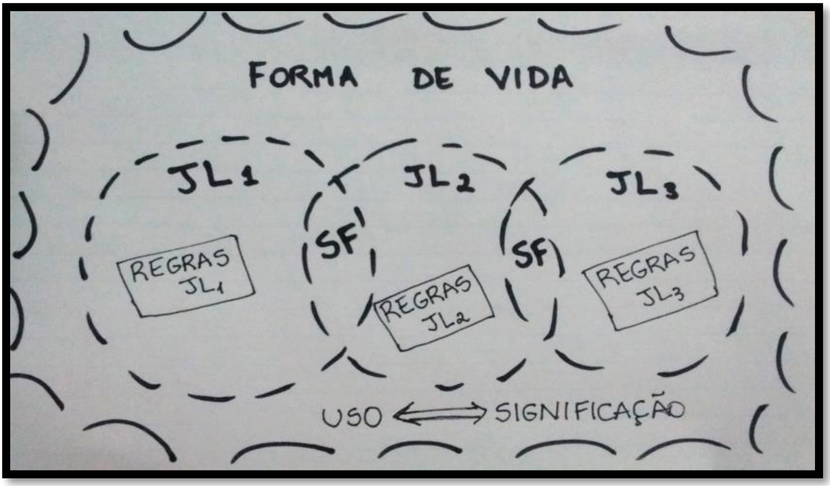
Segundo Condé (2004),

> [...] é o conjunto dessas regras, que possuem um aspecto dinâmico e estão em contínuo fluxo, que compõem a Gramática. […] a gramática, mais que a dimensão sintático-semântica, privilegia a pragmática, isto é, as regras que constituem a gramática estão inseridas na prática social. (CONDÉ, 2004, p.89)

Entendemos, neste sentido, a gramática como um produto social, ou seja, as regras que regem os jogos de linguagem são determinadas de acordo com as formas de vida.

Apresentamos a seguir, na figura 2, uma tentativa de representação esquemática destacando os principais conceitos da filosofia da Linguagem de Wittgenstein, abordados neste capítulo:

Figura 2 - Esquema representativo da filosofia de Wittgenstein



Legenda: JL: Jogo de Linguagem; SF: Semelhanças de Família
Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

Neste esquema utilizamos tracejado (intermitente) para identificar os conceitos "abertos" da filosofia, ou seja, aqueles que permitem facilmente inter-relações com os demais. Nas linhas contínuas, identificamos os conceitos "fechados", ou seja, que "pertencem" ao conceito que o envolve. Assim, observamos a existência de diferentes jogos de linguagem que se relacionam entre si, situados em uma determinada forma de vida (que não é fechada e que se modifica continuamente). Cada jogo de linguagem possui suas regras próprias. Ao modificarmos as regras, modificamos o jogo de linguagem de que elas fazem parte. Os diferentes jogos de linguagem, se inter-relacionam, ou seja, estabelecem relações, por meio de semelhanças de família – algumas "características" em comum.

Dessa forma, transpondo a ideia desse esquema representativo da Filosofia da Linguagem de Wittgenstein, para a sala de aula, ou para uma situação de ensino (no nosso caso, ensino de Física), temos o contexto (tanto a sala de aula/escola, como a comunidade[21] em que os estudantes vivem) como as diferentes formas de vida, com seus jogos de linguagem

[21] Entendemos como comunidades as diferentes interações sociais que um indivíduo pode participar, por exemplo: a família, amigos, escola, vizinhança, entre outros.

próprios. Tais jogos de linguagem, próprios de cada forma de vida, estão presentes em uma mesma situação de sala de aula.

Assim, no caso do ensino de Física, temos, por exemplo, os jogos de linguagem da matemática, os jogos de linguagem da física, os jogos de linguagem da língua comum (ordinária), dentre outros, cada um com suas regras próprias, considerando também que possuem algumas semelhanças (semelhanças de família).

Nesse sentido, para que os estudantes possam compreender os diferentes jogos de linguagem, é necessário que compreendam suas regras, ou seja, conheçam as regras e saibam usá-las. Um dos papéis do professor é ensinar as regras dos jogos de linguagem desconhecidos dos estudantes, para que os mesmos possam compreender, ou melhor, significar os conceitos que são estudados, por meio do uso que fazem da linguagem. Isso implica em diferentes práticas em sala de aula, práticas que fazem uso das palavras cujas significações se deseja que os alunos aprendam. Ou seja, a significação só é possível quando o estudante usa e segue a (s) regra (s) de maneira correta dentro do contexto em que está inserido.

Vale lembrar que no contexto do ensino de Física, tratamos da significação de determinadas situações específicas, como, por exemplo, a explicação de fenômenos naturais, o que não envolve apenas palavras, mas uma linguagem físico-matemática com seu jogo de linguagem próprio, que, por sua vez, tem relação com a linguagem matemática e com a linguagem verbal (ordinária, cotidiana) dos estudantes. Para que ocorra tal significação, é necessário que o estudante conheça as regras dos diferentes jogos de linguagem envolvidos, e passe a fazer uso das mesmas, nesse contexto e em outros.

Acreditamos assim termos apresentado as principais noções da Filosofia da Linguagem de Wittgenstein, que tomamos como referência para identificar os jogos de linguagem utilizados pelo professor no conjunto de aulas de físicas analisadas, que possibilitaram a significação dos conceitos trabalhados. O caminho percorrido para a realização das análises encontra-se descrito no próximo capítulo.

4. PERCURSO METODOLÓGICO

Neste capítulo apresentamos os caminhos percorridos pela pesquisa, a seleção do material, descrição dos dados e os procedimentos que realizamos para a análise dos mesmos. Assim, apresentamos os critérios utilizados para escolha do material, bem como a descrição do conjunto de aulas de Física, realizadas com uma turma de 3º ano do Ensino Médio, em uma escola pública do município de Florianópolis. As aulas foram áudio gravadas e transcritas. Nosso material para análise é composto pelos planos de aula do professor, áudio-gravação das aulas e transcrições das mesmas.

4.1 DETALHAMENTO DO CONTEXTO

> *[...] as significações surgem do uso das palavras, mediadas por regras, a partir das nossas práticas sociais, dos nossos hábitos, na nossa* ***forma de vida****.*
>
> *(CONDÉ, 2004, p.52)*

Nossa intenção está em compreender os diferentes jogos de linguagem presentes em aulas de física, observando a significação possibilitada pelos usos dessas diferentes linguagens na interação entre professor e estudantes em situação de ensino. Nesse sentido, selecionamos um conjunto de 11 aulas de Física, planejados e desenvolvidos por um professor estagiário do curso de Física-Licenciatura da UFSC, com uma turma de 3º ano do Ensino Médio, no turno noturno, em uma escola pública do município de Florianópolis/SC, no segundo semestre de 2014.

O material que utilizamos para compreensão do contexto em que foram realizadas as aulas, assim como para análise das mesmas, é composto pelos planos de aula do professor[22], áudio-gravação das aulas e transcrição das mesmas.

A escolha desse material se deve ao fato de conhecer o professor em questão, sabendo que o mesmo buscou trabalhar a linguagem matemática de uma maneira um pouco diferenciada em suas aulas (não voltado apenas à exposição, mas dedicando-se ao uso de diferentes

[22] Os planos de aula e as áudio-gravações foram cedidas pelo professor para compor nosso material de análise. (ANEXOS C, D, E, F, G, H, I, J, K, L e M)

possibilidades metodológicas). Esse professor já possui experiência docente (em outra escola - não a que foi realizado o estágio), de um período anterior de pelo menos dois anos, e o material analisado, embora corresponda a um estágio, seria um recorte dessa experiência.

Importante destacar que, por ser um conjunto de aulas referentes a uma prática de estágio, o mesmo foi organizado para ter uma sequência de início, meio e fim, ou seja, introduzir o estudo de determinado conceito físico (campo magnético gerado por corrente elétrica), desenvolver/aprofundar esse estudo e finalizar/sistematizar de alguma forma os conceitos abordados. Essa característica (estágio) nos permite verificar as possibilidades de significação de um determinado conceito físico, introduzido, desenvolvido e sistematizado em uma sequência de aulas.

Nesse conjunto de aulas o professor organizou o trabalho didático em torno de conceitos relacionados ao estudo do campo magnético gerado por corrente elétrica. Inicia por explicitar algumas relações matemáticas pertinentes a essa temática, e incluiu nos procedimentos (recursos) metodológicos, além do quadro e giz, também o uso de vídeos e experimentos, visando auxiliar os estudantes na compreensão dos conhecimentos físicos ali envolvidos.

O professor inicia sua sequência de aulas abordando as relações matemáticas de proporcionalidade que são necessárias para compreensão dos conceitos físicos, neste caso específico, o cálculo da intensidade dos campos magnéticos gerados por corrente elétrica. Para contextualizar o estudo dos campos magnéticos em condutores, o professor utilizou o "Experimento de Oersted"[23], relacionando um fenômeno elétrico com um fenômeno magnético. Para o estudo do campo magnético no interior de solenoides, utilizou da montagem experimental de pequenas bobinas com material simples (fios de cobre, pregos e pilhas) e de fácil acesso, realizando com os estudantes a observação dos pequenos eletroímãs em diferentes situações (maior ou menor número de espiras; maior ou menor número de pilhas; etc.). Finaliza o conjunto de aulas com a realização de alguns exercícios, visando observar as relações compreendidas pelos estudantes, bem como, as dificuldades por eles apresentadas.

---

[23] Experimento científico realizado por Hans Christian Oersted (1777-1851) no ano de 1819, que contribuiu com o avanço dos conceitos de eletricidade e magnetismo. Este pesquisador observou que uma corrente elétrica, que passava por um fio condutor desviava uma agulha imantada colocada nas proximidades, de modo que a agulha assumia uma posição diferente ao plano definido pelo fio e pelo centro da agulha.

Cabe destacar, já de antemão, que percebemos nessas aulas a presença e a necessidade de entender as diferentes linguagens que se inter-relacionam dentro da sala de aula ou em situações de ensino. Essas diferentes linguagens serão observadas/analisadas, a luz da filosofia da Linguagem de Wittgenstein, com intenção de identificar os jogos de linguagem e as regras dos diferentes jogos de linguagem que, por meio do uso que delas se faz, possibilitam a significação dos conceitos físicos e matemáticos envolvidos.

4.1.1 Descrição do Conjunto de aulas

Para melhor compreender o contexto em que as aulas foram desenvolvidas, passamos a descrever (resumidamente) os objetivos, percurso metodológico e estratégias didáticas utilizadas em cada uma das aulas, utilizando como fonte de consulta os planos de aula do professor. Vale lembrar que esse planejamento foi elaborado para alunos do turno noturno e aulas de 45 minutos, uma vez que este é o tempo de cada aula na rede estadual de ensino de Santa Catarina. Observa-se que destacamos cada aula dentro de um quadro, e da mesma forma, entre aspas e com itálico, as partes transcritas integralmente dos planos de aula do professor, sem mencioná-lo nominalmente, com intuito de preservar a autoria e a identidade do mesmo. Essa descrição das aulas colabora para o entendimento do contexto em que estão inseridos os episódios que serão destacados para análise (no próximo capítulo).

4.1.1.1 Aula 1

O professor realiza alguns questionamentos, visando compreender a visão dos estudantes acerca da Física e das relações com a Matemática: *“O que vocês acham de estudar física? É legal, não é legal? Por quê?; Muitas pessoas falam que a física é difícil. O que vocês acham disso? Por quê?; Onde vocês têm mais dificuldade na física? Por quê?; Tem muita matemática na física. Onde vocês veem a matemática na física?”*

Escreve no quadro algumas fórmulas (equações) e solicita aos estudantes que observem, questionando quais eles conhecem, qual o significado delas, e qual o significado de cada letra em cada equação.

$$S = v.t \qquad S = 10.t \qquad F_R = m.a \qquad F_R = 10.a$$

$$P = \frac{F}{A} \qquad P = \frac{10}{A} \qquad E = \frac{F}{q} \qquad U = R.i$$

Com essa atividade e questionamentos o professor espera que os estudantes observem as relações existentes entre as diferentes equações, lembrando que cada uma delas representa fisicamente ou está associada a algum fenômeno natural.

Após essa atividade, questiona aos estudantes o que entendem pela palavra proporção, considerando que a mesma está associada a uma relação entre grandezas. Para desenvolver essa "ideia" de proporcionalidade, propõe a seguinte situação: "*Imaginem que exista uma cidade onde cada pessoa ganha bolo de chocolate no dia do aniversário da cidade. O confeiteiro que faz os bolos da festa precisa de farinha para fazer cada um deles. Quanto mais bolos ele precisar fazer, mais farinha ele vai precisar utilizar. Considere que cada bolo precise de 5 colheres de farinha. Quantas colheres de farinha ele vai precisar para atender toda a cidade?; Do que depende o número de colheres que ele vai precisar? "*.

O professor vai questionando os estudantes e junto com eles construindo a noção de proporcionalidade associando às representações das equações. Com tais questões espera que os estudantes relacionem a quantidade de colheres necessárias para confecção dos bolos com a quantidade de pessoas da cidade, e relacionem o número de bolos/pessoas ao número de colheres por bolo.

Continua: "*Quanto mais pessoas morarem na cidade, mais bolos ele vai precisar fazer, logo, mais colheres de farinha ele vai precisar utilizar. Nós falamos que o número de colheres que o confeiteiro precisa, aumenta com a mesma proporção que o número de pessoas da cidade. Se houver uma pessoa morando na cidade, quantas colheres de farinha ele vai precisar utilizar?; Se houver duas pessoas morando na cidade, quantas colheres de farinha ele vai precisar?; Se houver X pessoas morando na cidade, quantas colheres de farinha ele vai precisar?; Como a gente escreve 5 vezes X?"* [anota no quadro a representação: $5 \, . \, \mathrm{X}$]*; "Mas esse valor é igual ao quê?"* [Ao número de colheres]; "*Como vocês querem chamar o número de colheres que ele precisa para fazer os bolos?"* [Junto com os estudantes escolhe uma letra para representar – exemplo: $\mathrm{C} = 5 \, . \, \mathrm{X}$].

Observando a equação escrita no quadro, questiona os estudantes sobre o significado de cada letra/símbolo, chegando à compreensão da relação de proporcionalidade direta, relacionando a explicação oral com a representação simbólica: "*Quando isso acontece nós falamos que "C" é diretamente proporcional à "X", pois quando "X" aumenta uma unidade "C" aumenta cinco, e quando "X" aumenta duas unidades "C"* *aumenta dez, e quando "X" aumenta três unidades "C" aumenta quinze e assim por diante."*

Retorna ao quadro e questiona: "*Qual a relação que vocês fazem entre essas duas fórmulas?"* $C = 5\,.X$ $S = 10.t$

Intenciona que os estudantes percebam que "C" é proporcional à "X", assim como "S" é proporcional à "t". Solicita que observem nas demais equações (escritas no início da aula) onde percebem que essa relação proporcional também aparece. Dessa forma, finaliza a primeira aula.

4.1.1.2 Aula 2

Para retomar os assuntos discutidos na aula anterior, escreve no quadro, novamente, duas equações: $S = v.t$ $S = 60.t$

Questiona aos estudantes o significado destas equações, esperando que identifiquem a existência de uma relação de proporcionalidade entre as grandezas e que a segunda equação expressa que a velocidade vale "60". Questiona também o significado de cada letra das equações ["S" representa posição; "v" velocidade; e "t" tempo].

Relembrando o exemplo da confecção do bolo para os habitantes de uma cidade, propõe uma variação à esta situação: "*Agora imaginem que a cidade faça um bolo só, e que se divida este bolo com todas as pessoas que moram na cidade. O bolo inteiro tem 100 kg e cada morador recebe um pedaço igual do bolo. Do que depende o peso do bolo que cada um vai ganhar?; Quanto mais pessoas morarem na cidade, menor vai ser o pedaço de bolo que cada uma vai receber. Nós falamos que o peso do bolo que cada uma vai receber diminui na mesma proporção que o número de pessoas que mora na cidade!; Se houver uma pessoa morando na cidade, qual o peso do bolo que ela vai receber?; Se houver duas pessoas morando na cidade, qual o peso do bolo que elas vão receber?; Se houver quatro pessoas morando na cidade, qual o peso do bolo que elas vão receber?; Se houver X pessoas morando na cidade, qual o peso do bolo que elas vão receber?";*

A partir das considerações feitas sobre essa situação dos bolos, questiona: *"Como é possível escrever "100 dividido por X"? Isso é igual/representa o quê? Como vocês querem chamar o peso de cada pedaço de bolo?"*

Com os estudantes, definem uma letra para representar a massa do pedaço do bolo, anotando a equação resultante no quadro: $\mathrm{M} = \frac{100}{\mathrm{X}}$

Cada parte dessa equação tem um nome e um significado, assim, vai questionando aos estudantes o que representa cada elemento da equação, chegando à relação de proporcionalidade inversa: *"Quando isso acontece nós falamos que "M" é inversamente proporcional à "X", pois se "X" dobrar "M" cai pela metade, se "X" triplicar "M" cai três vezes."*

Escreve as seguintes equações no quadro e questiona aos estudantes qual a relação que eles percebem entre elas: $M = \frac{100}{X}$ $P = \frac{10}{A}$. Sua intenção é de que os estudantes percebam que estas duas equações tratam de relações onde a proporção entre as grandezas é inversa.

Assim, propõe aos estudantes que pensem sobre outra situação: "*Você está num ônibus fazendo uma viagem. Este ônibus em que você anda tem um controlador de velocidade que faz com que ele ande à 60 km/h o tempo todo. Se o ônibus andar por uma hora, que distância ele vai percorrer? Se ele andar por duas horas, que distância ele vai percorrer? Se ele andar por X horas, que distância ele vai percorrer? Como a gente escreve isso? Isso é igual ao quê? Como vocês querem chamar a distância que ele percorre?[Após escolher uma letra, escrever a equação no quadro: $D = 60.X$]; O que significa pra vocês essa fórmula? O que significa cada letra desta fórmula? ["D" distância percorrida em quilômetros; "60" a velocidade do ônibus em quilômetros por hora; e "X" a quantidade de horas que ele anda]; E se ao invés de escrever "D" e "X" eu escrevesse: $S = 60.t$"*

Esta equação havia sido escrita no quadro na aula anterior e no início desta aula, quando questionou aos estudantes o que ela representava e qual seu significado. A intenção é identificar que esta expressão matemática descreve um fenômeno físico, destacando assim, uma das possíveis relações entre a Matemática e a Física.

4.1.1.3 Aula 3

Nas duas primeiras aulas tratou-se sobre proporcionalidade. A partir desta aula a intenção é ver como aquilo que foi discutido pode ser utilizado para entender melhor os conceitos da Física. Nesse sentido, esta aula inicia o estudo sobre campos magnéticos, que é um dos conceitos científicos associados ao Eletromagnetismo. Para começar a discussão, o professor questiona aos estudantes *"o que é um campo?"* e passa a explicar várias possibilidades de entendimento do que possa ser entendido como campo, destacando que na Física esse termo está associado à atuação de forças sobre os corpos, sem que os mesmos estejam em contato direto.

Cita como exemplos a força gravitacional que está associada ao campo gravitacional, e a força elétrica, associada ao campo elétrico. Além desses, destaca a existência do campo magnético, que constitui o foco de estudo dessa aula e das aulas seguintes. Para falar sobre o campo magnético, o professor apresenta e explica aos estudantes uma simulação virtual que representa um experimento, conhecido pelos Físicos por “Experimento de Oersted”, que consiste em observar a existência de um campo magnético quando um fio é percorrido por corrente elétrica. Este experimento mostra a existência de uma relação entre um fenômeno elétrico e um fenômeno magnético.

Durante as explicações do experimento, o professor aborda a existência do campo magnético, a intensidade deste campo, e a permeabilidade magnética (que depende do meio), e questiona: “*O que deve influenciar na intensidade do campo magnético nas proximidades do fio? Se passasse mais corrente o campo seria maior ou menor? Se a distância fosse maior o campo seria maior ou menor*? *Quanto maior essa permeabilidade maior ou menor o campo magnético?”*

Com as explicações e questionamentos, o professor destaca que a intensidade do campo depende da intensidade da corrente, da distância ao fio e da permeabilidade magnética. Por meio das discussões e estabelecimento de relações com os assuntos estudados na aula anterior (relações de grandezas), o professor vai “construindo” a equação que representa a intensidade do campo magnético: $B = \frac{\mu . i}{2\pi R}$

4.1.1.4 Aula 4

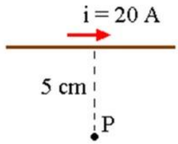
O professor inicia a aula retomando o que foi tratado na aula anterior sobre a possibilidade de criar um campo magnético, passando uma corrente elétrica por um fio. Para determinar a intensidade deste campo, relembra a equação, anotando no quadro:

$$B = \frac{\mu . i}{2\pi d}$$

Questiona o significado de cada símbolo desta equação e questiona acerca das relações de proporcionalidade: “*O campo aumenta ou diminui com a corrente? O campo aumenta ou diminui com a permeabilidade magnética? O campo aumenta ou diminui com a distância até o fio? ”*. Para completar, explica aos estudantes a unidade de medida para o campo magnético: Tesla, apresentando também alguns dados sobre a intensidade desta unidade.

Após relembrar a equação e explicar a unidade de medida do campo magnético, o professor escreve no quadro o seguinte exemplo:

Ex.: Para a figura abaixo, determine o valor do vetor indução magnética B situado no ponto P. Adote $\mu = 4\pi.10^{-7}$ *T.m/A, para a permeabilidade magnética.*



Por meio de explicação oral, relembra as questões já estudadas, relacionando o campo criado com as suas variáveis, e identificando cada uma delas no desenho (corrente elétrica; permeabilidade magnética; distância do fio). Destaca também a importância de prestar atenção nas unidades de medida de cada grandeza, para que seja possível relacioná-las.

4.1.1.5 Aula 5

O professor inicia a aula reescrevendo no quadro o exemplo da aula anterior e retomando as explicações relacionadas à utilização das unidades de medida de maneira adequada, destacando novamente as relações de proporção. Utiliza como exemplo a relação de proporção de centímetros para metros, e relembra dessa forma algumas propriedades matemáticas que podem auxiliar na compreensão dos conceitos físicos estudados. Enfatiza as relações matemáticas pertinentes à divisão de "potências de dez" ($\frac{10^x}{10^y} = 10^{x-y}$), que colaboram para a resolução do exercício proposto. Finaliza a aula com a aplicação dessa propriedade matemática na equação do campo magnético, no exemplo do fio reto.

4.1.1.6 Aula 6

O professor começa a aula fazendo o desenho da situação do fio reto criando um campo magnético representada no exemplo da última aula, quando tratou do campo magnético criado por um fio e calculou o campo para aquela situação. Relembra que durante as aulas estudaram uma equação que representa como a intensidade do campo magnético varia com as características da situação. Para um fio reto, por onde passa uma corrente elétrica "i", a intensidade do campo depende da corrente elétrica, do meio e da distância. Assim, escreve novamente a equação no quadro: $B = \frac{\mu.i}{2\pi d}$

Destaca que, como o campo magnético é uma grandeza vetorial, não possui apenas intensidade, mas também direção e sentido. Explica, dessa forma, as principais características das grandezas vetoriais, utilizando de alguns exemplos, e também de algumas representações dos vetores, relacionando com as linhas do campo magnético, que são perpendiculares ao fio percorrido pela corrente.

4.1.1.7 Aula 7

A sexta aula foi encerrada quando se falava sobre o significado do termo "perpendicular". Esta aula inicia, portanto, retomando essa discussão. Para compreender essa questão de o campo magnético ser perpendicular ao fio, o professor relembra a representação das grandezas vetoriais, desenhando no quadro as diferentes possibilidades de visualizar a representação dos vetores de acordo com a direção e sentido que tenham os mesmos. Indica também que o tamanho do vetor desenhado representa seu módulo. Explica a "regra da mão direita" para determinar o sentido do campo magnético, sabendo sua direção, e o sentido da corrente elétrica que percorre o fio.

Finaliza a aula relembrando o que já foi estudado até o momento: *"Um fio condutor é capaz de criar na região do seu entorno um campo magnético. Este campo magnético tem uma intensidade que depende de três coisas: da intensidade da corrente elétrica, da permeabilidade magnética do meio e da distância do ponto até o fio. Nós representamos isto pela equação:* $B = \frac{\mu.i}{2\pi R}$ *Isto indica que o campo aumenta com a permeabilidade magnética e com a corrente elétrica, mas diminui com a distância até o fio. O valor "2π" serve como constante que está relacionada com as características da situação em questão que estamos discutindo. Este campo magnético é uma grandeza vetorial e tem direção e sentido (...). A regra* [da mão direita] *é pegar o nosso dedão e apontar na direção da corrente elétrica, os outros dedos irão apontar na direção e sentido do campo magnético, lembrando que ele é sempre perpendicular ao fio.*

4.1.1.8 Aula 8

Para a realização deste momento, o professor leva para a sala de aula um fio flexível de cobre para facilitar a demonstração do que comumente chamamos de “bobina”. Ele contextualiza o estudo destacando as possibilidades de utilização das bobinas, bem como, onde podemos visualizá-las em nosso cotidiano. Apresenta também o termo “solenoides” que será utilizado como sinônimo para bobina, e que representa um fio condutor enrolado na forma de espiras. Desenha no quadro e utiliza o fio flexível para demonstrar. Por meio das explicações sobre o que são espiras, solenoides e bobinas, chega à relação matemática que representa a intensidade do campo magnético criado no interior de um solenoide, que depende de quatro grandezas: intensidade da corrente elétrica, permeabilidade magnética do meio, número de espiras e comprimento do solenoide. Assim: $B = \frac{i.\mu.N}{L}$

Observando a equação, que foi escrita no quadro, questiona os estudantes acerca das relações de proporcionalidade que podem ser percebidas na mesma (Campo Magnético e Corrente Elétrica; Campo Magnético e Número de Espiras; Campo Magnético e Comprimento; entre outras).

4.1.1.9 Aula 9

Para a realização desta aula, o professor montou previamente dois eletroímãs e levou os materiais utilizados na realização da experiência para a sala, visando discutir com os estudantes como cada característica dos materiais influencia na criação do campo magnético. Propõe a construção de um solenoide para observar seu comportamento como imã. Para isso, dispõe os materiais sobre a mesa: fios flexíveis, alguns pregos grandes, algumas pilhas AA, e, uma fita isolante.

O professor descreve as características dos fios utilizados (flexíveis), comparando com outras opções disponíveis, justificando desta forma a escolha do material. Utilizando dois solenoides já prontos, com número de espiras diferentes (um mais que outro), retoma as discussões da aula anterior relembrando as características dos solenoides, e as relações com o campo magnético criado em seu interior ao ser percorrido por corrente elétrica, relembrando também a equação matemática que representa a intensidade do campo.

O professor descreve o processo de montagem realizado, enfatizando que quanto mais voltas se dá no fio, maior é a intensidade do campo magnético, e relaciona com o que pode ser percebido ao observar a equação (número de voltas da espira). Propõe aos estudantes que realizem, com o material disponível, quatro situações diferentes, descritas a seguir, e verifiquem em qual delas o campo magnético é mais intenso.

"*Usar o solenoide com menos espiras com as duas pilhas; Usar o solenoide com menos espiras com as quatro pilhas; Usar o solenoide com mais espiras com as duas pilhas; Usar o solenoide com mais espiras com as quatro pilhas;*"

Orienta os estudantes a utilizar os solenoides e o conjunto de pilhas para atrair alguns pregos soltos, verificando em quais das situações eles são mais ou menos atraídos. Realizando este experimento, os estudantes percebem que o campo será maior quando houver mais espiras e um maior número de pilhas; que será menor na situação em que houver menos espiras e menos pilhas; e que terá um valor médio nas situações em que tem poucas espiras e muitas pilhas e que tem muitas espiras e poucas pilhas. Verificam com estas demonstrações que os pregos são mais atraídos na situação de muitas espiras e maior quantidade de pilhas.

4.1.1.10 Aula 10

O professor propõe que os estudantes se organizem em duplas, realizem alguns exercícios, e entreguem ao final da aula. Encontra-se disponível durante todo o tempo, para esclarecer dúvidas dos estudantes.

4.1.1.11 Aula 11

O professor propõe a realização de mais alguns exercícios buscando observar os estudantes e analisar as dificuldades apresentadas pelos mesmos na realização da atividade proposta. Cada um dos exercícios estava relacionado a um aspecto/conceito que foi estudado durante as aulas.

4.2 PROCEDIMENTOS PARA ANÁLISE

Para os procedimentos de análise, foram observados os planos de aula do professor, bem como, as transcrições da áudio-gravação das aulas. Destacamos trechos nas transcrições da áudio-gravação, que nos permitiram identificar elementos para a construção e significação do conceito de campo magnético gerado por corrente elétrica. Nesse material procuramos compreender como o entendimento das regras e a inserção dos estudantes nos diferentes jogos de linguagem presentes nas aulas possibilitou a significação de elementos associados à construção do conceito físico trabalhado.

Os jogos de linguagem foram identificados nos episódios selecionados em momentos que o professor explicita verbalmente ou escreve no quadro equações/relações puramente matemáticas, momentos em que o professor apresenta ou retoma conceitos puramente físicos e momentos em que o professor faz a associação de conceitos físicos a equações/relações matemáticas (fórmulas físicas), fazendo uso de representações no quadro e uso da linguagem verbal e gestual.

Para a compreensão da linguagem Matemática, da linguagem Físico-Matemática, dos jogos de linguagem, das regras e semelhanças de família, utilizados pelo professor e pelos estudantes, tomamos como referência a filosofia da linguagem de Wittgenstein (apresentada no capítulo 3), conforme a qual a significação é atribuída de acordo com o uso que fazemos da linguagem em um determinado contexto.

No decorrer das análises selecionamos alguns episódios para evidenciar os jogos de linguagem que possibilitaram a significação do conceito de campo magnético gerado por corrente elétrica, destacando as regras dos jogos de linguagem presentes nas aulas e como estas foram utilizadas tanto pelo professor como pelos estudantes.

Como estratégia para identificação dos trechos selecionados, ao final de cada episódio apresentado, utilizamos o número do episódio conforme a sequência em que aparecem na aula, seguidos da letra A acompanhada de um número que identifica esta aula, como por exemplo: (Episódio 4, A2), que se refere ao quarto episódio destacado da aula 2. Da mesma forma, na transcrição dos episódios, o professor é identificado pela letra P, e os estudantes pela letra E seguida de um número, como por exemplo: (E2) – “Estudante dois”.

No capítulo que segue iniciamos as análises fundamentadas na filosofia da linguagem previamente apresentada.

5. AULAS DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO SOB A VISÃO DA FILOSOFIA DA LINGUAGEM DE WITTGENSTEIN

No capítulo anterior descrevemos o percurso realizado para coleta do material empírico, bem como os procedimentos para a análise do mesmo. Neste capítulo, procuramos identificar as condições de significação sobre campo magnético produzido por corrente elétrica associadas ao uso das palavras, equações e símbolos nos jogos de linguagem presentes no conjunto de aulas analisadas. A análise teve como foco as proposições realizadas pelo professor e as interações com os estudantes, evidenciando episódios onde identificamos as possibilidades de significações relacionadas com a produção de campo magnético produzido por corrente elétrica em condutores, caracterizando desta forma os diferentes jogos de linguagem presentes nas relações professor – estudante. Vale lembrar que, para Wittgenstein, o significado de uma palavra é estabelecido pelo uso que se lhe dá num determinado jogo de linguagem (WITTGENSTEIN, 2013, IF 43, p.38).

No capítulo 3 apresentamos noções importantes da filosofia de Wittgenstein, tais como jogos de linguagem, semelhanças de família, seguir regras, e, formas de vida. Como vimos, Wittgenstein considera "jogos de linguagem" como as diferentes maneiras de se utilizar as palavras, expressões, proposições e etc., em um determinado contexto, que em nosso trabalho, são as aulas de Física. Para caracterizar os diferentes jogos de linguagem presentes nas aulas analisadas, não buscamos a essência dos jogos, mas sim identificar alguns usos e algumas de suas regras, que, por sua vez, possuem semelhanças com os outros diferentes jogos presentes em aulas ou mesmo fora delas. Conforme Condé (1998), se referindo à filosofia de Wittgenstein, não há uma linguagem única

> [...] mas simplesmente linguagens, isto é, uma variedade imensa de usos, uma pluralidade de funções ou papéis que poderíamos compreender como jogos de linguagem. Entretanto, como também não há uma função única ou privilegiada que possa determinar algum tipo de essência da linguagem, não há também algo que possa ser a essência dos jogos de linguagem. (CONDÉ, 1998, p. 86).

A significação de palavras e, em nosso caso, símbolos matemáticos, está relacionada com os jogos de linguagem em que elas se inserem. Para entender a significação de uma certa palavra, em um certo jogo de linguagem, uma das possibilidades é descrever as características desse jogo, explicitando o papel desempenhado pela palavra ou símbolo matemático em questão.

Neste sentido tentamos apontar os possíveis usos da linguagem nas aulas de física, nos diversos acontecimentos (episódios) que utilizam a linguagem matemática para a significação dos conceitos da área da física. No caso das aulas analisadas o professor, na interação com os estudantes, desenvolveu um trabalho em que estiveram presentes diferentes jogos de linguagem envolvidos na significação do conceito de campo magnético produzido por corrente elétrica.

Considerando o conjunto de aulas analisada, destacamos alguns trechos dos diálogos entre professor e estudantes, evidenciando a intencionalidade do professor em auxiliá-los na significação do conceito de campo magnético gerado por corrente elétrica, propondo para isso, o estudo de diferentes tópicos relacionados com física e matemática, como proporção, equações de primeiro grau, solenoides, campo magnético entre outros. Um exemplo desses jogos foi o uso de analogias para estabelecer relações entre os conceitos estudados e situações do cotidiano escolar e dos estudantes (ou que se apresentassem mais “familiares”) estabelecendo assim semelhanças de família ligando a forma de vida escolar com formas de vida exteriores à escola.

Assim, tentando responder nosso problema de pesquisa: “Como e que jogos de linguagem matemática e verbal estão associados a significação do conceito de campo magnético gerado por corrente elétrica, em aulas de Física do Ensino Médio?, apresentamos inicialmente, as aulas de modo mais detalhado com seus objetivos e conceitos principais abordados, destacando alguns episódios em que os diferentes usos dos jogos de linguagem possibilitam a significação dos conceitos físicos abordados pelo professor. Cabe lembrar que a significação dos conceitos físicos está relacionada com a maneira como se usa a linguagem em sala de aula o que, no caso da Física de modo geral e das aulas analisadas em particular, envolve um trabalho com a matemática que faz parte das linguagens da Física.

Faz-se necessário relembrar que no estado de Santa Catarina as aulas do Ensino Médio têm duração de 45 minutos, descontando o tempo para fazer a chamada e outros procedimentos pertinentes, temos em média 30 minutos de duração das áudio-gravações realizadas referentes as aulas analisadas, que compreendem o período em que efetivamente o professor realizou explicações e interagiu com os estudantes no processo de significação dos conceitos estudados.

Nas primeiras aulas ministradas pelo professor, de um total de 11 aulas, identificamos uma forte presença de conceitos matemáticos, e a física não foi propriamente abordada, onde houve um tempo considerável das aulas para explicitar conceitos e relações puramente matemáticos, os quais estão relacionados com as significações do conceito de campo magnético produzido por corrente elétrica, que seria estudado na sequência das aulas.

No decorrer das aulas observamos uma construção do professor com os estudantes do conceito de campo magnético gerado por corrente elétrica, onde além da linguagem matemática percebe-se a utilização da linguagem verbal na construção das significações físicas, estabelecendo relações entre elas através das semelhanças de família. Foi possível perceber a intencionalidade do professor em explicitar as regras dos diferentes jogos de linguagem utilizados, para que os estudantes pudessem compreender e significar o conceito que estava sendo estudado. Nesse sentido, passamos a análise de cada uma das aulas realizadas, descrevendo nos subcapítulos a seguir, tendo como foco principal os jogos de linguagem e outros elementos da filosofia da linguagem de Wittgenstein.

5.1 AULA 1 – RELAÇÕES DE PROPORÇÃO

Nesta primeira aula o professor trabalhou com relações de proporção (diretamente proporcional) considerando este conteúdo matemático como base para a compreensão das relações de proporcionalidade que estão presentes nas fórmulas físicas relacionadas ao conceito de campo magnético gerado por corrente elétrica, como, por exemplo, as fórmulas[24] de campo magnético em um fio reto e em um solenoide estudadas posteriormente na sequência das aulas.

Para isso, o professor escreve no quadro algumas fórmulas[25] (equações) e solicita aos estudantes que observem, questionando quais eles conhecem, *qual o significado delas*, e *qual o significado de cada letra em cada equação*. Ao fazer isso o professor abre um diálogo com os

---

[24] As formulas do campo magnético em um fio reto e em solenoides são respectivamente $B = \frac{\mu.i}{2\pi R}$ e $B = \frac{\mu.i.n}{L}$

[25] Ver descrição da aula 1, no capítulo 4 deste trabalho.

estudantes que é de suma importância para a significação de conceitos. E identificamos esse diálogo como sendo um jogo de linguagem.

Com essa atividade e questionamentos o professor espera que os estudantes observem as relações existentes entre as diferentes equações escritas no quadro, lembrando o que cada uma delas representa fisicamente ou que está associada a algum fenômeno natural.

Feita essa discussão o professor começa a trabalhar com os estudantes o conceito matemático de proporção. Essa passagem da física para a matemática ressalta um aspecto da significação da conceituação física que é matemática. Dito de outro modo, essa relação de significação Pietrocola e Karam (2009a) consideram com sendo relativa ao papel estruturante da matemática na física. Para isso o professor utiliza todas as equações apresentadas, como evidenciamos no episódio 1, a seguir:

> P: (...) O que vocês entendem pela palavra **proporção**? Proporção qualquer ideia, o que vier na cabeça com a palavra proporção?
> E2: **Quantidade**.
> P: Quantidade. O que mais? Proporcional ao tamanho, o que mais?
> E1: É o **equivalente**, tipo ele comeu o proporcional, o mesmo peso dele.
> P: Ok! O que mais?
> **E2: Meu peso é proporcional a minha altura?**
> (Episódio 1, A1)

As palavras em negrito “proporção”, “quantidade” e “equivalente” remetem a conceitos matemáticos, os quais os estudantes precisam ter clareza pois quando transportados para situações físicas, descritas por equações (fórmulas) irão participar da significação física, e da utilização de operações matemáticas para resolver problemas de física, possibilitando um melhor entendimento dos fenômenos representados por essas. Já a frase do Estudante E2 destacada, mostra que ele compreende que para haver uma relação de proporção é necessário estabelecer uma comparação entre pelo menos duas variáveis (neste caso massa e altura), evidenciando que o estudante usa a linguagem de maneira diferenciada dos demais colegas, e que possivelmente também está atribuindo significado diferente dos demais, ou seja, está compreendendo as regras do jogo de linguagem referente ao significado de proporção como é convencionado. A significação de proporção se dá num jogo que se assemelha a um jogo de apresentação de sinônimos.

No episódio 2 a seguir, o professor faz uso de uma situação problema para explicar e/ou retomar o conceito de proporção com os estudantes, como podemos observar:

> P: (...) Imagine que exista uma cidade, onde cada pessoa da cidade ganhe um bolo de chocolate no dia do aniversário da cidade. Cada aniversário da cidade cada pessoa recebe um bolo de chocolate, o confeiteiro que faz os bolos da festa precisa de farinha para fazer cada bolo deles, quanto mais bolos ele precisar fazer, mais farinha ele vai utilizar. Imagine que cada bolo precise de 5 colheres de farinha, quantas colheres de farinha ele vai precisar para atender cada habitante da cidade.
> E1: Não dá para saber.
> E2: São quantas pessoas na cidade?
> P: Tá aí, a primeira pergunta que a gente pode fazer é, do que depende o número de colheres que ele vai precisar.
> E2: Depende de quantas pessoas tiver na cidade (...)
> P: Ok! É isso.
> P: (...) quanto mais pessoas morarem na cidade, mais bolos ele vai precisar fazer, logo mais colheres de farinha ele vai precisar utilizar, **nós falamos que o número de colheres que o confeiteiro precisa aumenta com a mesma proporção que o número de pessoas, quanto mais pessoas tiver, mais colheres de farinhas ele vai precisar, se houver uma pessoa morando na cidade, quantas colheres de farinha ele vai precisar?**
> **E1: 5**
> **P: Se houver duas pessoas morando na cidade?**
> **E1: 10 (...)**
>
> (Episódio 2, A1)

O trecho destacado da fala do professor e da resposta do estudante mostra que o conceito de proporção foi compreendido por ele uma vez que conseguiu relacionar a quantidade de colheres de farinha para confecção dos bolos com o número de habitantes da cidade. Este exercício que professor e estudante fazem juntos de resolver a situação problema pode ser considerado um jogo de linguagem caracterizado por um diálogo em que um faz uma pergunta e o outro responde, seguindo regras pré-determinadas, que neste caso estão relacionadas ao conceito de proporção.

Em uma aula de matemática o professor tem a intenção de definir conceitos matemáticos, enquanto na aula de física o professor tem objetivo de utilizar os conceitos matemáticos para significar os conceitos físicos. Assim, um professor de matemática poderia propor uma situação hipotética, utilizando uma comparação entre razões, conforme o exemplo a seguir:

> Juquinha e Pedro passeiam com seus cachorros. Juquinha pesa 120kg, e seu cão, 40kg. Pedro, por sua vez, pesa 48kg, e seu cão, 16kg.
> Observe a razão entre o peso dos dois rapazes: $\frac{120}{40} = \frac{5}{2}$, agora observamos, a razão entre o peso dos cachorros: $\frac{48}{16} = \frac{5}{2}$.
> Verificamos que as duas razões são iguais. Nesse caso, podemos afirmar que a igualdade $\frac{120}{40} = \frac{48}{16}$ são uma proporção. Assim, **Proporção** é uma igualdade entre duas razões.[26]

Outra possibilidade seria apresentar a definição de proporção que consta no dicionário Aurélio[27]:

> 1. Harmonia que deve existir entre as diversas partes de um todo, e entre cada parte e o todo.
> 2. Dimensão; tamanho; volume; extensão.
> 3. Equivalência.
> 4. Relação de quantidades entre si.
> 5. Igualdade entre duas razões: proporção aritmética, ou por diferença, igualdade entre duas razões aritméticas; e proporção geométrica, ou por quociente, igualdade entre duas razões geométricas.
> 6. Importância, gravidade.

[26] Adaptado de http://www.somatematica.com.br/fundam/propor.php (acesso em setembro de 2015).
[27] Disponível em http://dicionariodoaurelio.com/proporcao (acesso em setembro de 2015).

7. À proporção de: em proporção de, em proporção com, segundo, conforme, relativamente, em relação com, em harmonia com.
8. À proporção que: ao passo que, à medida que.
9. Proporção contínua: série de razões iguais em que o consequente de cada uma é igual ao antecedente da seguinte.
10. Regra de proporção: regra de três.

Note que a situação problema proposta pelo professor da aula analisada e os exemplos apresentados acima são diferentes, implicando em diferentes modos de significar. O objetivo de um professor de matemática, supondo os exemplos anteriores, é ensinar o conceito de proporção. O professor de uma aula de física, por sua vez, espera que o estudante utilize este conceito para fazer relações com as diversas situações físicas propostas em sua aula. Situações onde as variáveis têm certo significado. Percebe-se assim, o uso de semelhanças de família entre os diferentes jogos de linguagem (matemático e físico), efetuados pelo professor de física ao estabelecer relações entre os conceitos matemáticos e os conceitos físicos ou sua aplicabilidade na compreensão dos conceitos físicos.

Entendemos que há três situações diferentes que se inter-relacionam por suas semelhanças de família. Na matemática, trabalhando as definições, espera-se por um resultado genérico, que se defina por si só, sem relação com o mundo externo, e com aplicação de certa maneira, generalizante, para diferentes situações. Na Física, essa definição matemática, é o que dá um sentido (estruturante) aos conceitos, pelo modo como os coloca em relação, ou seja, pode-se dizer que a matemática se constitui em uma das linguagens da física, servindo como base para a compreensão dos conceitos físicos. O que o professor de física faz é trabalhar uma situação intermediária, explicitando as relações (semelhanças de família) entre o jogo matemático e o jogo físico, relacionando também com situações/elementos do mundo cotidiano. A situação que o professor trabalha com os alunos não é uma situação da física, mas semelhante em termos de processo de significação envolvido, ou seja, em termos de jogos de linguagem.

Uma das principais dificuldades dos estudantes na significação dos conceitos físicos está em fazer (ou compreender) esta relação entre os diferentes jogos, suas regras e suas semelhanças, conforme nossa interpretação, com base nos estudos de Karam e Pietrocola (2007; 2008;

2009; 2009a; 2009b), Ataíde (2013), Pietrocola (2002; 2010) Silva e Pietrocola (2002), já evidenciados no capítulo 2.

Cabe destacar que nesta aula o professor dedica-se a explicitar as regras que orientam a compreensão do conceito de proporção, matematicamente como sendo uma relação de dependência entre diferentes grandezas, e, além disso, estabelece relações com a aplicação no cotidiano através de um exemplo (confecção de bolos). Assim, além de explicitar as regras, também explica a forma de uso das mesmas. Dessa forma, insere os estudantes num mesmo jogo de linguagem, caracterizado pelas regras matemáticas relacionadas ao conceito de proporção.

Em outro momento da aula os estudantes e professor utilizam juntos as operações matemáticas para compor a equação que relaciona a *quantidade de farinha* para fazer os bolos com o *número de habitantes* da cidade apresentada na situação proposta. Neste momento de interação nota-se que os estudantes estão compreendendo o que o professor propõe, pois estão escrevendo o que foi verbalizado anteriormente através do exemplo do professor e da fala do Estudante E1 (Episódio 2), ou seja, estão conhecendo, compreendendo e fazendo uso das regras deste jogo de linguagem apresentado pelo professor. Podemos verificar no episódio 3, a seguir, o diálogo entre professor e estudantes, onde, por semelhanças de família, estabelecem as relações entre a identificação das variáveis da situação proposta e a composição de uma equação matemática de proporção direta:

P: A quantidade do que?
E2: A quantidade de colher.
P: A quantidade de colher de farinha. Como vocês querem chamar a quantidade de colheres de farinha? Como vocês querem chamar o número de colheres de farinha? Pode ser qualquer coisa…
E1: **Um símbolo**.
E2: **C de colher**. (…)
E2: **F de farinha**. (…)
E1: **Q de quantidade**.
P: Q de quantidade. **Tem diferença se eu escolher, c, q, a, ou f** (...).
E2: Não.
(Episódio 3, A1)

Após definidas as letras que representavam cada uma das variáveis, a equação obtida foi a seguinte: $\boxed{Q = 5 \cdot x}$. A letra Q representa a quantidade de farinha a ser utilizada, conforme aumenta ou diminui o número de habitantes da cidade, representados pela letra x da equação. A constante 5 é utilizada pois na situação problema o confeiteiro utilizava 5 colheres de farinha para fazer o bolo para cada habitante da cidade.

Dessa maneira o professor explora o conceito de proporção utilizando essa equação modelada em sala, conforme pode ser observado no episódio 4, onde o jogo de linguagem constitui-se em identificar a relação entre o símbolo escolhido e a variável representada por ela. Assim, o professor está trabalhando com a significação do conceito de proporção, envolvendo os estudantes neste jogo de linguagem que relaciona a operacionalidade matemática com a situação do mundo cotidiano.

P: **X representa o que?**
E2: **A quantidade de pessoas**.
P: **Q representa o que?**
E2: **Quantidade de farinha para fazer os bolos**.
P: Se eu aumento em uma unidade o x, Q deve aumentar em quanto?
E2: Cinco.
P: Repitam, falem o que significa para vocês.
E1: **Se aumentar o número de pessoas vai aumentar a quantidade de farinha que vai pôr, vai pôr não, que vai ser utilizada**.
P: O que mais?
E2: É **significa que estávamos tentando achar a quantidade de farinha utilizada para fazer todos os bolos**.
(Episódio 4, A1)

Construída esta equação com os estudantes, o professor retoma as equações escritas no quadro no início da aula e questiona que relações eles percebem entre a equação modelada por eles e as equações do quadro, utilizando as semelhanças de família entre as mesmas, para a transposição da situação para diferentes contextos (no caso, a relação matemática, a situação real e as fórmulas que representam conceitos físicos), como pode ser visto no episódio 5, a seguir:

P: (...) a gente fala nessa fórmula que x é proporcional a Q. O que eu posso saber sobre essa fórmula?
E2: **Que "Q" é proporcional a essa**?
P: E dessa fórmula?

E2: Que "a" é proporcional a essa.
P: **Então quando eu digo para vocês que quando eu aumento o número de pessoas, eu aumento o número de colheres, se eu falar para vocês que eu aumento o tempo nessa fórmula o que acontece com o espaço**?
E1: Aumenta.
P: Aumenta em uma unidade ou em quantas unidades?
E2: Dez.
P: **Se eu aumento uma pessoa eu aumento cinco colheres, se eu aumento o tempo eu aumento quantas unidades o espaço**?
E2: **Dez**.
P: Se eu aumento uma vez a aceleração, eu aumento quantas unidades a força?
E2: Dez.
(Episódio 5, A1)

Neste episódio, as equações escritas no quadro a que o professor se refere são: $S = 10.t$ e $F_R = 10.a$, respectivamente as equações de deslocamento e força resultante que relacionam, fisicamente falando, a variação do espaço em função da velocidade e do tempo, e a força resultante em função da massa e da aceleração.

Nesta primeira aula o professor dedicou-se a explicar as regras da relação matemática de proporção direta, relacionando também com uma situação problema e com a representação de variáveis das fórmulas que expressam conceitos físicos. Para isso utilizou o exemplo do bolo, estabelecendo as relações entre a quantidade de colheres de farinha necessárias para a produção do bolo que cada habitante deveria ganhar no dia do aniversário da cidade. Desta forma inseriu os estudantes em um jogo de linguagem típico da matemática (conceito de proporção), a que eles não estavam habituados.

No término desta primeira aula o professor retomou as equações (fórmulas) que estavam no quadro[28], relacionando-as com a equação modelada com os estudantes auxiliando-os a perceber as semelhanças entre elas. O formato da equação modelada permite evidenciar o conceito matemático de proporção, além de mostrar que a equação criada possuía equivalências com algumas das fórmulas físicas expostas no quadro no início da aula e que os estudantes sozinhos não haviam conseguido

[28] Ver descrição da aula 1, no capítulo 4 deste trabalho.

identificar. Destacamos assim a importância do papel do professor em situar os estudantes no contexto a que está se referindo bem como explicitar as regras dos jogos de linguagem que está utilizando, antecipando, por semelhanças usos futuros. Assim, nessa aula, compreender um dos jogos de linguagem da matemática possibilitou que os estudantes pudessem significar as formulas físicas pela associação de semelhanças de família entre elas.

5.2 AULA 2 – RELAÇÕES DE PROPORÇÃO

Na segunda aula o professor, dando continuidade à atividade sobre proporção que havia iniciado na aula anterior, escreve no quadro as equações: $S = v.t$ e $S = 60.t$, pede que os estudantes leiam essas equações e falem sobre o significado das letras e símbolos em cada uma delas. Questiona se estas duas equações *possuem alguma semelhança* com a equação modelada na aula anterior acerca da quantidade de farinha para confecção dos bolos, conforme o episódio 1, a seguir:

P: Daí a gente viu que existia uma **semelhança entre essa equação aqui, e essa equação aqui.** As duas, elas eram parecidas? Mais ou menos? O que que tem de parecido nelas?
E1: Além do...t é igual **a número vezes letra**?
E2: **Não, ali o t é como se fosse o x. Quando eu aumento o número, aumenta a quantidade. Ou o "S", no caso.**
P: Só. Então aqui, por exemplo, se aumentar "t", aumenta "s". Aqui se aumentar "x", aumenta "q". Tudo bem? Ok? Essa equação aqui, qual é a diferença entre essa e essa?
E3: Como?
P: Entre essa equação aqui e essa daqui? **Qual é a diferença entre essas duas**?
E2: A quantidade é maior. Ali tá 10 e ali tá 60.
P: Ali tá 10 e ali tá 60. O que que é maior?
E2: A velocidade!
P: A velocidade é maior então nesse caso aqui? Ok? Faz sentido?
E3: **Agora está fazendo**.

(Episódio 1, A2)

A ação do professor em pedir para os estudantes lerem as equações e pedir para eles apontarem suas semelhanças é um jogo de linguagem onde, pela ação de perguntas e respostas, o professor aponta para uma letra ou símbolo e os estudantes falam o nome do que foi apontado, além de realizarem a atividade de leitura das equações, compreendendo que cada letra, além de ter um nome, tem um significado relativo ao elemento que representa. O professor joga o jogo com os estudantes para que eles joguem sozinhos depois.

Podemos assim dizer que os estudantes estão atribuindo significados às fórmulas físicas ao participar desse jogo de linguagem. Conforme Wittgenstein, em relação a compreensão das regras dos jogos de linguagem, é possível perceber que os diferentes sujeitos se referem e participam de um mesmo jogo de linguagem quando

> [...] uma parte grita as palavras, a outra age de acordo com elas; mas na instrução da linguagem vamos encontrar este processo: o aprendiz dá o nome aos objetos. Isto é, ele diz a palavra quando o professor aponta para a pedra. – De fato, vai-se encontrar aqui um exercício ainda mais fácil: o aluno repete as palavras que o professor pronuncia - ambos, processos linguísticos semelhantes. (WITTGENSTEIN, 2013, IF 7, p.18)

Professor e estudantes através desse jogo podem compartilhar de um mesmo universo discursivo, composto por lógicas distintas, pela linguagem do estudante, do professor, da matemática, da física e do cotidiano, o que proporciona um encontro para a mesma significação daquilo que o professor quer ensinar (SILVEIRA, 2015).

Além deste jogo de perguntas e respostas para identificar que “quando um aumenta o outro aumenta”, e do trabalho com semelhanças que o professor induz os estudantes a fazerem, o professor ao questionar sobre o que significa cada uma das letras integrantes das equações, ou seja, o que aumenta, o que elas têm em comum e a sua leitura, acaba inserindo o estudante em um outro jogo, caracterizado pelo uso de analogias, e evidencia a importância de se compreender o contexto em que tais letras, símbolos e palavras são utilizadas possibilitando novamente a significação do objeto estudado, conforme podemos observar no diálogo do episódio 2:

P: **Mas se eu falasse para vocês, por exemplo, “manga”, sem um contexto, vocês entendem o que?**
E2: Pode ser fruta ou manga de blusa...
E3: Depende, eu como sou gordo vou pensar na comida, mas pode ser outra coisa. Evidente cara, não é brincadeira, é sério. Vou pensar na comida.
P: Ok. Agora, quando eu falo “p” aqui, vocês entendem que esse “p” é diferente daqui? Aqui eu tô falando a manga da minha camisa. Aqui eu tô falando a manga que caiu lá do pé, lá em casa.
E1: E como é que tu vai diferenciar? Se você chegar na sala agora?
P: Tá aí, sem contexto é como se eu chegasse e falasse “manga” sem completar a frase.
E1: F alasse só a palavra sem frase?
P: Falasse assim: “Aquela manga é grande!”, por exemplo. Não tem como saber se é manga de camiseta, ou se é manga da fruta. Aí, a gente tem que **ler o texto todo, tem que ver o todo para poder entender o que significa. É como se a gente fosse, por exemplo, ler um texto, e só lesse uma frase, e quisesse entender o texto todo... tipo assim, lesse frase por frase.**
E1: Tipo interpretar?
P: Tipo interpretar.
E3: É que nem laranja né? Não sabe se é a cor ou se é a fruta.
(Episódio 2, A2)

Nas falas acima nota-se que o professor evidencia que o contexto em que as palavras são utilizadas é de extrema importância para a compreensão do significado das mesmas. Utiliza como exemplo uma palavra (no caso, uma fruta) sem situar o contexto, o que da mesma forma pode ocorrer com as letras de uma equação quando os estudantes não sabem a que estas se referem. Evidencia-se, dessa forma, a necessidade de compreender o contexto em que as palavras são utilizadas, ou, conforme a filosofia da linguagem de Wittgenstein, compreender a forma de vida. Sendo assim, entendemos que as palavras não possuem um significado único, mas relativo ao contexto (ou forma de vida) em que é utilizada. E, por conseguinte, possuem semelhanças de família com outros jogos de linguagem que pertencem a outras formas de vida, ou com outros jogos de linguagem, dentro de uma mesma forma de vida. O professor está definindo, mostrando as regras do jogo, não está jogando propriamente o jogo. Nota-se que as aulas de física podem ser consideradas também aulas de linguagem, na medida em que se está trabalhando o funcionamento das linguagens em si.

Observamos, dessa forma, que o professor ao utilizar a semelhança de família entre o jogo de linguagem da sala de aula (ou da matemática), e o jogo de linguagem cotidiano (exemplo), estabelece relações de analogia, visando situar o estudante ao contexto a que se refere. Em outras palavras, utilizando a analogia entre o uso descontextualizado da palavra “manga” e o uso descontextualizado das letras ou símbolos representativos em uma equação matemática (ou fórmula física), o professor auxilia os estudantes a perceberem a importância da compreensão do contexto a que cada uma destas palavras se refere, para a significação e o uso adequado das mesmas.

Nesse sentido, Condé (2004) afirma que

> [...] um jogo de linguagem contém diversas possibilidades de analogias, isto é, ele encerra em si uma complexa rede de ações e significações cambiantes que podem interconectar-se no interior de um mesmo jogo de linguagem ou ainda com outros jogos de linguagem. Mais que isso, podem interconectar-se até mesmo entre gramáticas ou formas de vida diferentes. (CONDÉ, 2004, p.54)

Assim, entendemos que o professor ao fazer uso da analogia estava utilizando semelhanças de família (WITTGENSTEIN, 2013, IF 67, p.52), para auxiliar os estudantes a compreender os jogos específicos que conectam a Física e a Matemática, destacando a importância do contexto e o seu uso nas aulas de Física do Ensino Médio.

Em outro momento da aula, o professor se utiliza de uma outra situação, semelhante ao exemplo da aula 1, modificando o problema da confecção dos bolos no aniversário da cidade, melhor descrito no episódio 3, que segue:

> P: (...) **Agora imaginem que a cidade faça ao invés de um bolo pra cada pessoa, um bolo só, e que divida esse bolo com todas as pessoas que moram na cidade. O bolo inteiro tem 100 quilos e cada morador recebe um pedaço do bolo.** Tudo bem? **Do que depende o peso do bolo que cada um vai ganhar?**

> E1: da quantidade de pessoas.
> P: Da quantidade de pessoas. Mas quanto mais pessoas, maior vai ser a quantidade de (...), maior vai ser o pedaço ou menor vai ser o pedaço?
> E2: Menor vai ser o pedaço.
> E1: ou não, talvez eles podem aumentar o bolo né.
> P: Não, mas o bolo sempre tem 100 quilos.
> E1: **Vai diminuir a quantidade que vão dar pra cada pessoa**.
> P: Então, quanto mais pessoas eu tiver... menor vai ser o pedaço. **Quanto mais pessoas morarem na cidade, menor vai ser o pedaço que cada uma vai receber**. Nós falamos então que o peso do bolo que cada uma vai receber, **diminui na mesma proporção** em que o número de pessoas que moram na cidade aumenta (...).
> (Episódio 3, A2)

O professor ao propor esta nova situação problema tem a intenção de aprofundar o conceito de proporção previamente abordado (aula 1), explicitando uma das regras do jogo de linguagem associado à significação da relação de proporcionalidade inversa, em que uma variável aumenta a outra que depende dela diminui, como na equação escrita no quadro ($P = \frac{10}{A}$), que representa a variação da pressão em função da área da superfície em que se aplica uma força. Este aprofundamento se faz necessário pois a equação que descreve o fenômeno de campo magnético gerado por corrente elétrica utiliza as relações de proporção tanto direta quanto inversa, as quais o estudante necessita compreender para poder significar além de cada um dos símbolos da equação, também o fenômeno que ela representa.

Observa-se no episódio 3 que o estudante E2 ao responder à pergunta do professor relacionada ao tamanho do pedaço de bolo, compreende que este vai ficando menor conforme aumenta a quantidade de habitantes da cidade. Esta resposta pode apontar que o estudante está inserido no jogo de linguagem de perguntas e respostas, que compreendeu a regra de proporção inversa associando, ou por semelhança de família, à situação problema proposta pelo professor, de que existe um bolo para ser dividido entre o número de habitantes de uma cidade e que quanto maior o número de habitantes da cidade menor será o pedaço do bolo que cada um irá receber.

Seguindo o exemplo da divisão do bolo, o professor modela com os estudantes uma equação para relacionar o tamanho da fatia de bolo com o número de habitantes da cidade conforme o episódio 4 a seguir:

P: (...) Se houver uma pessoa na cidade, qual o peso do bolo que ela vai receber?
E1: 100 quilos.
P: Se houver duas pessoas morando na cidade, qual o peso do bolo que...
E1: 50. (...)
P: Se houver quatro pessoas?
E1: 25.
P: 25. (...) **Agora se houverem X pessoas morando na cidade**. (...) Se tem uma pessoa, ela recebe 100 quilos, se tem duas ela recebe 50, aí o que?
E2: **100 dividido por X**.
P: 100 dividido por X. Como é que a gente escreve 100 dividido por X?
E2: (...) **o peso igual, o peso dividido pelo número de pessoas, ou seja 100 dividido por X.** (...)
E5: O 100 sobre o X (...).
P: Literalmente, como é que escreve?
E2: 100 sobre o X. (...)
E5:**100 sobre o X igual ao quilograma do pedaço do bolo**. (...)
E1: O **X é igual a Q de quantidade**.
P: É igual a Q, de que?
E5: **Q que é o peso do pedaço de bolo que cada um vai receber**.
P: Q é o peso do pedaço de bolo que cada um vai receber. Posso chamar esse pedaço de bolo de Q, ou vocês preferem chamar de outra coisa? (...)
E2: Pode ser P de peso.
P: P de peso?
E2: Pode ser M de massa.
P: Tá. Vocês preferem P de peso ou M de massa? (...) Eu vou colocar P de peso, não faz diferença se for P ou M. (...) **cada pedaço dessa equação tem um significado. Qual é o significado desse símbolo?**
E2: **A quantidade**... o peso do pedaço de bolo que cada pessoa vai receber.
P: Ok. O que significa esse símbolo?

E1: **Igual.** (...)
P: **O que significa esse símbolo**? (...)
E2: **O peso do bolo**.
P: Esse símbolo?
E: **Divisão**.
(Episódio 4, A2)

No início deste episódio podemos observar que os estudantes perceberam e utilizaram a regra do jogo da proporção inversa, em que aumentando uma variável a outra diminui, ao fazerem a divisão do bolo pelo número de habitantes que a cidade possui. No segundo momento o professor juntamente com os estudantes escolhe as letras que irão representar cada uma das variáveis resultando na modelagem da equação explicitando a dependência entre essas variáveis, caracterizando a situação problema (como são feitas nas situações físicas). Ao final do episódio o professor pede para os estudantes realizarem o exercício de leitura da equação, onde os mesmos vão novamente significando cada símbolo.

A intencionalidade do professor nesta aula foi de trabalhar o conceito de proporção inversa através de uma situação problema e a partir dela modelar uma equação juntamente com os estudantes que representasse a relação de dependência inversamente proporcional entre as variáveis, no caso da situação proposta, o tamanho da fatia de bolo que varia em função do número de habitantes da cidade. Além disso, estabeleceu relações entre a equação modelada que representava a situação proposta, e uma equação já existente que representa uma situação física, no caso, a relação inversamente proporcional entre a aplicação de uma força sobre determinada área que implica no aumento ou diminuição da Pressão realizada, ou seja, quanto maior a área, menor será a pressão exercida pela Força, e quanto menor for a área da superfície, maior será a Pressão exercida sobre ela.

Vale destacar também, que todos esses jogos de linguagem trabalhados pelo professor não visam apenas ao uso operacional da matemática na física, mas a um uso interpretativo, em que formulas, equações são objetos de interpretação, interpretação da realidade, mas que dependem da significação matemática como estruturante conforme Pietrocola (2002).

5.3 AULA 3 – DEFINIÇÃO DE CAMPO MAGNÉTICO

Nas duas primeiras aulas, o professor trabalhou com o conceito matemático de proporção, já estabelecendo algumas relações com o significado das relações proporcionais nas fórmulas que representam conceitos físicos. Nesta terceira aula o professor, com intenção de iniciar o estudo do conceito físico de "Campo Magnético"[29], questiona os estudantes sobre o que entendem pela palavra "campo", identificando as semelhanças de família que eles já conhecem, e que podem ser usadas para relacionar a palavra "campo" ao conceito de "campo magnético", conforme podemos observar no episódio 1, a seguir:

> P: (...) Então, para começar a aula, eu gostaria de perguntar para vocês o quê é um campo? Eu quero que a gente dê uma olhada...
> P: ... um campo, a gente tem um campo ali atrás, **seria um campo de futebol**. **Mas para a Física, o quê que é um campo?**
> E6: **Um espaço, uma área?**
> E2: **É uma força?**
> P: Tem a ver com força, tem a ver com espaço e força, mas o que... como é que a gente poderia... **onde é que aparece o conceito de campo na Física**? Quando aparece campo na... quando a gente vai falar de campo na Física, a gente fala com ele **em geral relacionado com forças**. Quando a gente vai classificar uma força, nós podemos classificá-la de dois jeitos diferentes. **Uma força,** ela **pode ser de contato ou de ação a distância**. (…) O quê que seria, por exemplo, **uma força de contato**?[30]
> E1: **Um empurrão**?

[29]Observamos que em alguns momentos das aulas o professor faz uso de termos os quais não seriam conceitualmente adequados, quando se refere a campo magnético e ação a distância.

[30]No trecho destacado que se refere a forças de contato e ação a distância apontamos que houve uma utilização dos termos campo e ação a distância de maneira equivocada, embora em outros momentos da aula houve falas do professor sobre interação mediada. Neste sentido o artigo Silva e Krapas (2007), contribui para a discussão acerca da controvérsia entre ação a distância/ação mediada trazendo uma abordagem histórica sobre o assunto e sugerindo termos adequados para se trabalhar em sala de aula.

(Episódio 1, A3)

Neste episódio, podemos notar que existe um jogo de linguagem caracterizado pelo gesto do professor em apontar para o campo de futebol nos fundos da escola associado à sua fala, como forma de ajudar os estudantes a estabelecer a relação do que é um campo e o conceito de campo magnético, considerando a semelhança de família entre os dois, ou seja, campo entendido como uma região do espaço. No caso de campo magnético é a região na qual um ímã manifesta sua ação e no campo de futebol a região retangular utilizada para práticas esportivas.

Por meio do diálogo o professor pode verificar se os estudantes estão compreendendo o que ele está tentando ensinar, ou seja, se estão compreendendo e seguindo as regras do jogo de linguagem utilizado. No episódio 1, desta aula, notamos que o professor faz referência ao campo de futebol, e observamos que o estudante E6 de imediato associa o termo “campo” a espaço e área, enquanto o estudante E2 faz a relação com o conceito de força. Dessa forma o professor começa a situar os estudantes no conceito de campo magnético, ou seja, introduz o estudante em um novo jogo de linguagem, possivelmente desconhecido para ele até o momento. Também, o professor deixa claro que há diferentes possibilidades de uso da palavra “campo”, mas que no contexto da Física ou da aula de Física, o termo “campo” será utilizado para identificar um conceito específico, neste caso, o de campo magnético gerado em um fio percorrido por corrente elétrica (abordado na sequência das aulas).

Nesse sentido, cabe destacar que, conforme Silveira (2008), o professor precisa

> [...] buscar no diálogo com o aluno, os sentidos que estão ausentes na linguagem codificada. Ele precisa conduzir o aluno a entrar no seu universo discursivo para que juntos compreendam os significados dados a cada palavra que compõe o texto escrito em língua Matemática. E aí reside à perspectiva dos jogos de linguagem, onde professor e alunos atribuirão sentidos aos objetos matemáticos, aos seus conceitos e às suas representações. (SILVEIRA, 2008, p.10)

Por meio do diálogo, professor e estudantes atribuem sentido a termos e/ou palavras, e, em outros episódios que estamos analisando, aos objetos matemáticos codificados na linguagem natural e matemática, que se referem a conteúdos ou conceitos, em diferentes contextos e que tem seu significado atrelado ao seu uso em determinada forma de vida. Ainda, cabe ao professor inserir o estudante no contexto ou forma de vida próprio da sala de aula, neste caso a aula de Física. Podemos observar esta ação do professor, ao exemplificar a interação entre forças a distância e/ou de contato, como segue no episódio 2:

> P: **Empurrar alguma coisa, puxar alguma coisa, levantar alguma coisa, esse processo que eu necessito estar em contato com o objeto para realizar uma força sobre ele e vice-versa**, a gente vai chamar isso de força de contato, **mas nem todas as forças**, elas **são de contato**. Por exemplo, a Terra, ela exerce uma força sobre a Lua, uma força que mantém a Lua em órbita. Qual é o nome dessa força que ela faz?
> E1: Gravitacional?
> P: É a força gravitacional. **A força gravitacional** é uma força que ela não é de contato, ela **é uma força** que ela **de ação à distância**. A Terra não precisa estar em contato com a Lua para realizar essa força. Da mesma forma se eu tivesse um átomo com o próton, o núcleo e um elétron girando, **o próton não precisa tocar no elétron para interagir com ele**, a interação entre eles não precisa de contato (...).
> (Episódio 2, A3)

Neste episódio o professor define o que é uma força de contato, utilizando o exemplo do empurrão. Alerta ainda que existe um outro tipo de força de interação, que acontece a distância, como a força gravitacional existente entre a Terra e a Lua por exemplo, e também a força eletromagnética existente no interior do átomo. Ao proceder desta maneira o professor insere o aluno em uma terminologia desconhecida e através de analogias com situações cotidianas, conhecidas, vai definindo os saberes necessários para o estudante poder significar os conceitos.

Nos episódios 3 e 4 o professor está no mesmo jogo de linguagem caracterizado pelo episódio 2, porém os conceitos que quer apresentar para os estudantes são distintos. No episódio 3 a principal intenção do professor é de mostrar para os estudantes que a força de interação gravitacional depende da distância entre os corpos que interagem, quanto maior for a distância, menor vai ser a força de interação, e quanto menor for a distância, maior será a interação, o que remete a ideia de proporção inversa, sentido já trabalhado nas aulas anteriores, ou seja, trabalhando com semelhanças de família.

> P: (...) Então a Lua está perto da Terra, logo a interação gravitacional da Terra com a Lua é grande. Agora, uma Lua de outro planeta está muito afastado da Terra, então a interação não é tão grande. **A gente vai ver que essa interação de ação a distância[31] em geral depende muito da distância**. Então a Terra está próxima da Lua, então a ação em distância entre as duas é maior do que, por exemplo, se elas estivessem mais afastadas. Então a gente vai ver que... **tem uma relação** dessas forças de ação a distância com a distância, **quanto mais próximos em geral maior a força**.
>
> (Episódio 3, A3)

No episódio 4, o professor fala sobre os ímãs e sua interação, que pode acontecer, tanto à distância quanto em contato. Relembra com os estudantes que os ímãs possuem dois polos (norte e sul) e que a interação entre dois ímãs depende da posição relativa entre os polos de um e de outro, isto é, ao aproximar polos diferentes, os ímãs irão se atrair, e ao aproximar polos iguais, os imãs irão se repelir.

> P: (...) Quando eu tenho dois ímãs, eles interagem com os outros, mesmo sem se tocar. Essa interação entre eles pode ser repulsiva ou atrativa de acordo como a gente estava aproximando os polos norte do sul, se eu aproximo o polo norte do sul, a interação é atrativa ou repulsiva?
>
> E1: Atrativa.
>
> P: É atrativa. (...) **Para nós, então, na Física, o campo vai estar bastante associado a uma força e principalmente força de ação a distância[32].**
>
> (Episódio 4, A3)

---

[31]Tratamento conceitual do termo “ação a distância” não adequado como já comentado na nota 30, no entanto, as falas do professor sobre ação a distância encontram-se num contexto de significação de novos termos e interpretação das formulas em que ele busca enfatizar que a intensidade do campo magnético gerado por corrente depende da distância.

[32]Idem a nota 31.

Cabe ressaltar que o professor acaba fazendo uso de semelhanças de família através de exemplos para definir o conceito de campo, relacionando o campo magnético, campo gravitacional e campo eletromagnético. No final do episódio 4, destaca que para a física o campo está associado a uma força e deixa claro aos estudantes ao qual conceito estará se referindo nas aulas de física.

O episódio 5 é caracterizado por um jogo de linguagem explicativo, a definição de campo magnético em um fio percorrido por corrente elétrica é apresentada aos estudantes, onde o professor faz uso de semelhanças de família com o campo gravitacional, campo magnético e campo elétrico, destacando a interação entre cargas elétricas (elétrons) e a sua movimentação.

> P: (...) A gente pode pensar, então, que **os fenômenos magnéticos estão relacionados com os fenômenos elétricos, que a carga elétrica é uma grandeza que vai constituir... tudo bem, essas palavras? Constituir os fenômenos magnéticos. Assim como a massa constitui os fenômenos gravitacionais, a carga elétrica agora vai ser para nós aquilo que vai constituir os fenômenos elétrico-magnéticos.** A carga elétrica é para o eletromagnetismo o que a massa é para a gravitação. Ela é a característica da matéria que vai produzir, por exemplo, o campo magnético, assim como a massa é a característica da matéria que vai produzir os campos gravitacionais. Tudo bem até aqui? (...) Por existir a corrente elétrica aqui, existia uma série de elétrons se deslocando dentro do fio. (...) Os elétrons, na realidade, eles íam do polo negativo para o polo positivo, era a corrente real, diferente da convencional. **Então os elétrons, eles iam se deslocando por aqui e esse deslocar acabava produzindo no fio um campo magnético, porque existia partículas carregadas em movimento.** (...)
>
> (Episódio 5, A3)

No episódio 6, que segue, o professor utiliza as relações de proporcionalidade relacionando-as com o conceito de campo magnético em um fio percorrido por corrente elétrica, onde mostra para os estudantes que para a modelização de uma equação que descreva o campo magnético os conceitos de inversamente proporcional e diretamente proporcional são utilizados simultaneamente.

> P: (...) As coisas que influenciam o campo magnético criado por um fio. A primeira que a gente viu foi a distância. (...) **Quanto maior a distância é menor o campo ou quanto maior a distância, maior é o campo**?
> E4: Quanto maior, menor.
> P: **Quanto maior a distância, menor é o campo. A distância, ela tem uma relação de proporcionalidade, aumenta um, aumenta o outro, ou de inversamente proporcional, aumenta um, diminui o outro**?
> E4: Inversamente.
> P: Inversamente. Então a distância, ela é uma coisa que está aparecendo na equação embaixo aqui de uma fração (...). **O que mais que influencia no campo criado pelo fio**?
> E4: **A intensidade**.
> P: A intensidade do quê?
> E4: **Do campo**.
> P: **Da corrente**.
> (Episódio 6, A3)

Na aula 3 o uso da linguagem verbal, mas com significados matemáticos e físicos, foi bem específico, com a utilização de termos e definições de conceitos físicos, e com a utilização do conceito de proporção na forma de um jogo “quanto maior... maior”, ou “quanto maior... menor”. Tal jogo já estava sendo desenvolvido pelo professor desde aulas anteriores, mas agora além das relações puramente matemáticas, está associado à construção da significação física da relação campo magnético/corrente elétrica.

Cabe destacar que está aula serviu para introduzir os estudantes em um outro jogo de linguagem, envolvendo conceitos e terminologias específicos da Física, tais como campo gravitacional, campo magnético, elétrons e interação entre forças, além de estabelecer relações entre esses termos (ou conceitos) e a definição de proporção estudada nas primeiras aulas, que é utilizada para a modelização da equação física que descreve um campo magnético, ou seja, sua significação associada ao uso de determinados jogos de linguagem.

Podemos observar que nesta aula, embora haja conceitos matemáticos associados aos conceitos físicos, utiliza-se apenas a linguagem verbal e não ainda a codificação formal matemática, o que será feito na aula posterior.

5.4 AULA 4 – CAMPO MAGNÉTICO EM UM FIO RETO

Nas três primeiras aulas identificamos os principais jogos de linguagem utilizados, que são: o jogo de linguagem de perguntas e respostas, caracterizado pelo professor fazer uma pergunta sobre o conceito e o estudante tentar respondê-lo; o jogo de linguagem associativo onde o professor através de analogias e associações com um conhecimento cotidiano do estudante possibilita a significação de um novo termo; e, o jogo de linguagem "maior...maior, maior...menor" que visa descrever as relações de proporção direta e inversa.

Assim na aula 4 o professor retoma o conceito de campo magnético visto na aula anterior, e começa a trabalhar a significação da relação campo magnético/corrente elétrica com base na equação física como pode ser observado no episódio 1, que segue:

> P: (...) **se eu aumentar** a intensidade da corrente elétrica, se eu fizer passar mais partículas carregadas mais rapidamente pelo fio, **maior vai ser** o campo magnético criado. Nós escrevemos isso da seguinte forma, **o campo magnético é igual:** $\boldsymbol{B = \frac{i \cdot \mu}{2\pi R}}$**, botamos a corrente na parte de cima da nossa fração.** Nós vimos que **o campo magnético também depende do meio**. O meio vai estar representado por um índice chamado "permeabilidade magnética", (...) essa permeabilidade, ela representa o quanto que o meio, ele é permeável, ele facilita a existência do campo magnético, quanto maior a permeabilidade, maior vai ser o campo magnético criado. Nós escrevemos a permeabilidade com uma letra grega chamada "μ" (...). E nós vimos que existe **uma relação de inversamente proporcional com a distância até o fio. (...)** A gente fala que **quanto maior a distância, menor o campo.** Logo a distância não vai aparecer na parte de cima da equação, quando aumenta, aumenta o campo, ela vai aparecer na parte de baixo. (...)

> **P:** E a gente vai descrever **a distância pela letra "R". O i para nós é a corrente elétrica, o μ é a permeabilidade magnética e o R é distância.** Essa equação aqui**,** ela está nos dizendo que **o campo magnético é maior quanto maior é a corrente, quanto maior é a permeabilidade magnética e quanto menor é esse R,** porque quanto maior for a corrente, a permeabilidade, maior vai ser esse valor de cima, e quanto maior for o R, menor vai ser o valor total.
>
> (Episódio 1, A4)

Podemos notar que o jogo de linguagem "maior... maior, maior...menor" tem um destaque no episódio, pois é usado para atribuir sentido à fórmula do campo m magnético percorrido por corrente elétrica. Assim os trechos em negrito destacam que o professor está utilizando os conceitos de proporcionalidade abordados nas aulas 1 e 2, para apresentar a equação do campo magnético para os estudantes ao mesmo tempo em que relaciona cada símbolo com o conceito físico que ele representa. O professor escolheu relembrar aos estudantes este conteúdo de matemática antes de tratar de uma situação física, considerando que este estabelecimento posterior de relações entre o conceito matemático de proporção e sua aplicação na composição da equação que relaciona diferentes grandezas em uma fórmula física, poderia ser facilitado, considerando as semelhanças de família destes jogos de linguagem.

Podemos dizer que com a ideia de proporcionalidade evidenciada da forma como o professor fez, possibilitou aos estudantes perceberem, e significarem, que o campo magnético varia em função da distância, da permeabilidade magnética do meio, e da corrente elétrica que percorre o fio condutor, além de associarem cada letra dessa equação a um desses três conceitos físicos, tendo como base para isso, as relações matemáticas de proporção.

Assim, é possível compreender que a intensidade do campo magnético varia de maneira direta na mesma proporção em que a intensidade da corrente elétrica e da permeabilidade do meio em que o fio estiver inserido, ou seja, se a corrente elétrica e/ou a permeabilidade do meio aumentarem, a intensidade do campo magnético também aumentará. Com relação à distância do ponto em que se está medindo o campo magnético ao fio percorrido por corrente elétrica, entende-se que a variação do campo magnético acontece de maneira inversamente proporcional, ou seja, quanto mais distante do fio, menor será o campo magnético naquele ponto escolhido.

Neste episódio observamos que o professor está dando continuidade ao jogo de linguagem que faz uso das relações matemáticas de proporção já iniciado nas aulas anteriores, ou seja, continua explorando as regras das relações proporcionais com o jogo "quanto maior…maior", "quanto menor…menor", "quanto maior…menor". No entanto, nas primeiras aulas este jogo aparecia como explicação da regra da proporção, evidenciando a linguagem e as relações matemáticas, e agora está mesma regra é utilizada pelo professor nas relações entre as variáveis da situação física. Observa-se dessa forma que o professor faz uso das semelhanças de família entre estas diferentes situações para estabelecer relações entre o jogo utilizado nas primeiras aulas, prioritariamente matemático, e o jogo utilizado agora, prioritariamente físico.

No episódio 2, a seguir, podemos observar a fala do professor ao retomar a ideia de como criar um campo magnético e quais as variáveis envolvidas nesse processo:

> P: (…) a gente estava discutindo sobre como é possível criar um campo magnético. **A gente viu que um campo magnético é criado quando existe uma partícula carregada em movimento**, então se eu tenho partículas com carga tal, como elétrons em movimento, isso cria um campo magnético. (...) como por exemplo a bateria... sendo o polo positivo dela ligado ao polo negativo por um fio, nesse fio vai circular uma corrente elétrica, que vai do polo positivo ao seu polo negativo, essa corrente elétrica vai criar nessa região próxima do fio um campo magnético, esse campo vai ser responsável por criar o que a gente vai chamar de forças magnéticas. As mesmas forças que um imã produz.... Então nós vimos que um ponto distante do fio vai ter um campo magnético que depende de três coisas**. Vocês lembram quais são as três coisas da qual depende um campo magnético B?**
> **E1: Distância, corrente elétrica e permeabilidade magnética**.
>
> (Episódio 2, A4)

Neste episódio, o professor trata do exemplo de um fio condutor conectado aos polos de uma bateria, relembrando que a movimentação de cargas elétricas gera um campo magnético ao redor do fio. Essa relação entre a eletricidade e o magnetismo foi comprovada pelo experimento realizado pelo físico Hans Christian Oersted (1777-1851), ao observar que a agulha de uma bússola defletia do norte magnético, quando esta estava próxima de um fio conectado a uma bateria. Quando o circuito era interrompido, ou seja, o fio era desconectado da bateira, a agulha voltava a apontar para o norte magnético. Essa observação levou-o a concluir que uma corrente elétrica ao percorrer um fio gera um campo magnético ao seu redor.

Este experimento foi citado pelo professor durante a aula 3 para apresentar o conceito de campo magnético gerado por corrente elétrica. Consideramos que o professor poderia ter construído o experimento juntamente com os estudantes, para que pudessem observar a mudança de orientação da bússola, quando o fio estivesse sendo percorrido por corrente elétrica. Outra possibilidade seria a utilização de uma simulação, com a possibilidade de alteração das variáveis de dependência que influenciam no campo magnético, podendo observar diferentes resultados conforme os valores das variáveis escolhidas. Estas duas opções de apresentar o conceito de campo magnético sugeridas, usando um experimento ou uma simulação, seriam dois jogos de linguagem diferentes ao que o professor realizou em sua aula, e embora apresentam semelhanças entre eles, são três maneiras distintas de se apresentar o mesmo fenômeno físico.

O professor utilizando o jogo de linguagem da explicação do fenômeno deixou a cargo da abstração do estudante em compreendê-lo. Se tivesse optado por utilizar outros jogos de linguagem, mais demonstrativos ou visuais (como os sugeridos), possibilitaria aos estudantes conhecer o mesmo fenômeno de outras formas e atribuir significado a ele, para além da compreensão das relações de proporcionalidade e representatividade de cada variável envolvida no cálculo do campo magnético. Lembramos que o professor, nas primeiras aulas, utilizou-se do exemplo da confecção dos bolos para os habitantes de uma cidade, e embora não tenha realizado um experimento ou uma demonstração visual, a situação apresentava semelhanças com as situações vividas pelos estudantes no cotidiano, o que colaborou para a compreensão do jogo de linguagem utilizado.

Continuando a aula 4 o professor ressalta a importância de como deve-se ler uma equação física, o que cada símbolo da equação significa, e o que cada variável representa fisicamente. Quando o professor tem esse tipo de atitude dizemos que está inserindo o estudante em outro jogo de linguagem, que, nesse caso, tem como objetivo mostrar ao estudante como fazer uso das regras de leitura de equações e quais os significados das letras (variáveis). Assim, a equação é entendida como um objeto a ser descrito ou compreendido para além do seu caráter operacional, como podemos observar no episódio 3:

> P: (...) A leitura que a gente faz dessa equação é: o campo magnético depende de 3 coisas - da corrente elétrica, do meio e da distância até o fio. É assim que a gente lê essa equação. Eu posso ler também como: $B = \frac{i \cdot \mu}{2\pi R}$, mas eu posso ler que o campo magnético depende de 3 coisas. **São maneiras diferentes de a gente ver a mesma coisa.** Eu posso fazer a leitura como se fosse só ler as letras, ou posso já ir interpretando o que isso está me dizendo. (...), **o que significa cada símbolo daquela equação?** O que significa o B?
>
> (Episódio 3, A4)

No episódio acima notamos a preocupação do professor em situar o contexto onde os símbolos matemáticos das equações são empregados e lidos, a fim de possibilitar que os estudantes entendam os diferentes significados de acordo com o modo que são utilizados. Mostra a eles como se deve ler as equações Matemáticas para que possam compreender a situação física, explicitando dessa forma, algumas das regras desse jogo de linguagem, ou seja, deixa claro que para calcular a intensidade do campo magnético gerado em um fio reto percorrido por corrente elétrica, é necessário saber a intensidade da corrente elétrica, o meio em que o fio está inserido e a distância entre o fio e o ponto onde se quer identificar o campo.

Dessa forma, o estudante precisa perceber que a fórmula não é só composta por letras, números e/ou símbolos, mas, além disso, que cada um desses símbolos representa uma grandeza que a ele está associada, e que a relação entre estas diferentes grandezas, possibilita a identificação do módulo do campo magnético em um determinado ponto escolhido.

Para Wittgenstein (2013), o significado só pode ser atribuído através do uso que se faz dentro de um determinado jogo de linguagem, podemos dizer que até este momento do conjunto de aulas o professor fez uso de alguns jogos de linguagem tais como: o jogo de linguagem onde a analogia é predominante, um jogo de perguntas e respostas, um jogo das relações de proporção - “quanto maior… maior”, um jogo de linguagem gestual que é a maneira que o professor se movimenta e gesticula em sala entre outros jogos que estão interligados entre estes citados, porém os estudantes “jogaram” pouco. Dessa forma uma maneira que permite aos estudantes “jogarem” mais efetivamente com o professor é no momento de uma resolução de exercício em conjunto com o mesmo, como segue no episódio 4[33]:

> P: (...) **determine o valor do campo magnético B situado no ponto P. Adote $\mu=4\pi10^{-7}$T.m/A para a permeabilidade magnética. Então nós temos aqui o nosso desenho**. (…)
> (…)
> P: (…) Quais eram as três coisas que dependia o campo magnético?
> E1: **Distância, corrente elétrica e permeabilidade magnética**.
> P: Da distância, da corrente elétrica e da permeabilidade magnética. A gente viu que o campo magnético pode ser escrito como a corrente elétrica vezes a permeabilidade (...) **quer dizer que ele aumenta quando esses dois aumentam**, dividido pela distância. Mas existe um fator de proporcionalidade, uma constante que é o nosso 2π, essa era a nossa equação. Ok. Essa é a equação, então, que relaciona o campo criado com suas variáveis. Vamos agora determinar qual é o valor de cada uma das variáveis para essa situação que a gente está analisando? Qual é o valor da corrente elétrica?
> E1: 20. (...)
> P: Ok. Eu vou escrever, então, que a corrente elétrica i é igual a 20 amperes dessa forma. Isso fica claro? Tudo bem eu escrever i = 20? Ok. Quanto é que vale a permeabilidade magnética do meio? (...) $4\pi \times 10^{-7}$ T.m/A. (…) Essa unidade aqui, ela está relacionada com três coisas. Com o campo magnético, com a distância em metros e com a corrente em amperes**. E qual é o valor da distância do ponto P até o fio?**
> **E5: 0,05.**

[33] O desenho citado pelo professor no episódio 4, pode ser visualizado na descrição do planejamento da aula 4, no capítulo 4 deste trabalho (p.43) e também no Anexo F.

> **P: Em centímetros, quanto vale? 5 centímetros.**
> **(…)**
> **P: Como "Estudante 5" já estava falando, ele não queria usar o R igual a 5, ele queria usar o R igual 0,05, por quê?**
> **E3: Porque está em metros na fórmula.**
> **P: Por que que está em metros?**
> **E3: Porque senão não dá certo, né?**
> (Episódio 4, Aula 4)

O episódio 4, apesar de um pouco extenso, ilustra a maneira como os estudantes estão "jogando" o jogo de linguagem de perguntas e respostas e aparentemente conseguiram atribuir significados as variáveis da fórmula do campo magnético quando respondem prontamente o valor de cada uma delas. O trecho destacado em negrito evidencia que o estudante E5 fez a relação de conversão entre as diferentes unidades de medida, pois percebeu que não poderia utilizar o valor de 5 centímetros diretamente na fórmula para encontrar o valor do campo magnético no ponto P, considerando que as demais medidas estavam com as unidades em metros (unidade padrão de medida de comprimento) e não em submúltiplos do metro.

Observamos desta forma, que o estudante E5 já apresentava um conhecimento prévio, e, por semelhança de família entre esta situação e outras que já havia resolvido anteriormente, percebeu a necessidade de realizar a conversão de unidades para chegar ao resultado pretendido, sem que o professor tivesse que alertá-lo para tal.

A aula 4 foi marcada por episódios que possibilitaram ao professor evidenciar como a equação do campo magnético gerado por corrente elétrica é composta, quais as suas dependências e variâncias, além de mostrar aos estudantes as possibilidades de fazer a leitura desta equação compreendendo o significado e as representações de cada variável. Além disso, retomou as relações matemáticas de proporcionalidade, agora relacionadas à uma situação física – o cálculo do campo magnético gerado em um fio percorrido por corrente elétrica, em um determinado ponto distante do fio.

No entanto, destacamos que o professor, embora tenha retomado rapidamente as relações de proporção, não utilizou o jogo de linguagem da proporcionalidade, que poderia ter sido evidenciado nesta situação do episódio 4, relacionando com as aulas anteriores, explorando mais a interpretação da fórmula enquanto objeto de leitura e não apenas para se colocar dados e achar o resultado de um exercício. Dessa forma, afastouse um pouco do trabalho com a linguagem matemática e física em todo seu potencial.

5.5 AULA 5 – FORMAS DE REPRESENTAÇÃO NUMÉRICA

Na aula 5 o professor se propôs a trabalhar com os estudantes a conversão de unidades e formas de representar um número, com o intuito de inserir os estudantes na forma de escrita numérica característica das aulas e dos livros de Física. Para isso retomou algumas propriedades de potenciação e potências de base 10. Estes três tópicos citados trabalhados nessa aula são de grande importância para o entendimento de como significar e operacionalizar os cálculos envolvidos no estudo de campo magnético em um fio percorrido por corrente elétrica.

O primeiro episódio que destacamos nesta aula é uma situação onde o professor retoma juntamente com os estudantes os conceitos de proporcionalidade trabalhados nas aulas 1 e 2, porém agora evidenciando as relações de proporcionalidade na fórmula do campo magnético, como segue o episódio 1:

> P: Na situação que a gente tem aqui, ***B*** **é diretamente proporcional à permeabilidade magnética,** ele **é diretamente proporcional a corrente elétrica e é inversamente proporcional à distância até o fio**. É isso que a situação que nós estávamos falando, ela mostra isso quando coloco o µ e o *i* acima e o R na parte de baixo da nossa fração. Esse 2π aqui é nossa constante de proporção, (...).Temos então ali três valores que variam e uma constante, assim nós definimos a nossa equação.
>
> (Episódio 1, A5)

Podemos observar que no trecho destacado o jogo de linguagem presente é diferente daquele da aula 1 e 2, porém os conceitos de proporcionalidade aparecem em ambas as situações, este é um exemplo de semelhanças de famílias entre jogos de linguagem aos quais Wittgenstein (2013) se refere.

No episódio 2, a seguir, o professor evidencia as formas de escrita numérica ou representação de um número e a necessidade da conversão adequada das unidades de medida para um mesmo sistema representativo. Saber fazer as conversões de unidade é importante para que o estudante possa significar as diferentes grandezas envolvidas nos fenômenos físicos.

P: (...)a gente vai precisar substituir os valores na fórmula, mas nós vamos precisar descobrir quanto vale o raio em metros. Como é que vocês fariam para transformar aquele valor 5 centímetros para metros?
E1: Dividia por cem.
P: Dividiria por cem. **Como é que vocês podem reescrever cinco dividido por cem?**
E2: Cem sobre cinco, não sei.
E1: Cinco sobre cem.
P: Cem sobre cinco ou cinco sobre cem?
E1: Cinco sobre cem.
P: Cinco sobre cem. Cem sobre cinco daria também?
E2: Eu acho que sim.
P: Se eu escrevesse cinco (...)
E3: O resultado daria diferente.
E1: Vinte.
P: Cem sobre cinco é igual a quanto?
E1: Vinte.
P: Vinte. Cinco centímetros é igual a vinte metros?
E2: Não.
P: Aqui vai dar?
E4: Zero
P: Zero. Zero o quê?
E4: Zero vírgula zero cinco.
P: Zero vírgula zero cinco ou zero vírgula cinco?
E4: Zero cinco. (...)
P: Exatamente, 0,05. **Mas tem uma outra forma de escrever também cinco dividido por cem?**
E2: Tem, é dez menos dois.
E1: Cinco vezes dez menos dois. (...)
P: Cinco vezes dez na menos dois? Algo como isso daqui?
E1: É.
P: Mas aqui eu estou escrevendo a divisão como se fosse uma multiplicação. Não é?
E1: Mais é porque daí tem o expoente negativo.
P: É porque aqui tem o expoente negativo, expoente negativo significa o quê?

> E: É como se fosse tu inverter o dez para baixo, ficava 1/10.
>
> (Episódio 2, A5)

Observamos que neste episódio o estudante E1 responde corretamente a maneira de se converter centímetros para metros e apresenta duas maneiras distintas de escrever este número: uma como 0,05 metros e a outra como $\frac{5}{100}$ metros, porém o estudante E2 compreende o que o professor propôs, mas sua resposta não está adequada pois não segue as regras corretas da divisão matemática.

Também, a utilização do termo “sobre” indica a necessidade de compreender que é uma divisão representada na forma de uma fração em que o número de “cima” é o dividendo e o de “baixo” é o divisor. Se o estudante não entende essa regra e/ou domina a técnica da divisão, não consegue seguir adequadamente o jogo de linguagem utilizado e consequentemente não conseguirá resolver o exercício corretamente (como é o caso da resposta do estudante E2). Assim, compreender as regras e utilizá-las de maneira adequada dentro do contexto é a maneira de entender e por consequência significar o conceito estudado, conforme Wittgenstein:

> Seguir uma regra, fazer uma comunicação, dar uma ordem, jogar uma partida de xadrez, são *hábitos* (usos, instruções).
> Compreender uma frase significa compreender uma língua. Compreender uma língua significa dominar uma técnica. (WITTGENSTEIN, 2013, IF 26, p.28)

Neste sentido queremos dizer que os estudantes necessitam dominar as técnicas matemáticas e a linguagem para poder utilizá-las corretamente quando preciso, pois, no final do episódio destacamos que a maneira utilizada pelo estudante E2 para se referir à representação do número na base 10, no caso, 10^{-2}, é errônea, pois escreve e/ou fala “10 – 2”. Estas duas representações configuram operações matemáticas distintas, ou seja, “10^{-2}” se refere à representação de um número utilizando uma potência de base 10 (que poderia ser representado também em sua forma decimal), enquanto “10 – 2” caracteriza uma operação matemática de subtração de números inteiros. Além disso, 10^{-2} equivale, em uma representação decimal, a 0,01, enquanto a subtração “10 – 2” tem como resultado o número 8. Assim, o estudante E2 estaria parcialmente inserido neste jogo de linguagem, pois segue a regra de potências de maneira equivocada. Desta forma o professor poderia ter alertado este estudante que ele não estava usando as operações como deveria, é poderia ensiná-lo a usar da maneira correta.

A aula 5 foi marcada por episódios onde o professor juntamente com os estudantes resolvem um exercício, sem utilizar os jogos anteriormente trabalhados. Durante esta resolução o professor utiliza uma linguagem característica da física quando descreve e fala dos fenômenos e conceitos (campo magnético, permeabilidade, corrente, etc.) e da linguagem matemática quando operacionaliza os cálculos para chegar na resposta do exercício. A quantidade de termos, propriedades e conceitos matemáticos presentes nessa aula foi significativa uma vez que grande parte da aula foi dedicada à exposição e ou revisão de formas de se expressar ou representar um número, propriedades matemáticas, e conversão de unidades de medidas para realização dos cálculos.

5.6 AULA 6 – GRANDEZAS VETORIAIS

Na aula 6 o professor retomou conceitos trabalhados nas aulas anteriores e a partir dessa revisão iniciou o estudo sobre grandezas escalares e vetoriais, vinculando essas grandezas ao conceito de campo magnético gerado por corrente elétrica. Esta abordagem sobre vetores e grandezas vetoriais constitui-se em mais um elemento para a significação da relação campo magnético/corrente elétrica.

No primeiro episódio que destacamos nesta aula o professor questiona os estudantes sobre o que é um vetor e diz como este é representado na física, como segue:

P: (...) O campo magnético, nós vamos ver, ele é uma grandeza vetorial e aí eu pergunto (…): **O que é para vocês uma grandeza vetorial ou um vetor**? O que é um vetor? (...) O que lembra vocês a palavra vetor?
E3: Uma reta.
P: Uma reta. Ok. O que mais lembra vetor?
E4: Tem algo a ver com espaço? (...)
E5: Direção. (...)
E6: Força.
P: Força. (...) quando a gente pensa num vetor, como que é um vetor? Um vetor ele é normalmente **representado na física por uma seta**. (...)

(Episódio 1, A6)

Observamos que a fala do professor destacada é incompleta, no sentido de não explicar que vetor é um ente matemático constituído de módulo, direção e sentido e que na física é utilizado para representar as grandezas vetoriais, como por exemplo, velocidade, deslocamento, campo magnético e outras grandezas, que necessitam, além do valor (módulo) também a orientação (direção e sentido) para serem compreendidas ou identificadas. Assim, destacamos que essa fala do professor pode causar nos estudantes uma certa confusão na inserção dos mesmos neste jogo de linguagem de termos físicos e matemáticos, caso não fique claro que embora possuam semelhanças de família, são conceitos diferentes.

Após falar sobre a forma de representação dos vetores, o professor fala sobre as grandezas vetoriais, como pode ser observado no episódio 2:

P: (…) Quando a gente fala, por exemplo, em força, carga elétrica, campo elétrico, intensidade da corrente elétrica, essas coisas nós chamamos de grandezas físicas e existem dois tipos diferentes de grandezas físicas: as escalares e as vetoriais. As grandezas escalares elas são completamente caracterizadas por um número depois de uma unidade. Por exemplo: se eu falasse para vocês que a minha massa é de 90 quilogramas. (...) Vocês têm a informação completa de qual é minha massa.
(...)
P: **Quando eu tenho grandezas que eu consigo dar a informação completa** delas **só escrevendo um número seguido de uma unidade, eu falo que essas grandezas** elas **são escalares.** Mas algumas grandezas não são como essas aqui. Se eu falasse, por exemplo, para vocês que eu andei 10 metros.
(...)
P: (...) Essas grandezas que precisam de mais alguma informação como o deslocamento, força e velocidade elas são chamadas de vetoriais. (…) qual é a intensidade delas - se é 10 metros, 80 km/h ou 10 newtons, eu preciso dizer para onde elas apontam. Então, nós podemos dividir **as grandezas físicas são de dois tipos: escalares que só precisam de um número com a unidade e as**

> **vetoriais que precisam do número com unidade mais a informação do (...), para onde elas apontam (...).**
>
> (Episódio 2, A6)

Observamos que neste episódio o professor define com os estudantes o que são grandezas vetoriais, fazendo uso do conhecimento dos estudantes de termos (unidades) já conhecidas por eles, evidenciados por meio dos exemplos que relacionam o conceito de grandezas escalares e/ou vetoriais a situações cotidianas, como a massa ou peso de uma pessoa, e um deslocamento realizado.

Prosseguindo com a aula e aprofundando a significação de grandeza vetorial o professor aborda com os estudantes sobre a orientação dessa grandeza. Para isso novamente faz uso de fatos cotidianos dos estudantes como descrito no episódio 3, a seguir:

> P: (...) **Uma grandeza vetorial além de ter o módulo ela também terá uma direção e um sentido**, mas o que é uma direção e um sentido?
> E6: **É, tipo, direita, esquerda, pra cima, pra baixo**. (...)
> P: Direita, esquerda, pra cima e pra baixo. Tem alguma diferença entre direita e horizontal? Qual é a diferença entre eu falar pra direita ou eu falar na horizontal?
> E5: **Na horizontal pode ser para qualquer um dos dois lados. Pra direita é pra direita**. (...)
> P: Se eu falasse pra vocês: na vertical e pra baixo. Tem diferença?
> E5: Sim.
> E3: Sim.
> E7: Vertical pode ser pra cima também.
> P: (…) A gente vai observar, então, que existe uma diferença entre eu falar horizontal e falar pra direita. (...) Cada direção tem sempre dois sentidos. **Então, quando a gente vai caracterizar um vetor... caracterizar a grandeza vetorial nós vamos precisar dizer qual é o módulo daquela grandeza vetorial, qual é a direção daquela grandeza vetorial e qual é o sentido daquela grandeza vetorial**.
>
> (Episódio 3, A6)

O episódio 3 serve de exemplo para reforçar a ideia de introduzir um significado novo a partir do uso de um sentido já conhecido, ou seja, através das semelhanças de família entre os jogos de linguagem.

Pensamos que, o professor poderia definir o que é um vetor matematicamente, fazendo uso dos conhecimentos prévios dos estudantes sobre módulo, direção e sentido como fez no episódio 3 e depois dizer que o conceito do vetor pode ser utilizado para definir as grandezas vetoriais, mudando assim a ordem da sua proposta de aula, possibilitando uma significação mais adequada, sem ter a chance de confundir o estudante sobre o que é um vetor e o que são grandezas vetoriais.

Onde o vetor é um objeto matemático que cumpre as propriedades de um espaço vetorial, podendo ser uma função, uma matriz e até mesmo o conjunto de segmentos orientados de reta que têm o mesmo módulo, direção e sentido, a sua representação geométrica é dada por um segmento de reta orientado, com origem em um ponto A e extremidade em um ponto B, além disso, o comprimento desse segmento representa o módulo do vetor, já as grandezas que, além do valor numérico e da unidade de medida, necessitam de uma direção e um sentido para que fiquem perfeitamente definidas são chamadas de grandezas vetoriais.

Assim podemos dizer que os jogos de linguagem utilizados para definir o que são as grandezas físicas está muito próximo daqueles utilizados nas aulas 1 e 2 onde o professor através do exemplo do bolo trabalha com os estudantes o conceito de proporção. Estes dois jogos de linguagem possuem semelhanças de família entre si. Assim, as aulas 1,2 e 6 têm uma mesma função, ou seja, inserir os estudantes em jogos de linguagem que são bases para a significação do conceito de campo magnético gerado por corrente elétrica.

5.7 AULA 7 – VETORES E CAMPO MAGNÉTICO

Iniciando a aula 7, o professor coloca a seguinte situação, conforme o episódio 1, a seguir:

> P: Na aula de hoje, nós vamos falar então, sobre campo magnético, especificamente a gente vai começar a falar agora sobre **vetor campo magnético, direção e sentido** desse vetor. Na última aula, a gente tinha visto **a direção e sentido do vetor campo magnético num ímã**. A gente viu que um ímã tem um polo norte e um polo sul. E do

> polo norte nós podemos falar que saem linhas de campo magnético. Essas linhas elas **saem do polo norte em direção ao polo sul**, fazendo trajetórias tipo essa daqui. Quando eu olho uma linha dessa **eu posso pegar um ponto dessa linha e desenhar uma reta tangente a esse ponto**. **Naquele ponto ali, o campo magnético tem a direção e o sentido dessa reta que tá aqui**. Ele tem a direção dessa reta, e o sentido da linha.
>
> (Episódio 1, A7)

Destacamos que no episódio 1 o professor através de um jogo de linguagem associativo faz a conexão entre o conceito de campo magnético gerado por corrente elétrica e o conceito matemático de vetor, relacionando com a direção e sentido das linhas de campo magnético em um ímã. Há também outro jogo de linguagem que está associado à ação do professor desenhar uma figura no quadro para dar sentido a sua explanação e assim facilitar o entendimento do conceito.

Continuando com a definição dos elementos básicos para a significação do campo magnético o professor faz a seguinte fala, destacada no episódio 2:

> P: Bom, eu perguntei pra vocês qual era a direção e sentido que vocês achavam que o campo tinha naquele ponto “B”. E bem, eu falei pra vocês, (…) que o campo naquele ponto “B” ele seria perpendicular ao fio. Lembram que eu utilizei a palavra “perpendicular” na última aula? (…) **Vocês lembram o que significa o termo “perpendicular”? Na matemática? (…)**
> **E4: Duas retas que formam noventa graus**.(...)
> P: (...) um quadrado, ele é uma figura bastante famosa, bastante comum. Isso daqui é um quadrado. (...) **Esse ângulo aqui formado entre os dois lados de um quadrado, nós chamamos do ângulo de noventa graus, ele é um ângulo reto**. Nós falamos que um ângulo reto é um ângulo de noventa graus. Se duas retas são perpendiculares quer dizer que elas formam entre si um ângulo de noventa graus. Essas duas retas aqui, por exemplo, elas são perpendiculares (...). Tudo bem a ideia de “perpendicular”?
>
> (Episódio 2, A7)

No episódio 2, o professor relembra o estudo realizado no final da aula anterior quando falou sobre o termo “perpendicular”, e solicita que os estudantes falem sobre o significado deste termo, no contexto da matemática. Nota-se que o estudante E4 responde corretamente a definição de perpendicular do ponto de vista matemático, porém sua resposta poderia ser acrescida da palavra “ângulo” antes do “noventa graus”, de modo a deixar claro o contexto à que está se referindo. Na sequência o professor complementa a ideia iniciada pelo estudante E4, utilizando o exemplo da figura de um quadrado, referindo-se a um de seus vértices como o encontro de duas retas que são consideradas perpendiculares pois formam um ângulo de noventa graus entre elas.

O primeiro jogo presente no episódio 2 é aquele marcado por perguntas e respostas que já citamos em outras aulas, e que percebemos ser um jogo de linguagem recorrente nas aulas analisadas. Dentro desse jogo de linguagem de perguntas e respostas, o professor utiliza como exemplo uma figura geométrica, explicitando as semelhanças de família entre os lados e vértices de um quadrado e a intersecção entre duas retas perpendiculares, para relembrar aos estudantes os conceitos de perpendicular e ângulo de noventa graus. Esses conceitos matemáticos constituem a base conhecimento para que através de semelhanças os estudantes possam compreender o conceito de vetor e fazendo uso deles possam associar que o campo magnético é uma grandeza vetorial e sua direção é perpendicular às linhas de campo do campo magnético gerado em um fio percorrido por corrente elétrica.

Essa ação de utilizar objetos, como a figura de um quadrado, as linhas de campo, entre outros objetos já conhecidos pelos estudantes, como sendo uma referência para compreensão de um novo conceito, ou seja, utilizar objetos concretos ou cotidianos para significar um conhecimento matemático é apontado por Pinto (2009) como algo positivo, desde que o professor tome cuidado para que o estudante não compreenda apenas o objeto e sim o conceito. Nesse sentido, o autor alerta que ao se utilizar “objetos concretos” em aulas de matemática:

> […] corremos este “risco” de aproximar de modo equivocado abstração e concretude, idealização/metáfora e “realidade” física, pois ao falarmos de certos objetos/concretudes, estamos propiciando a nossos alunos produzirem significados para estes objetos/concretudes e não

> para os “objetos da matemática” (em direção aos quais queremos conduzi-los). (PINTO, 2009, p. 92)

Os professores de matemática e física cujo objetivo em suas aulas é definir/construir conceitos matemáticos e/ou físicos, mesmo que tendo como base uma situação ou elementos concretos, precisam estar atentos para que os estudantes consigam compreender o conceito, e não só a associação com o objeto concreto, ou seja, que os estudantes também consigam realizar a significação do conceito abstrato.

De acordo com Wittgenstein (2013), a significação da palavra é atribuída pelo uso em um determinado jogo de linguagem, e o professor ao usar um objeto concreto para construir um conceito abstrato também está usando um jogo de linguagem que poderá servir para a significação deste conceito.

Seguindo a aula, é realizado o esclarecimento acerca da direção e sentido dos vetores como visto no episódio 3:

> P: Agora vamos pensar essa **ideia de perpendicular aplicada a vetores**. (...)que eu tenho um vetor aqui, e que eu tenha um outro vetor, por exemplo, aqui. Um **desses vetores,** ele **é vertical pra cima. O outro desses vetores,** ele **é horizontal pra direita.** Eu posso falar que **esses vetores são perpendiculares?**
> E2: Sim.
> P: Posso. **Da mesma forma que eu posso falar que as retas são perpendiculares, esses vetores são perpendiculares**. Vocês podem observar que, não necessariamente esses vetores estão se tocando ali, o ponto de origem deles não é necessariamente o mesmo. (...) mas mesmo nessa situação, eu poderia observar que se eu prolongasse aqui eles, eles formariam um ângulo de noventa graus. Então esses dois vetores eles são perpendiculares. A gente vai imaginar aqui, que seguindo a corrente elétrica, existe uma espécie de vetor. Nós vamos ver que a corrente elétrica mais tarde, ela não é uma grandeza vetorial, mas a corrente elétrica ela tem um sentido. A gente vai imaginar que a direção que a gente vai utilizar é a direção desse fio.
>
> (Episódio 3, A7)

O professor dá a indicação sobre a direção e o sentido de dois vetores, através de um desenho[34], questionando se poderiam ser considerados perpendiculares, ao fazer isso mostra que a regra que é válida para a situação das retas, também é válida para os vetores, ou seja, é a aplicação de uma regra em um contexto diferente, que compõe um jogo de linguagem, mas está associada a outro jogo por semelhanças de família, através de uma regra em comum.

O episódio 4, a seguir, merece um destaque pois vincula um jogo de linguagem gestual caracterizado pela maneira como o professor e estudantes interagem, por exemplo, através de gestos, movimentos, expressões, do uso da própria linguagem oral e escrita, etc., e que está presente em quase todas as aulas, pois acopla um símbolo gestual a uma maneira de identificar e/ou memorizar um ente físico-matemático, como observa-se:

> P: (…) para **fazer a regra da mão direita, vocês terão que utilizar a mão direita de vocês. A ideia da regra da mão direita é a seguinte: o dedão de vocês vai ter que estar no sentido da corrente elétrica**.
> E5: **Pedindo carona**.
> P: Como que pedindo carona. É a corrente elétrica que vai mandar se os vetores vão sair ou se eles vão entrar. Só que tem uma coisa: quando eu boto aqui o meu dedo "pedindo carona", os meus outros dedos vão dizer se o vetor é, por exemplo, saindo do quadro, ou se ele é, por exemplo, entrando no quadro. Notem que na parte de cima aqui, os meus dedos estão como algo saindo do quadro.
> (Episódio 4, A7)

A regra da mão direita, também conhecida como Regra de Fleming, recebe esse nome devido a seu criador, o engenheiro elétrico, John Ambrose Fleming (1849-1945), no ano de 1890 na Inglaterra, é uma regra mnemônica[35] e é útil para auxiliar os estudantes a memorizar e/ou

---

[34] Não tivemos acesso aos desenhos que o professor fez em sala de aula, pois nosso material de pesquisa foi constituído somente dos planos de aula e das áudio-gravações do desenvolvimento das mesmas.

[35] Regras tipicamente verbais e/ou gestuais utilizadas para a memorização de fórmulas. Nada mais é que uma forma simples de memorizar ideias ou conceitos mais amplos e/ou complexos. Baseia-se no princípio de que a

identificar componentes das relações entre direção de fluxo de corrente, movimento e campo magnético, como no nosso caso (VERMA, 2011).

Voltando ao episódio destacamos que o professor ao "jogar" esse jogo de linguagem, explicita as regras do mesmo estabelecendo uma relação/associação da linguagem verbal com a gestual, possibilitando ao estudante uma maior compreensão da regra deste jogo e por consequência a significação do conhecimento físico trabalhado. Observamos também que o estudante E5 fez uma associação para memorizar a regra de mão direita a outro gesto já conhecido por ele, o de "pedir carona", mostrando que está a "jogar" o jogo gestual.

Pode-se dizer que este jogo gestual faz parte de um jogo mais amplo - o jogo aula de física, pois os gestos variados presentes na aula possuem usos diferenciados, portanto significados diferenciados, que apoiam diálogo entre professor e alunos (PINTO, 2009). Dessa maneira podemos dizer que esse jogo mais amplo da aula de física pode ser compreendido como uma forma de vida (WITTGENSTEIN, 2013), ou seja, o contexto maior a que estão ligados todos os jogos de linguagem utilizados.

Avançando na ideia de identificar a orientação do vetor campo magnético em um fio reto percorrido por corrente elétrica, desenhado horizontalmente no quadro, o professor utiliza a regra da mão direita e mostra com o desenho de um "Xis" ou de uma "bolinha" como fica a orientação desse vetor (entrando ou saindo), como observado no episódio 5:

P: É. Agora se eu tivesse olhando ela assim de fora, como se ela tivesse saindo naquela direção. Eu veria as peninhas dela. (…) Eu tenho uma bolinha e duas peninhas, seria alguma coisa, mais ou menos como isso daqui ó. Tranquilo? Supondo que as peninhas estão cruzadas em X. **Quando nós vemos um vetor que ele tá entrando no quadro, a gente vai falar que é uma coisa assim. Mas quando a gente vê que ele tá saindo do quadro, a gente vai desenhar ele como uma coisa assim**. **Meu dedão vai tá no sentido da corrente elétrica**. Na parte de

mente humana tem mais facilidade de memorizar algum dado quando estes estão associados a informações pessoais. Adaptado de https://pt.wikipedia.org/wiki/Mnem%C3%B3nica#Liga.C3.A7.C3.B5es_externas (Acesso em novembro 2015)

cima, o vetor campo magnético tá saindo do quadro ou tá entrando no quadro?
E5: Tá saindo.
P: Ele tá saindo. Nesse ponto aqui eu vou desenhar uma bolinha ou um “chiszinho”?
E2: Uma bolinha.
P: Uma bolinha. Porque ele tá saindo. Aqui é como se o vetor campo magnético tivesse saindo. Nesse ponto aqui na minha frente, nesse ponto aqui, que não tá no quadro, ele taria vindo pra baixo, pela regra da mão direita. Nesse ponto aqui embaixo, ele tá fazendo o que? Ele tá entrando no quadro, eu ia desenhar ele como um “chiszinho” ou como uma bolinha?
E6: X
P: “chiszinho”. Pode falar.
E6: Que nem na matemática pra cima e pra direita é positivo, pra esquerda e pra baixo é negativo.
(Episódio 5, A7)

No início do episódio observamos que o professor explica a regra de representação da regra da mão direita. Nesse caso, a “regra da mão direita” pode ser considerada como um jogo de linguagem que possui regras próprias, tanto para sua execução quanto para sua representação. Assim, cabe ao professor explicitar as regras desse jogo de linguagem, e cabe aos estudantes segui-las e usá-las adequadamente. Ao fazer isso o estudante atribui significado ao jogo de linguagem, no caso, a regra da mão direita.

Além de apresentar o jogo de linguagem gestual, o jogo de linguagem associativo e o jogo de linguagem de perguntas e respostas, já discutidos anteriormente, evidenciamos neste episódio o estudante E6 construindo a sua significação acerca da orientação do vetor campo magnético, pois associa a questão da orientação do vetor com elementos de orientação do plano cartesiano, considerando as semelhanças entre estes dois conceitos, relacionando formas de vida escolar.

5.8 AULA 8 – RESOLUÇÃO DE EXERCÍCIOS E AVALIAÇÃO

Esta aula foi inteiramente dedicada à resolução de exercícios e uma atividade avaliativa, não se percebendo na gravação aspectos significativos para análise pois as interações foram pontuais e relacionadas a aspectos práticos referentes a realização dos exercícios, tais como dúvidas acerca de alguma palavra escrita no enunciado das questões, ou as condições para a realização da avaliação (se as respostas poderiam ser escritas com lápis ou caneta, por exemplo).

Podemos comentar que os exercícios[36] propostos pelo professor são exercícios que não trazem uma discussão que propicia a utilização dos jogos de linguagem trabalhados, assim todo o esforço de significação dos conceitos utilizando jogos de linguagem não pode ser "jogado" pelos estudantes na resolução destes exercícios, momento importante para a fixação de conceitos e esclarecimento de dúvidas.

5.9 AULA 9 – ESPIRAS E SOLENOIDES

A aula 9 é marcada pela presença dos vários jogos de linguagem já abordados nas aulas anteriores, como o jogo de perguntas e respostas, o jogo de linguagem gestual, o jogo de linguagem "maior…maior, maior...menor", jogo associativo. Nesta aula, porém, o professor faz uso desses jogos para significar o que é uma espira, o conceito físico de solenoide e/ou bobinas e mostrar a equação que descreve o campo magnético em um solenoide. Dessa maneira iremos apresentar alguns episódios que colaboram com essa observação, não fazendo maiores detalhamentos acerca dos jogos de linguagem empregados. Observemos o episódio 1:

> P A partir de hoje (...) nós vamos falar sobre bobinas - Então é interessante a gente discutir um pouco como é que ela funciona e porque que ela funciona dessa forma. (...) Bem, a primeira coisa que a gente vai começar a falar é o que é uma **bobina** (...) nós vamos utilizar o termo bobina com frequência aqui em sala de aula. (...) vamos utilizar o termo chamado **solenoide**. (...) Quando eu falar para vocês solenoide, vocês podem fazer uma leitura, da **bobina como solenoide**. **Mas, o que é a bobina? Bem, uma bobina é um conjunto de espiras.** (...) Bem, essa definição não parece muito útil se a gente não souber **o que é uma espira**. **Então, eu trouxe aqui para vocês um fio com o objetivo de mostrar o que é uma espira. Uma espira nada mais é do que um fio enrolado**. (...)

[36] Os exercícios se encontram no Anexo M.

É eu pegar o fio e fechar ele em alguma forma tipo isso daqui. Pegar o fio e fazer isso. Essa coisa aqui...

(Episódio 1, A9)

Destacamos neste episódio que o professor através do jogo de linguagem gestual de dobrar um fio em formato circular atribui sentido ao que é uma espira, isso vem ao encontro da ideia de Wittgenstein (2013), quando diz:

> Tem-se em mente que o aprendizado da linguagem consiste em denominar objetos. Ou seja, pessoas, formas, cores, dores, disposições, números, etc. Como foi dito - dar nome é semelhante a afixar uma etiqueta em uma coisa. Pode-se chamar isto de preparação para o uso de uma palavra. (WITTGENSTEIN, 2013, IF 26, p.28)

Neste sentido dizemos que o professor ao "etiquetar", pelo termo *espira*, um fio enrolado, através do jogo de linguagem citado, está "preparando/alfabetizando" os estudantes em um termo físico possivelmente desconhecido por eles, embora pareça muito simples esse jogo de linguagem, ele é importante, pois mostra concretamente para os estudantes o que é uma espira.

Já no episódio 2 podemos perceber o jogo de linguagem "maior... maior, maior... menor" que trata acerca das relações de proporção direta e inversa como podemos observar:

P: A primeira coisa que a gente pode pensar é a corrente elétrica. Tem uma corrente elétrica que vai atravessar o fio da espira. A gente viu que se a gente aumentar a corrente elétrica, o campo criado tende a aumentar ou a diminuir? (...)
E5: **Aumenta**.
P: Ele aumenta. A gente vai escrever, então, que **o campo ele tem uma relação com a corrente**, mas a relação dele com a corrente é uma coisa tipo assim vezes alguma coisa aqui (...)
E5: Assim.
P: (...) ou uma relação tipo assim, ou, alguma coisa aqui sei lá dividido pelo campo assim, oh? (...)
E5: Em cima.

P: **A de cima. Percebe a diferença entre a de cima e a de baixo, o que que elas querem dizer?** Essa daqui ela quer dizer que é a corrente vezes alguma coisa vai dar o campo. **Se a corrente aumenta, o campo aumenta. Eles estão numa proporção direta ou inversa aqui?**
E5: Aí é direta. Eu acho que direta.
P: Essa é uma proporção direta. Na de baixo se a corrente aumenta o campo diminui. Uma proporção, inversa. Isso é uma proporção inversa e isso é uma proporção direta.
(Episódio 2, A9)

Esse jogo faz parte da significação das variáveis da equação que descreve o campo magnético em uma espira, que permite situar o estudante de uma relação que está sendo usada e contém as relações de proporção, e é semelhante ao jogo que define o campo magnético em um fio reto, assim através da associação o estudante tem a possibilidade de retomar os jogos de linguagem já utilizados para significar elementos de uma nova equação, que é muito semelhante àquela que eles já conhecem, mas que descreve o campo magnético em um fio reto.

Continuando com a intenção de significar e apresentar a nova equação que descreve o campo magnético em uma espira o professor insere a "permeabilidade magnética" no jogo como apresentamos no episódio 3:

P: Bem, então nosso campo vai ser a corrente vezes alguma coisa. O que mais poderia ser? A gente viu quando estava estudando a equação que dependia de três coisas. Dependia da distância, dependia da corrente e dependia do que? Do meio, não é? (...) Então o que a gente vai fazer é: a gente vai ter que fazer esse campo depender também da permeabilidade magnética. **Quanto maior a permeabilidade magnética, maior o campo ou menor o campo? Se eu aumento a permeabilidade do meio, eu aumento o campo** (…).
(Episódio 3, A9)

Novamente através da associação entre a equação já trabalhada, o jogo de linguagem "maior...maior, maior...menor", o fenômeno que acontece na espira e as regras do jogo de linguagem, os quais o estudante já conhece, o professor fornece os elementos para a constituição de uma equação ainda incompleta, mas que descreve parcialmente o campo magnético na espira.

O episódio 4 que segue, introduz as outras variáveis que faltam para a construção da equação do campo como podemos observar:

> P: (...) a gente vai pensar em como agora mais duas coisas que podem influenciar no campo no interior do solenoide. (…) Imagina que eu tenha um solenoide com uma espira só - é uma espira só sozinha e um com duas, um com três ou com quatro ou com cinco ou com seis... **quanto mais espiras o solenoide tiver, vocês esperam que maior deve ser o campo aqui no meio ou menor?** Se eu começo a adicionar mais espiras o que que vai acontecer com o campo magnético aqui no meio? Deve aumentar ou deve diminuir?
> E3: Aumentar.
> P: Ele deve aumentar, não é?! Se eu vou adicionando espiras, eu espero que o campo magnético seja maior. **E não vai depender só da corrente e da permeabilidade. Ele vai depender também do número de espiras,** mas é uma relação tipo assim ou é uma relação tipo assim, oh? É tipo a de cima ou de baixo?
> (Episódio 4, A9)

Destacamos que neste episódio o estudante possivelmente já compreendeu a intensão do professor em construir e significar a equação do campo magnético em espiras e solenoides, através da associação com os elementos da equação para campo magnético em um o fio reto.

Tentamos mostrar que nesta aula o professor através dos variados jogos de linguagem trabalhados (gestual, “maior... maior, maior... menor”, associativo, etc.), atribui sentido aos termos físicos acompanhados de significados matemáticos, com o objetivo de facilitar a compreensão do campo magnético em um solenoide percorrido por corrente elétrica.

5.10 AULA 10 – CONSTRUÇÃO DE UM ELETROÍMÃ

Na aula 10 o professor utiliza uma proposta diferente relacionada à maneira de ministrar a aula, trazendo para sala materiais para a confecção de um eletroímã. Antes da montagem do experimento, o professor retoma alguns pontos sobre ímãs, campo magnético, e as variáveis que influenciam no campo, como pode ser visto no episódio 1:

> P: Esse seria o polo sul que é da onde as linhas entram, não é?! As linhas elas vão entrar aqui pelo polo sul e elas vão sair lá do outro lado, no polo norte. Mas tem um imã que só funciona quando passa na corrente elétrica, então, a gente fala que ele é um eletroímã. Nós vimos uma equação para descrever esse solenoide, **uma equação que descreve como é que o campo magnético é aqui no interior do solenoide**. A gente viu que dava para **descrever esse fenômeno através de uma equação**. A equação é essa daqui. O campo magnético no interior do solenoide dependia de quantas grandezas vocês lembram?
> E3: Quatro.
> P: Quatro grandezas. **Ela dependia da corrente elétrica - quanto maior a corrente elétrica mais intenso ia ser o campo**, dependia do que mais?
> E5: Temperatura?
> P: **Do n, do número de espiras** - quanto mais espiras estivessem aí mais intenso ia ser o campo, **dependia do fator μ que é a permeabilidade magnética do meio,** lembram? Que era quanto que o meio ele era permeável a alteração do campo. O meio podia ser mais ou menos permeável. E, **dependia do comprimento da espira**. Essa espira ela tem um certo tamanho aqui. Quanto menor eu consigo fazer esse tamanho, mais intenso vai ser o campo lá. Se eu começo a fazer espira com um tamanho muito grande, o campo lá dentro é pouco intenso. Agora se eu consigo fazer ela bem proximozinho um do outro o campo fica bem mais intenso. **Então a gente tem uma dependência de quatro coisas: da corrente elétrica, do número de espiras, do meio e do comprimento (...) do meu solenoide**. A gente chama esse objeto de **solenoide** apesar de que se vocês forem verem, sei lá, em objeto de eletrônica ou artigo de eletrônica, eles vão **chamar isso de bobina**, ok?

(Episódio 1, A10)

Nota-se que no episódio 1 o professor retoma conceitos e definições trabalhadas em outras aulas onde os jogos de linguagem que identificamos estavam presentes. Destacamos que o jogo de linguagem de perguntas e respostas é muito utilizado pelo professor para verificar o que os estudantes estão compreendendo, como no caso deste episódio em que o professor solicita aos estudantes que digam do que depende a intensidade do campo magnético no solenoide percorrido por corrente elétrica, conforme foi estudado na aula anterior.

Outro jogo a ser destacado é o uso de diferentes termos para designar um mesmo objeto, como no caso de bobina e solenoide. Se o estudante não tiver clareza que solenoide e bobina são termos que representam um mesmo objeto, ou seja, um fio enrolado em formato espiral ou composto por várias espiras, poderão ter dificuldades de compreender as situações em que estes termos forem utilizados, como, por exemplo, na proposição de exercícios em que ora se usa um dos termos, ora se usa o outro. Essa "alternância" na utilização dos termos pode gerar dúvidas, caso o estudante não tenha compreendido que se trata de um mesmo objeto.

Dando sequência à aula, o professor propõe a construção de um eletroímã simples, utilizando um prego, um fio de cobre e uma pilha (bateria). No entanto, após a montagem do eletroímã, e da discussão sobre sua utilização, professor e estudantes percebem que o mesmo não está "funcionando", como podemos observar no episódio 2:

P: Pegaram a relação que a gente tem aqui? No caso se eu **aumento a diferença de potencial, eu aumento a corrente elétrica**. Mas o que que é a diferença de potencial? É o 1,5V que a gente tem aqui na pilha. Quando eu botar só uma pilha ligada aqui entre os fios - se eu botar aqui, por exemplo, só... duas pilhas aqui no caso, não é?! A gente vai ter uma diferença de potencial de 3V. A corrente elétrica que vai passar vai ser 1.. Principalmente se eu botar os quatro. **Se eu colocasse agora esses quatro, o que ia acontecer com a diferença de potencial?**
E2: Ia dobrar?
P: Ia dobrar. E o que ia acontecer, então, com a corrente se a diferença de potencial dobra? O que

> acontece com a corrente se a diferença de potencial dobra?
> E2: Aumenta a velocidade.
> P: Ela dobra também. **É como se eu dobrar o número de colheres, se eu dobrar o número de pessoas, eu vou ter que dobrar o número de colheres**. **Se eu dobrar a diferença de potencial, se eu dobrar o número de pilhas, eu dobro a corrente**. **Eu aumento o campo**. Então **as formas que nós vamos ter de aumentar o campo nesse experimento são**: botando mais espiras...
> E3: Eu fiquei com medo.
> (…)
> P: **Botando mais espiras, botando mais pilhas para aumentar a tensão, diminuindo o comprimento do fio, colocando as espiras mais próximas umas das outras ou mudando o material no qual a gente enrola**. São as quatro formas que a gente tem de mudar esse campo. Na aula que vem eu vou trazer para vocês um vídeo em que dá certo. **Porque que não deu certo aqui?**
> (Episódio 2, A10)

Neste episódio, o professor busca as semelhanças de família com a situação da confecção dos bolos da primeira aula, para que os estudantes compreendam a relação proporcional entre a diferença de potencial, a intensidade da corrente elétrica e o campo magnético gerado no solenoide. Observamos, dessa forma, que novamente o professor utiliza o jogo de linguagem "maior…maior, maior…menor", mesmo que indiretamente, ao relacionar com a situação "real" da confecção dos bolos.

Além disso, o professor fala sobre quatro possibilidades para aumentar o campo magnético no eletroímã, e após o diálogo acerca dessas implicações, observa-se que o eletroímã não está funcionando adequadamente como era o esperado. Na proposição de realização de atividades experimentais em sala de aula, pode acontecer de o resultado não corresponder à expectativa e o professor precisar estar preparado para estes imprevistos, podendo usar a "falha" de um experimento para agregar sentidos diferenciados a situação.

5.11 AULA 11 – VÍDEOS E EXERCÍCIOS

Nesta aula o professor propôs que os estudantes assistissem um vídeo[37] curto sobre confecção de um eletroímã utilizando prego, fio de cobre e pilha, evidenciando os conceitos estudados nas aulas anteriores. O vídeo traz a confecção de um eletroímã realizada por um professor.

Após o vídeo realizaram pequenas conversas a fim de esclarecer algumas dúvidas e relacionar com a atividade de confecção do eletroímã proposta na aula anterior. Junto com os estudantes o professor relembra a situação ocorrida na aula anterior em que tentaram construir o eletroímã, mas não obtiveram êxito. Compreendem que a tentativa foi frustrada, pois utilizaram um fio desencapado que "impossibilitava" o fluxo de corrente elétrica pelo solenoide, o que acarretava o não funcionamento do eletroímã.

Destacamos que essa maneira de expor o conteúdo através de vídeos é distinta das aulas anteriores, pois os jogos de linguagem "construídos" com os estudantes não são jogados durante este vídeo. Assim, podemos dizer que o jogo desta aula é caracterizado por assistir o vídeo e posteriormente identificar alguns elementos já conhecidos como os termos/conceitos de campo magnético, espiras e solenoides.

Na sequência, o professor propõe que os estudantes se organizem em pequenos grupos para juntos resolverem alguns exercícios referentes ao campo magnético formado nas espiras e solenoides, como pode ser observado no episódio 1, que segue:

E2: (...) **uma espira circular é intercorrida por uma corrente elétrica contínua na intensidade constante. Quais são as características que o vetor campo magnético no centro da espira?**
P: O campo magnético no centro da espira, como é que ele é?
E2: Seria, tipo a direção que essa energia estaria indo?
(...)
P: Se eu parar pra pensar**, o campo, ele aponta assim, no sentido do solenoide, não aponta assim, tipo, pra cima e pra baixo, ele aponta no sentido do solenoide.**
E2: Tá em círculo, nesse caso?
P: **As linhas de campo** vão estar em círculo aqui fora, mas ali dentro elas são retinhas, assim**, todas**

[37] O vídeo exibido pelo professo pode ser visto em: https://www.youtube.com/watch?v=j2kHpzP7elQ .

> **naquele sentido.** É, a gente pode dizer que **o campo, ele seria constante ou variável**, o que vocês acham?
> E2: Acho que é constante.
> P: Seria constante. E daí ele pergunta: seria paralelo ao solenoide ou perpendicular ao solenoide? (…) Paralelo ao plano da espira que seria assim, é que a gente tá pensando na espira e não no solenoide, tá? Então, na espira ele seria paralelo, seria dizer que é assim, e perpendicular seria dizer que é assim. Então**, ele seria constante e perpendicular ao plano da espira**.
> (Episódio 1, A11)

Destacamos neste episódio que o professor usa o jogo de linguagem gestual, associado a explicação conceitual para apontar o sentido das linhas de campo, assim como dos conceitos de paralelo e perpendicular. Faz uso também do jogo de perguntas e respostas para, junto com os estudantes, compreender o enunciado da questão (exercício). Salientamos, de maneira geral, que no momento da resolução dos exercícios os estudantes estão efetivamente demonstrando que compreenderam as regras dos jogos de linguagem, se a seguirem adequadamente.

Assim, após ter utilizado diferentes jogos de linguagem para a significação dos conceitos matemáticos e físicos, como por exemplo, relações proporcionais, campo magnético, retas perpendiculares, vetores, corrente elétrica, entre outros, o professor propôs a resolução de alguns exercícios que evidenciavam tais conceitos estudados, aproveitando para esclarecer algumas dúvidas e observar se os estudantes estavam utilizando adequadamente as regras dos jogos, ou seja, se estavam utilizando adequadamente os conceitos e relações estudados no decorrer das aulas, construindo a significação destes conceitos.

5.12 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE AS ANÁLISES

Neste capítulo tentamos mostrar através de alguns episódios selecionados do nosso conjunto de aulas áudio-gravadas, como e que jogos de linguagem possibilitam a significação do conceito de campo magnético gerado em um fio reto, em espiras e solenoides, quando percorridos por corrente elétrica. Este conjunto de episódios significativos acaba por sua vez, constituindo um quadro geral das diferentes formas e possibilidades dos usos da linguagem nas aulas de física no ensino médio analisadas.

Mobilizamos para isso os elementos da filosofia de linguagem do segundo Wittgenstein, como as noções de jogos de linguagem, regras, semelhanças de família e formas de vida apresentadas no capítulo 3, para compreender o funcionamento da linguagem em sala de aula, evidenciados nos episódios selecionados, dando visibilidade às relações entre significação e uso da linguagem na forma de jogos. Assim apontaremos alguns aspectos que a nosso ver contribuem para a constituição de um jogo de linguagem mais amplo associado a uma forma de vida que poderíamos chamar de uma forma de vida da sala de aula de Física.

Esta forma de vida é formada pelo uso de diferentes jogos de linguagem que se caracterizam por apresentarem semelhanças com os jogos “jogados” nas aulas, sejam esses jogos pertencentes ao cotidiano do estudante ou do espaço escolar. Os jogos do espaço escolar se utilizam de termos e/ou conceitos próprios se comparados aos do cotidiano do estudante, mas ambos fazem uso de jogos de linguagem gestual, como uma maneira de elucidar e significar melhor as expressões tanto faladas como escritas, embora a maneira de escrita da Física seja muito peculiar, uma vez que esta se utiliza tanto da linguagem verbal como da linguagem matemática para ser descrita (enquanto a linguagem do cotidiano muitas vezes não contempla a linguagem matemática formal).

De uma maneira geral podemos dizer que o conjunto das aulas foi dividido em três grupos considerando suas características principais. Um grupo onde o professor através dos jogos de linguagem de analogia, “maior... maior, maior... menor”, perguntas e respostas, insere os estudantes nestes jogos que contêm a base para a significação do conceito de campo magnético gerado por corrente elétrica. Fazem parte deste grupo as aulas 1, 2 e 6, por possuírem semelhanças de família entre si, tais como o uso das palavras, termos, a maneira de ser ministrada e os exemplos utilizados relacionados ao cotidiano dos estudantes.

Outro grupo, que faz parte a aula de exercícios (8) que é importante para o treino e fixação do que está sendo ensinado, porém a nosso ver o tipo de exercício proposto não possibilitava uma discussão e não permitiu a utilização dos jogos de linguagem trabalhados nas aulas.

E o terceiro grupo, do qual fazem parte todas as outras aulas, em que o professor utiliza os jogos já conhecidos e “jogados” pelos estudantes, para que através de semelhanças de família com os jogos das aulas 1, 2 e 6, possam significar e construir o conceito de campo magnético gerado por corrente elétrica. Estas aulas são marcadas por jogos onde ler, escrever e associar os elementos de uma equação aos fenômenos físicos foram mais evidentes. Podemos dizer que o estudante que consiga “jogar” estes jogos de maneira adequada estará adquirindo as “habilidades estruturantes” conforme propõem Karam e Pietrocola (2009a), ou seja, o estudante tem condições de pensar/interpretar matematicamente os fenômenos físicos, de ler o mundo através da linguagem matemática.

Dessa maneira nas aulas analisadas identificamos a tentativa do professor em explicitar o uso das palavras deixando claro o contexto a que elas se referiam, bem como as regras dos diferentes jogos de linguagem, podendo possibilitar a significação de conceitos matemáticos/físicos pelos estudantes. Mas como se dá essa significação? Conforme Wittgenstein (2013), a significação se dá pelo uso, assim, ao explicitar cada palavra, símbolo e seu significado de acordo com determinado contexto (da matemática, da física e/ou do cotidiano), o professor insere os estudantes nos jogos de linguagem, possibilitando que os mesmos compreendam o conceito que está sendo estudado mais facilmente, do que se não souberem as regras, ou seja, é necessário saber a que o professor está se referindo.

Assim, nos atrevemos a dizer que este conjunto de aulas proposto pelo professor é diferenciado das aulas de Física em que tradicionalmente o foco recai na resolução de exercícios envolvendo manipulação matemática. Nessas aulas o professor trabalhou efetivamente como utilizar a linguagem matemática e a linguagem física de maneira diferenciada, onde o foco principal foi a significação de termos para se construir os elementos necessários para os estudantes compreenderem o campo magnético gerado por corrente elétrica. Cabe dizer também que o conjunto de aulas efetivamente desenvolvidas pelo professor acabou sendo diferente do conjunto de aulas planejadas, uma vez que mudanças na sequência das aulas foram necessárias em função da finalização do bimestre escolar e a realização de uma avaliação solicitada pelo professor regente da turma[38].

Cabe ainda, uma última observação acerca dos jogos de linguagem identificados neste conjunto de aulas analisadas: optamos por apontar os jogos de linguagem que acreditamos serem mais significativos para a construção do conceito de campo magnético gerado por corrente elétrica, embora fosse possível identificar muitos outros, relacionados ou não à significação deste conceito. Tendo como referência a filosofia da

[38] As informações acerca dos motivos das mudanças de planejamento foram obtidas em uma conversa informal com o professor.

linguagem de Wittgenstein (2013), que não se constitui em uma “teoria” fechada e que define métodos de identificação dos diferentes jogos de linguagem nos diferentes contextos ou formas de vida, evidenciamos apenas alguns dos jogos de linguagem presentes na forma de vida analisada, ou seja, o conjunto de aulas de Física, e que priorizavam a significação de um determinado conceito – campo magnético gerado em um fio (espira ou bobina) percorrido por corrente elétrica.

Nesse sentido, esperamos que nosso esforço em identificar estes jogos de linguagem presentes nas aulas de Física, contribua para que os professores, não só de Física, mas de todas as áreas, reflitam acerca da maneira como falam, utilizam e “jogam” os diferentes jogos de linguagem em suas aulas, visando à significação dos conceitos que se dará pelo uso que deles se fizer.

6. ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

No início deste trabalho apontamos que uma das dificuldades dos estudantes relacionadas a compreender conceitos físicos e interpretar o mundo do ponto de vista da Física, está no fato desta ser estruturada por meio da linguagem matemática (MANNRICH, 2014). No entanto, o ensino da física, muitas vezes acaba se resumindo a práticas de exposição de conceitos e fórmulas, evidenciando o operativismo matemático, onde a significação dos fenômenos e da própria linguagem matemática através do diálogo entre estudantes e professores são poucos trabalhadas, como apontado por Almeida (1999; 2004) e Pietrocola (2002).

Assim, descrevemos de maneira sucinta o surgimento da Física como ciência e as suas relações com a Matemática, desde a antiguidade até os tempos mais modernos, tendo como base os estudos de Thomas Kuhn (2011). Essa perspectiva nos permitiu compreender que a Matemática e a Física foram se desenvolvendo juntas e por este motivo são indissociáveis quando tratadas no Ensino de Física. Tais relações necessitam ser trabalhadas pelo professor, para que os estudantes tenham a clareza dessa visão acerca da importância do papel que a Matemática exerce para a Física, e como participa da significação física sobre os fenômenos naturais.

Estas relações existentes entre a Matemática e a Física no Ensino de Física, foram identificadas em pesquisas por autores como Pietrocola (2002), Karam (2012), Ataíde (2013), Mannrich (2014) e outros, que destacaram, dentre outras, as seguintes possibilidades sobre estas relações, onde a Matemática pode ser compreendida: como estrutura; como ferramenta; como tradução; como linguagem; utilizada para modelagem de fenômenos físicos; para resolução de problemas; e, para compreensão de fórmulas.

Conhecendo essas relações entre as duas ciências e tomando a Matemática como uma das linguagens da Física, buscamos na obra do “segundo” Wittgenstein (2013) noções que colaboraram para o entendimento das possibilidades de significação, e que nos permitiram investigar como e que jogos de linguagem estão associados à significação do conceito de campo magnético gerado por corrente elétrica, em aulas de Física no Ensino Médio. Baseados nos estudos de Condé (1998; 2004), Grayling (2002) e Gottschalk (2014), acerca destas noções da Filosofia da Linguagem proposta por Wittgenstein, destacamos que a significação dos conceitos se dá pelo uso que fazemos da linguagem dentro de jogos de linguagem, que possuem suas regras específicas, onde jogos próximos são relacionados entre si pelas semelhanças de família, dentro das formas de vida.

Estas noções fundamentais da filosofia wittgensteiniana foram importantes para a identificação de alguns jogos de linguagem presentes no nosso material de análise composto por um conjunto de 11 aulas de Física, desenvolvidas em uma turma de 3º ano do Ensino Médio, em uma escola pública estadual do município de Florianópolis/SC, por um professor-estagiário que buscou tratar a matemática de forma diferenciada. As aulas foram áudio-gravadas e posteriormente transcritas, onde selecionamos os episódios em que evidenciamos os jogos de linguagem, suas regras ou semelhanças de família, e as possibilidades de significação dos conceitos físicos trabalhados pelo professor e pelos estudantes.

Relacionando com as ideias propostas no capítulo 2 observamos que o professor nas aulas de Física utilizou a matemática em diferentes momentos como estrutura, como ferramenta, para compreensão de fórmulas, na resolução de exercícios e também para modelar uma equação matemática, estabelecendo uma relação do “formato” dessa equação com uma fórmula que descreve o fenômeno físico. Essas diferentes formas de utilizar a matemática puderam ser entendidas como diferentes jogos de linguagem com finalidades distintas e regras específicas, mas que possuem semelhanças que propiciam a significação do conceito abordado.

Nesse sentido, identificamos nesse conjunto de aulas a tentativa do professor de deixar claro o uso das palavras de acordo com o contexto a que elas se referiam, bem como as regras dos diferentes jogos de linguagem, podendo possibilitar a significação de conceitos matemáticos/físicos pelos estudantes. Assim, consideramos que o professor quando explicitou verbalmente as regras dos jogos de linguagem, acabou inserindo os estudantes nestes jogos, propiciando que os mesmos conseguissem significar os conceitos físicos pois já compreendiam a linguagem utilizada por ele.

Podemos dizer que o professor trabalhou efetivamente como utilizar a linguagem matemática e a linguagem física relacionadas à forma de vida escolar, que se diferencia (embora possua semelhanças) da forma de vida cotidiana, tendo como objetivo a significação do conceito de campo magnético gerado por corrente elétrica. Sendo assim, identificamos o uso de jogos de linguagem de analogia, do jogo de linguagem “maior... maior, maior... menor”, do jogo de linguagem de perguntas e respostas, e também outros jogos onde ler, escrever e associar os elementos de uma equação aos fenômenos físicos foram mais evidentes.

Finalizamos este trabalho sem ter a pretensão de dar uma resposta única, conclusiva e definitiva para nossos questionamentos, mas com a possibilidade de suscitar novas questões, novos pensamentos, novas formas de ver o mundo, tendo como referência a filosofia da Linguagem de Wittgenstein.

Esperamos que nosso esforço em tecer essas ideias, algumas ainda iniciais, possibilite aos professores repensar as suas práticas docentes, buscando explicitar o uso, os jogos de linguagem e as regras dos jogos utilizados no Ensino de Física e também em outras áreas do conhecimento.

Esperamos também que nosso trabalho possibilite potencializar os pensamentos sobre esta problemática, que isto possa influenciar a formação inicial e/ou continuada de professores, no processo de planejamento e preparação das aulas, no desenvolvimento das mesmas, e ainda nos mais diversificados momentos de interação entre professores e estudantes, dentro ou fora da sala de aula. Que tanto professores quanto estudantes possam compreender a existência e o uso dos diferentes jogos de linguagem, com suas regras próprias e semelhanças de família como ricas oportunidades para a significação dos conceitos estudados na “forma de vida” escolar, relacionados com a “forma de vida” cotidiana.

Deixamos ainda, algumas inquietações ou possibilidades para investigações futuras: Como poderia ser organizado um processo de formação continuada de professores considerando a reflexão acerca dos diferentes jogos de linguagem e possibilidades de uso visando a significação de conceitos científicos? E o processo de formação inicial dos professores? Seria possível observar os “resultados” do ponto de vista da aprendizagem dos estudantes, considerando a compreensão das regras dos jogos de linguagem utilizados? Com relação à filosofia da linguagem de Wittgenstein, as semelhanças de família, podem ser percebidas e entendidas também entre diferentes formas de vida, ou só são semelhanças entre regras e jogos de linguagem que pertencem às formas de vida?

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. J. P. M. de. Linguagens comum e Matemática em funcionamento no Ensino de Física. **II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências -** ENPEC, Valinhos-São Paulo, 1999.

ALMEIDA, M. J. P. M. de. Discursos originais de cientistas na mediação do fazer científico. **II Encontro Internacional Linguagem, Cultura e Cognição**: reflexões para o ensino. Belo Horizonte.2003. Disponível em fep.if.usp.br/~profis/arquivos/ivenpec/Arquivos/Painel/PNL119.pdf. Acesso em maio de 2015.

ALMEIDA, M. J. P. M. de. **Discursos da ciência e da escola**: ideologia e leituras possíveis. Campinas, SP: Mercado das Letras, 2004.

ALMEIDA, M. J. P. M. de. O imaginário de estudantes de licenciatura sobre exercícios em aulas de Física. **Nuances**: estudos sobre Educação. Ano XVIII, v. 22, n. 23, p. 58-72, mai./ago. 2012.

ALMEIDA, M. J. P. M. de. A relevância das linguagens Matemática e comum na produção e ensino da Física. **XX Simpósio Nacional de Ensino de Física** – SNEF, São Paulo, 2013.

ATAÍDE, A. R. P. de. **O papel da Matemática na compreensão de conceitos e resolução de problemas de termodinâmica.** Tese, Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências da Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana, 2013.

ATAÍDE, A. R. P. de; GRECA, I. M. Estudo exploratório sobre as relações entre conhecimento conceitual, domínio de técnicas Matemáticas e resolução de problemas em estudantes de Licenciatura em Física. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias** v. 12, Nº 1, 209-233, 2013.

BONIOLO, G.; BUDINICH, P.; The Role of Mathematics in Physical Sciences and Dirac's Methodological Revolution. In BONIOLO, G.; BUDINICH, P.; TROBOK, M. (Eds.) **The Role of Mathematics in Physical Sciences**: Interdisciplinary and Philosophical Aspects. Dordrecht: Springer, 2005. p. 75-96.

CONDÉ, M. L. L. **Wittgenstein Linguagem e Mundo**. São Paulo: Annablume, 1998.

CONDÉ, M. L. L. **As teias da razão**: Wittgenstein e a crise da racionalidade moderna. Belo Horizonte: Argvmentvm, 2004.

FEIO, E. S. P.; SILVEIRA, M.R.A. **A conversão da língua natural para a linguagem Matemática à luz da teoria dos registros de representação semiótica**. Anais do sexto Encontro Paraense de Educação Matemática, Belém, 2008. Disponível em http://www.ppgecm.ufpa.br/index.php/grupos-de-pesquisa/gelim/publicacoes. Accesso em maio 2015.

GOTTSCHALK, C. M. C. Fundamentos filosóficos da Matemática e seus reflexos no contexto escolar. **International Studies on Law and Education**. v.18, set-dez 2014 CEMOrOc-Feusp / IJI-Univ. do Porto.

GRAYLING, A. C. **Wittgenstein**. São Paulo: Edições Loyola, 2002.

HUDSON, H. T.; LIBERMAN, D. The combined effect of mathematics skills and formal operational reasoning on student performance in thegeneral physics course. **American Journal of Physics**, v. 50, n. 12, p. 1117-1119, 1982.

HUDSON, H. T. ; McINTIRE, W. R., Correlation between mathematical skills and success in physics, **American Journal of Physics**, v. 45, n.5, p. 470-471, 1977.

KARAM, R. A. S. M. **Estruturação Matemática do pensamento físico no ensino**: uma ferramenta teórica para analisar abordagens didáticas. Tese, Faculdade de Educação, USP, 2012.

KARAM, R. A. S. Matemática como estruturante e Física como motivação: uma análise de concepções sobre as relações entre Matemática e Física. In: **VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2007, Florianópolis. Anais …Florianópolis: ABRAPEC, 2007.

KARAM, R. A. S.; PIETROCOLA, M. Resolução de problemas e o papel da Matemática como estruturante do pensamento físico. In: **XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física**, 2009, Vitória. Anais ...Vitória: SBF, 2009.

KARAM, R. A. S.; PIETROCOLA, M. Habilidades Técnicas Versus Habilidades Estruturantes: Resolução de Problemas e o Papel da Matemática como Estruturante do Pensamento Físico. **ALEXANDRIA** Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, v. 2, n. 2, p.181-205, 2009a.

KARAM, R. A. S.; PIETROCOLA, M. Discussão das relações entre Matemática e Física no ensino de reatividade: um estudo de caso. Trabalho apresentado no **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências -** ENPEC, Florianópolis-Brasil, 2009b.

KARAM, R. A. S.; PIETROCOLA, M. Formalização Matemática X Física moderna no ensino médio: É possível solucionar esse impasse? In: **XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, 2008, Curitiba. Anais ...Curitiba: SBF, 2008.

KUHN, T. S. **Tensão Essencial**. São Paulo: Unesp, 2011.

LOZANO, S. R.; CARDENAS, M. **Some learning problems concerning the use of symbolic language in physics**. Science & Education, v.11, p. 589-599, 2002.

MANNRICH, J. P.; SILVA, H. C. **Reflexões de Licenciandos em Física sobre a Linguagem Matemática no Ensino de Física**. In: IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), Águas de Lindóia, 2013.

MANNRICH, J. P. **Linguagem matemática, física e ensino**: Como lincenciandos discutem essa relação. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica), PPGECT, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, UFSC,2014.

MACHADO, N. J. **Matemática e Língua Materna: Análise de uma impregnação mútua** São Paulo: 6ª. Edição Cortez Editora, 2011.

PINHEIRO, T.F.; PINHO-ALVES, J.; PIETROCOLA, M. **Modelização de variáveis**: uma maneira de caracterizar o papel estruturador da Matemática no conhecimento científico. In: Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001.

PIETROCOLA, M. A Matemática como estruturante do conhecimento físico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 19, n. 1, p. 93-114, 2002.

PIETROCOLA, M. Mathematics as structural language of physical thought. In: VICENTINI, M.; SASSI, E. (Ed.) **Connecting Research in Physics Education with Teacher Education**. New Delhi: Angus & Grapher Publishers, v. 2, p. 35-48, 2010.

PINTO, T.P. **Linguagem e Educação Matemática**: UM mapeamento de usos na sala de aula. Dissertação, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, 2009.

SILVA, C. C.; PIETROCOLA, M. O papel estruturante da Matemática na teoria eletromagnética: um estudo histórico e suas implicações didáticas. In: **III Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências** (ENPEC), 2003, Bauru. Anais... Bauru: ABRAPEC, 2003.

SILVA, H. C.; MANNRICH, J. P. Kuhn e a linguagem Matemática na Física: contribuições para seu ensino. In: **IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências** (ENPEC), 2013, Águas de Lindóia. Caderno de atas do IX Enpec (2013), 2013.

SILVA, M.C.; KRAPAS, S. Controvérsia ação a distância/ação medida abordagens didáticas para o ensino das interações físicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p. 471-479,

SILVEIRA, M.R.A**.** Wittgenstein e a Matemática. In: **III Congresso Brasileiro de Etnomatemática**, Niterói, 2008. Anais… Disponível em http://www.ppgecm.ufpa.br/index.php/grupos-de-pesquisa/gelim/publicacoes. Acesso em maio 2015.

VERMA, S**. Ideias Geniais**: Os Principais Teoremas, Teorias, Leis e Princípios Científicos de Todos os Tempos 2ªed. Belo Horizonte: Editora Gutenberg, 2011.

WITTGENSTEIN, L. **Investigações Filosóficas**. 8ª ed. Petrópolis, RJ: Vozes; Bragança Paulista, SP: Editora Universitária São Francisco, 2013.

ANEXOS

ANEXO A - Resumo dos principais trabalhos analisados por Karam (2012)

Autor(es)	Ideias principais
Bachelard (1995)	- Matemática como linguagem descritiva é insuficiente para o novo espírito científico - O esforço matemático constitui o eixo da descoberta, é a expressão matemática a única que permite pensar o fenômeno
Bochner (1981)	- Análise da importância de conceitos matemáticos básicos (multiplicação, funções, números reais, complexos, entre outros) para a física por meio de estudos de caso
Boniolo *et al.* (2005)	- Coleção de artigos contendo diversos posicionamentos filosóficos sobre o tema - Discussão de inúmeros estudos de caso e abordagens interdisciplinares
Boniolo e Budinich (2005)	- 5 posicionamentos filosóficos para justificar a efetividade da matemática na física - Releitura da semiótica de Peirce: Signo físico-matemático como ícone, índice e símbolo - Revolução metodológica de Dirac: do ícone para o índice
Einstein (1956)	- Pensamento matemático puro como chave para o entendimento da natureza - Método da física teórica e geometria euclidiana: valor dedutivo dos princípios físicos
Feynman (1985)	- Necessidade de matemática para as leis fundamentais da física - Tradições babilônica e euclidiana: físico faz matemática babilônica - Física ≠ Matemática: físicos se interessam por casos específicos e concretos
Gingras (2001)	- O que a matemática fez com a física? - Abordagem histórica (1700-1900) das consequências social, epistemológica e ontológica da matematização da física
Kline (1959)	- Matemática e o mundo físico - Diversos exemplos de como fenômenos do mundo físico influenciaram o desenvolvimento de teorias matemáticas
Koyré (1943)	- Profunda análise da física aristotélica e das razões para seu caráter não matemático - Galileu e Platão: a importância da obra de Galileu para a matematização da física
Paty (1994)	- Necessidade de análise detalhada, caso a caso, para não cometer falsas generalizações - Mecânica e cálculo diferencial, Hidrodinâmica e derivadas parciais - Das matemáticas mistas à física matemática
Paty (1995)	- Níveis "fraco" e "forte" - Neutrino: da partícula matemática à física - Incapacidade da lógica em fornecer conhecimento sobre o mundo da experiência
Paty (2003)	- História da noção de grandeza física: de qualidades para quantidades - Importância do pensamento de Descartes - Extensão da noção de grandeza física para enfatizar aspectos estruturais e relacionais
Poincaré (1995)	- Objetivo estético e físico da análise matemática - Importância da física para a matemática e vice-versa - O poder da analogia formal
Steiner (1998)	- "Analogia pitagórica" como estratégia responsável pelo sucesso da física contemporânea - Análise detalhada da aplicação de analogias pitagóricas em suas principais descobertas
Wigner (1960)	- Questiona a possibilidade de se entender a efetividade da matemática nas ciências - Produz considerável impacto e estimula diversas discussões filosóficas
Zahar (1980)	- Razões para a matematização da física: 1) Ganho de conteúdo através da tradução para uma linguagem matemática e 2) Interpretação realista das entidades matemáticas

Fonte: Karam (2012, p. 34).

ANEXO B - Tabela de quantidades de trabalhos divididos por categorias.

Publicações	Nacionais (9)				Internacionais (16)			
Fundamentação Base da Discussão	Epistemológicos		Psicológicos		Epistemológicos		Psicológicos	
	9		---		5		11	
Característica Metodológica	Teóricos	Aplicados	Teóricos	Aplicados	Teóricos	Aplicados	Teóricos	Aplicados
	9	---	---	---	4	1	2	9

Fonte: Ataíde (2013, p. 15).

ANEXO C – Plano de Aula 1

Aula 1

Começar a aula discutindo as questões éticas envolvidas com a gravação de áudio durante as aulas.

Entrevistar a turma:

Pessoal, o que vocês acham de estudar física? É legal, não é legal?Por quê? [Sem resposta esperada]

Muitas pessoas falam que a física é difícil. O que vocês acham disso?Por quê? [Espera-se que eles digam que física é difícil e coloquem matemática como um dos possíveis motivos]

Onde vocês têm mais dificuldade na física?Por quê? [Espera-se que eles relacionem a dificuldade que tem com a matemática]

Tem muita matemática na física. Onde vocês veem a matemática na física? [Espera-se que eles falem sobre equações, gráficos, fórmulas e outras formas de linguagem matemática].

Eu tenho algumas fórmulas aqui que eu gostaria que vocês dessem uma olhada. [Escrever as respectivas fórmulas no quadro]

$$S = v.t \qquad S = 10.t \qquad F_R = m.a \qquad F_R = 10.a$$

$$P = \frac{F}{A} \qquad P = \frac{10}{A} \qquad E = \frac{F}{q} \qquad U = R.i$$

Dessas fórmulas, quais vocês conhecem? [Espera-se que a maioria conheça a equação de descreve a segunda lei de Newton e a equação que descreve a primeira lei de Ohm]

O que significa pra vocês cada uma dessas fórmulas? [Espera-se que eles interpretem que a segunda equação está relacionada com a primeira e expressa que a velocidade vale “10”; que a quarta equação está relacionada com a terceira, para a massa valendo “10”; e que a sexta equação está relacionada com a quinta, para a área valendo “10”]

O que significa cada letra desta fórmula? [Espera-se que eles identifiquem “S” por posição; “v” por velocidade; “t” por tempo; “F_R” por força resultante, “a” por aceleração; “P” por pressão; “F” por força; “A” por área; “E” por campo elétrico; “F” por força elétrica; “q” por carga elétrica; “U” por diferença de potencial; “R” por resistência elétrica; e “i” por corrente elétrica].

O que vocês entendem pela palavra proporção? [Espera-se que eles descrevam que a palavra proporção está associada a relação entre grandezas]

Imaginem que exista uma cidade onde cada pessoa da cidade ganha bolo de chocolate no dia do aniversário da cidade. O confeiteiro que faz os bolos da festa precisa de farinha para fazer cada um deles. Quanto mais bolos ele precisar fazer mais farinha ele vai precisar utilizar. Imagine que cada bolo precise de 5 colheres de farinha. Quantas colheres de farinha ele vai precisar para atender toda a cidade? [Espera-se que eles relacionem a quantidade de colheres com a quantidade de pessoas]

Do que depende o número de colheres que ele vai precisar? [Espera-se que eles relacionem ao número de bolos/pessoas e ao número de colheres por bolo]

Quanto mais pessoas morarem na cidade, mais bolos ele vai precisar fazer, logo mais colheres de farinha ele vai precisar utilizar. Nós falamos que o número de colheres que o confeiteiro precisa, aumenta com a mesma proporção que o número de pessoas da cidade!

Se houver uma pessoa morando na cidade, quantas colheres de farinha ele vai precisar utilizar? [Cinco colheres]

Se houver duas pessoas morando na cidade, quantas colheres de farinha ele vai precisar? [Dez colheres]

Se houver X pessoas morando na cidade, quantas colheres de farinha ele vai precisar? [Espera-se que eles respondam cinco vezes X, ou cinco vezes o número de pessoas]

Como a gente escreve 5 vezes X? [Espera-se que eles descrevam a expressão abaixo] $5\,.X$

Mas esse valor é igual ao quê? [Ao número de colheres]

Como vocês querem chamar o número de colheres que ele precisa para fazer os bolos? [Espera-se que eles descrevam uma letra] $C = 5\,.X$

Cada pedaço dessa equação tem um nome e um significado.

O que significa este símbolo (“C”)? [Número de colheres]

O que significa este símbolo (“=”)? [Igual. Numa visão estrutural talvez alguém falaria “que é uma equação”]
O que significa este símbolo (“5”)? [Número de colheres por bolo]
O que significa este símbolo (“.”)? [Vezes. Numa visão estrutural, que é uma relação de proporcionalidade direta]
O que significa este símbolo(“X”)? [Número de bolos/pessoas]
Quando isso acontece nós falamos que “C” é diretamente proporcional à “X”, pois quando “X” aumenta uma unidade “C” aumenta cinco, e quando “X” aumenta duas unidades “C” aumenta dez, e quando “X” aumenta três unidades “C” aumenta quinze e assim por diante.
Qual a relação que vocês fazem entre essa fórmula e essa fórmula? [Escrever as duas equações uma do lado da outra] $C = 5\,.X$ $S = 10.t$
[Espera-se que eles descrevam que “C” é proporcional à “X”, assim como “S” é proporcional à “t”]
Existe alguma outra fórmula que vocês conhecem que essa relação também aparece? [Espera-se que eles relacionem as duas equações à expressão da segunda lei de Newton e primeira lei de Ohm, que também estarão escritas no quadro]

ANEXO D – Plano de Aula 2

Aula 2

Retomar os assuntos discutidos na última aula:
Agora eu vou escrever novamente duas equações no quadro. [Escrever as respectivas fórmulas]

$$S = v.t \qquad S = 60.t$$

O que significa pra vocês essas fórmulas? [Espera-se que eles identifiquem que existe uma relação de proporcionalidade entre as grandezas e que a segunda equação expressa que a velocidade vale “60”]
O que significa cada letra desta fórmula? [“S” representa posição; “v” velocidade; e “t” tempo]
Agora imaginem que a cidade faça um bolo só e que se divida este bolo com todas as pessoas que moram na cidade. O bolo inteiro tem 100 kg e cada morador recebe um pedaço igual do bolo. Do que depende o peso do bolo que cada um vai ganhar? [Espera-se que eles relacionem o peso com o número de pessoas e com o tamanho do bolo]
Quanto mais pessoas morarem na cidade, menor vai ser o pedaço de bolo que cada uma vai receber. Nós falamos que o peso do bolo que cada uma vai receber diminui na mesma proporção que o número de pessoas que mora na cidade!

Se houver uma pessoa morando na cidade, qual o peso do bolo que ela vai receber? [100 kg]
Se houver duas pessoas morando na cidade, qual o peso do bolo que elas vão receber? [50 kg]
Se houver quatro pessoas morando na cidade, qual o peso do bolo que elas vão receber? [25 kg]
Se houver X pessoas morando na cidade, qual o peso do bolo que elas vão receber? [Espera-se que eles respondam 100 dividido por X]
Como a gente escreve 100 dividido por X? [Espera-se que eles descrevam a expressão abaixo]

$$\frac{100}{X}$$

Isso é igual ao quê? [A massa de cada pedaço do bolo]
Como vocês querem chamar o peso de cada pedaço de bolo? [Espera-se que eles descrevam por uma letra]

$$M = \frac{100}{X}$$

Cada pedaço dessa equação tem um nome e um significado.
O que significa o "M"? [Massa]
O que significa o "="? [Que é uma equação]
O que significa o "100"? [Peso total do bolo]
O que significa o "traço"? [Que é uma fração; que é uma relação de proporcionalidade inversa]
O que significa o "X"? [Número de pessoas]
Quando isso acontece nós falamos que "M" é inversamente proporcional à "X", pois se "X" dobrar "M" cai pela metade, se "X" triplicar "M" cai três vezes.
Qual a relação que vocês fazem entre essa fórmula e essa fórmula: [Escrever as equações abaixo no quadro] $M = \frac{100}{X}$ $P = \frac{10}{A}$
[Espera-se que eles descrevam que as duas equações tratam de relações onde a proporção entre as grandezas é inversa]
Ok! Agora vamos imaginar a seguinte situação: Você está num ônibus fazendo uma viagem. Este ônibus em que você anda tem um controlador de velocidade que faz com que ele ande à 60 km/h o tempo todo.
Se o ônibus andar por uma hora, que distância ele vai percorrer? [60 km]
Se ele andar por duas horas, que distância ele vai percorrer? [120 km]
Se ele andar por X horas, que distância ele vai percorrer? [60 vezes X quilômetros]
Como a gente escreve isso?

[Espera-se que eles descrevam a equação abaixo] $60.X$
Isso é igual ao quê? [Ao número de quilômetros rodados pelo ônibus]
Como vocês querem chamar a distância que ele percorre? [Espera-se que eles utilizem uma letra qualquer. Após eles apresentarem uma letra, escrever a equação no quadro].

$$D = 60.X$$

O que significa pra vocês essa fórmula? [A distância percorrida pelo ônibus durante a viagem]
O que significa cada letra desta fórmula? ["D" distância percorrida em quilômetros; "60" a velocidade do ônibus em quilômetros por hora; e "X" a quantidade de horas que ele anda]
E se ao invés de eu escrever "D" e "X" eu escrevesse: [Escrever a equação abaixo no quadro próximo a onde ela foi escrita pela primeira vez na aula]

$$S = 60.t$$

A aula de hoje mudou a maneira como vocês veem essa fórmula? [Espera-se que eles identifiquem que esta expressão matemática descreve um fenômeno físico].

ANEXO E – Plano de Aula 3

Aula 3

Nas últimas aulas nós falamos sobre proporcionalidade. Nesta aula vamos ver como aquilo que discutimos pode ser utilizado para entendermos melhor a física.
Hoje eu vou falar com vocês sobre campos magnéticos. Para começarmos a discussão eu gostaria de perguntar para vocês o que é um campo? [Espera-se que eles descrevam alguns tipos de campo estudados na física]
Na física, quando vamos falar sobre forças dividimos elas em dois tipos, as forças de contato e as forças de ação à distância. Quando dois corpos estão em contato eles podem realizar uma força um sobre o outro. Mas também é possível que dois corpos realizem uma força sem estarem em contato, mas com alguma distância. Vocês têm algum exemplo de força que os corpos podem fazer um sobre os outros sem necessitar de contato? [Forças gravitacionais, forças elétricas, forças magnéticas]
A força gravitacional é um dos tipos mais famosos de força de ação a distância. A terra, por exemplo, interage com a lua e com o sol, mesmo sem tocar em um ou no outro. As forças entre um próton e um elétron também são forças de ação à distância, mas são chamadas de elétricas.

Essas forças, as de ação à distância, em geral estão associadas a um campo. A força gravitacional está associada a um campo gravitacional e a força elétrica está associado a um campo elétrico. Os campos vão ser utilizados pelos físicos, neste caso, para descrever forças que não são de contato. Nós dizemos que a terra cria um campo gravitacional que age como um intermediário para aquela força. No local em que a lua se encontra não existe a terra, mas existe o campo gravitacional que a terra criou. Este campo interage com a lua.
O campo é um mediador para a interação, já que os corpos não estão em contato quando interagem à distância.
Bem, além das forças gravitacionais e elétricas nós vimos que existem os campos magnéticos. Estes campos são criados, por exemplo, por imãs que interagem uns com os outros à distância. Nós vimos que existe um campo magnético criado pela terra também, mas a pergunta inicial é: Por que a terra tem um campo magnético? [Essa pergunta é feita com o objetivo de contextualizar o tema]
Para podermos responder essa pergunta vamos ter de observar um experimento, conhecido pelos Físicos por Experimento de Oersted. Neste experimento, ele fazia passar uma corrente elétrica contínua por um fio e, ao aproximar uma bússola do fio, ele viu que ela sofria um deslocamento em relação a posição dos polos norte e sul da terra. Mas se ele afastasse a bússola do fio ele percebia que ela ia deixando de se deslocar até não se deslocar mais. Existe então uma relação entre o campo formado pelo fio e a distância até o fio.
O que é interessante para discutirmos deste experimento é que ele mostra que existe uma relação entre um fenômeno elétrico e um fenômeno magnético. Quando está parada uma partícula carregada cria um campo elétrico na região ao entorno dela. Para descrever esse fenômeno os físicos passaram a pensar que quando uma partícula carregada está em movimento ela cria, além do campo elétrico, um campo magnético.
A corrente elétrica que Oersted criou no experimento pode ser pensada como um grande conjunto de partículas carregadas, os elétrons, em movimento. Assim eles criavam o campo magnético que mudava a posição do imã.
Os físicos da época de Oersted se preocuparam não só descrever o que influenciava na criação deste campo magnético dentro do fio mas também em calcular sua intensidade. Então eu pergunto para vocês. O que deve influenciar na intensidade do campo magnético nas proximidades do fio? [Espera-se que eles associem a corrente elétrica à intensidade do campo e à distância ao fio]
Se passasse mais corrente o campo seria maior ou menor? [Maior]

Se a distância fosse maior o campo seria maior ou menor? [Menor]
Eles também descobriram que de acordo com o meio o campo magnético criado teria intensidades diferentes. Para isto eles criaram uma grandeza física chamada permeabilidade magnética. Ela está associada a capacidade do meio de permitir a criação de um campo magnético.
Quanto maior essa permeabilidade maior ou menor o campo magnético? [Essa pergunta serve para contextualizar o conceito. Não é esperado que o aluno responda "maior"]
Maior! Quanto maior essa permeabilidade magnética, mais intenso fica o campo magnético. Então percebemos que o campo depende de três coisas: Da intensidade da corrente, da distância ao fio e da permeabilidade magnética.
Na última aula vimos que quando existe uma dependência de uma grandeza com outra, nós podemos escrever isso através de uma equação.
Se uma coisa aumenta com a outra de maneira proporcional nós escrevemos assim: $C = 5.P$
Se uma coisa diminui com a outra de maneira proporcional nós escrevemos assim: $M = \frac{100}{P}$
Se uma coisa aumenta com uma e diminui com outra, nós escrevemos assim: $P = \frac{F}{A}$
Logo para essa situação do fio como nós devemos escrever? [Essa pergunta também foi elaborada para levar o aluno a uma reflexão. As grandezas diretamente proporcionais são escritas no numerador, e as inversamente no denominador.]
Tem a corrente elétrica que faz o campo aumentar; tem a permeabilidade magnética que faz o campo aumentar e tem a distância que faz o campo diminuir. Ficaria como então a equação? [Espera-se que eles sejam capazes de construir algo parecido com a equação abaixo] $B = \frac{\mu.i}{d}$
Além desses três valores, em algumas equações nós devemos considerar colocar um valor constante, chamado constante de proporcionalidade. Para essa equação o fator de proporcionalidade está no denominador assim: $B = \frac{\mu.i}{2\pi R}$
[Acredito que esse seja o momento mais crítico da aula. A adição da constante 2π na equação é complicada de se explicar. Usa-se da ideia de que certas equações possuem constantes de proporção. Isso vai ficar melhor discutido com os estudantes durante a resolução do exemplo na próxima aula]

ANEXO F – Plano de Aula 4

Aula 4

Na última aula nós estávamos discutindo como é que é possível criar um campo magnético. Nós vimos que quando passa uma corrente elétrica por um fio, este cria um campo magnético. Para determinar a intensidade deste campo nós escrevemos uma equação:

$$B = \frac{\mu.i}{2\pi d}$$

Nós escrevemos essa equação na última aula. Eu gostaria que vocês me dissessem:

O que significa cada símbolo desta equação? [“B” é a intensidade do campo magnético; ”μ” é a permeabilidade magnética; ”i” é a corrente elétrica; e ”d” é a distância ao fio]

O campo aumenta ou diminui com a corrente?[Aumenta]

O campo aumenta ou diminui com a permeabilidade magnética?[Aumenta]

O campo aumenta ou diminui com a distância até o fio?[Diminui]

Por último eu só queria destacar qual será a unidade que nós vamos utilizar para o campo magnético. O nome dela será Tesla, em homenagem ao Físico, Nicola Tesla.

Para vocês terem uma ideia da intensidade desta unidade:

31.869 μT (3.1×10^{-5} T) –Campo magnético criado pela terra na sua superfície.

1.25 T – Campo magnético no interior de um imã de neodímio.

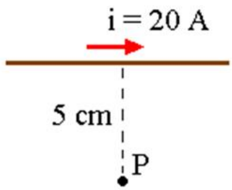
1.5 T até 3 T – Campo criado por um aparelho de ressonância magnética.

17.6 T – Campo magnético mais poderoso já criado em laboratório (Julho de 2014).

Agora que já conhecemos essa equação eu gostaria de resolver com vocês uma questão.

Escrever o exemplo no quadro:

Ex.: Para a figura abaixo, determine o valor do vetor indução magnética B situado no ponto P. Adote μ = $4\pi.10^{-7}$ T.m/A, para a permeabilidade magnética.



Para podermos resolver esta questão precisamos inicialmente pensar o que estamos procurando. O campo magnético no ponto P tem uma intensidade que nós vimos que depende de três coisas: Da corrente elétrica, do meio (com a permeabilidade magnética), e da distância até o fio. A relação que nós vimos diz que a intensidade do campo é maior quanto maior for a corrente elétrica e a permeabilidade magnética: $B = i.\mu$ [Neste momento está se buscando reconstruir a equação com os alunos]

Mas que é menor quanto maior for a distância ao fio: $B = \frac{i.\mu}{R}$

E que depende de um fator de proporção: $B = \frac{i.\mu}{2\pi R}$

Essa é a equação que relaciona o campo criado com as suas variáveis.Bem, vamos determinar agora qual o valor de cada variável.A corrente elétrica vale 5 ampères. A permeabilidade magnética vale $4\pi.10^{-7}$ *T.m/A. A distância ao fio vale 5 cm.*

Quando nós vamos fazer uma conta é preciso que tenhamos cuidado na hora de avaliar quais as unidades que nós estamos utilizando. Todos os valores que substituirmos na fórmula tem de estar com unidades iguais para cada grandeza. Todas as unidades de tempo têm que estar iguais, todas as unidades de corrente têm de estar iguais, todas as unidades de distância têm de estar iguais. A corrente elétrica está em "A", a permeabilidade está em "T.m/A" e a distância está em "cm".Logo é necessário que transformemos ou a unidade da permeabilidade para "T.cm/A" ou a de distância para "m".

Mas por que é necessário que façamos essa mudança? Para pensarmos nisso vamos lembrar do confeiteiro que fazia os bolos.

Lembram da equação que dizia quantas colheres ele precisava? $C = 5.Q$

Se ele usar uma colher maior ele vai precisar de mais ou menos colheres? Se ele usasse uma colher menor ele vai precisar de mais ou menos colheres? Assim, nós dizemos que ele tem de usar cinco colheres **de sopa** *para cada bolo, ao invés de dizer que ele tem de usar cinco colheres* ***de chá****. Entretanto, se eu disse para vocês que cada colher de sopa pode conter tanta farinha quanto quatro colheres de chá. Quantas colheres de chá ele precisaria para um bolo?* $4.5 = 20$ [Espera-se que eles sejam capazes de interpretar a situação e concluir que seriam vinte colheres]

Logo se ao invés de escrevermos a equação para colheres de sopa nós a escrevêssemos para colheres de chá como ela ficaria: $C = 20.Q$

Nota que a forma como nós vamos escrever a equação depende da unidade que estamos utilizando. Numa equação a unidade era colheres de sopa, na outra é de chá.
Nas equações de física temos de tomar o cuidado de usar unidades iguais para as mesmas grandezas na hora de fazer as contas, caso contrário não vamos saber exatamente qual unidade é o resultado (colheres de sopa ou chá).

ANEXO G – Plano de Aula 5

Aula 5

Começar o encontro reescrevendo o exemplo da última aula no quadro.
Gostaria de relembrar o que vimos na última aula. Nós falamos sobre unidades e como elas alteram nossas equações. Nós vimos que se utilizássemos colheres de sopa no problema do confeiteiro que fazia bolos a equação que nós escrevíamos era: $C = 5.Q$
Mas se utilizássemos colheres de chá a equação ficava: $C = 20.Q$
Pois sabíamos que uma colher de sopa contém quatro colheres de chá.
Agora vamos voltar a questão que estávamos resolvendo sobre o fio reto. Nós tínhamos um problema onde o valor de uma das grandezas nos foi dado em uma unidade diferente daquela que nós usaríamos na equação, pois queríamos o resultando do campo em Teslas. Para isto precisávamos transformar o valor de cinco centímetros para cinco metros.
Para transformar um valor de centímetros para metros nós temos fazer o quê? [Espera-se que eles respondam algo como dividir por cem]
Como vocês poderiam escrever isso? [Espera-se que eles descrevam as formas abaixo. Caso contrário, o professor mesmo escreve]

$$\frac{5}{100} \quad 0{,}05 \quad 5 \div 100$$

Essas são formas diferentes de se escrever 5 divido por cem. Para os físicos e matemáticos, entretanto existe uma forma diferente de se escrever cinco divido por cem.
Mas antes de apresentar este formato eu gostaria de fazer para vocês algumas perguntas.
O que significa para vocês estes símbolos:

$$10 \ [dez]$$
$$10^1 \ [dez\ elevado\ \text{à}\ 1, que\ \text{é}\ igual\ a\ dez]$$
$$10^2 \ [dez\ elevado\ \text{à}\ 2, que\ \text{é}\ igual\ a\ cem]$$
$$10^3 \ [dez\ elevado\ \text{à}\ 3, que\ \text{é}\ igual\ a\ mil]$$
$$10^{-1} \ [dez\ elevado\ \text{à}\ menos\ 1, que\ \text{é}\ igual\ 1\ dividido\ por\ dez]$$
$$10^{-2} \ [dez\ elevado\ \text{à}\ menos\ 2, que\ \text{é}\ igual\ 1\ dividido\ por\ cem]$$

$$10^{-3}\ [dez\ elevado\ \text{à}\ menos\ 3, que\ \text{é}\ igual\ 1\ dividido\ por\ mil]$$
$$2.10^{1}\ [duas\ vezes\ dez\ elevado\ \text{à}\ 1, que\ \text{é}\ igual\ 2\ vezes\ dez]$$
$$2.10^{-1}\ [duas\ vezes\ dez\ elevado\ \text{à}\ menos\ 1, que\ \text{é}\ igual\ 2\ divido\ por\ dez]$$

Se nós quiséssemos escrever cinco divido por cem nesta linguagem como nós faríamos isto? [Espera-se que eles descrevam algo próximo a forma abaixo]

$$5.10^{-2}$$

Essa é a linguagem que os físicos utilizam para escrever multiplicado ou dividido por alguma coisa. Quando nós vimos o valor da permissividade magnética nós escrevemos: $4\pi.10^{-7}$
Ou seja é 4π, *que é aproximadamente igual a 12, divido por* 10^{7} *(10.000.000). Vamos continuar a escrever então a nossa equação da última aula:* $B = \frac{i.\mu}{2\pi R}$
Os valores ficam então: $B = \frac{20.4\pi.10^{-7}}{2\pi.5.10^{-2}}$
Para terminarmos a equação vamos realizar a divisão: $B = \frac{4.4\pi.10^{-7}}{2\pi.10^{-2}}$

$$B = \frac{8.10^{-7}}{10^{-2}}$$

Para realizar a divisão das potências de dez eu gostaria que vocês me descrevessem o que vocês entendem pelos símbolos que eu vou escrever no quadro:

$$10^{x}10^{y}10^{a}$$
$$10^{x} = 10^{1}$$
$$10^{x} = 10^{3}$$

O que estes símbolos significam? [Espera-se que eles sejam capazes de identificar que as três primeiras equações são similares; que a segunda equação indica que “x” vale “1”; e que a terceira equação indica que “x” vale 3]
Ok! Agora eu vou escrever uma propriedade matemática: $\frac{10^{x}}{10^{y}} = 10^{x-y}$
Se eu escrevesse agora para vocês: $\frac{10^{3}}{10^{5}}$
É igual a quanto? [Espera-se que ele seja capaz de utilizar a propriedade para resolver o problema] $\frac{10^{3}}{10^{5}} = 10^{3-5} = 10^{-2}$
Se eu escrevesse agora para vocês: $\frac{10^{-3}}{10^{-5}}$
É igual a quanto? [Espera-se novamente que ele seja capaz de resolver o problema] $\frac{10^{-3}}{10^{-5}} = 10^{-3+5} = 10^{2}$

Então quando escrevemos: $\frac{10^{-7}}{10^{-2}} = 10^{-7+2} = 10^{-5}$
[Essa era a equação do exemplo]
Então: $B = \frac{8.10^{-7}}{10^{-2}}$ $\quad B = 8.10^{-5}\ T$

ANEXO H – Plano de Aula 6

Aula 6

Começar o encontro fazendo o desenho da situação do fio reto criando um campo magnético representada no exemplo da última aula.
Na última aula nós falamos sobre o campo magnético criado por um fio e calculamos ele para uma situação. Durante nossas aulas nós vimos uma equação, a equação que representa como a intensidade do campo magnético varia com as características da situação. Nós vimos que para um fio reto (desenhar um fio reto) por onde passa uma corrente elétrica "i" a intensidade do campo dependia de...? [Da corrente elétrica, do meio e da distância]

$$B = \frac{\mu . i}{2\pi d}$$

Nós calculamos e vimos que a intensidade do campo elétrico nesta situação, neste ponto, vale 8,1.10^{5} *T. Mas isto, a intensidade do campo, não é o suficiente para descrevermos os campos magnéticos criados por um fio. Um campo magnético é uma grandeza vetorial.*
Vocês se lembram do que é uma grandeza vetorial ou um vetor? [Espera-se que eles descrevam alguma grandeza vetorial usada na física]
O que é um vetor? [Espera-se que eles associem a ideia de vetor a módulo, direção e sentido. Talvez descrevam alguma grandeza física]
Onde aparecem vetores na física? [Espera-se que eles descrevam alguma situação ou alguma grandeza]
Vocês já estudaram vetores fora da física? [Sem resposta esperada]
Quando nós falamos em grandezas físicas elas existem de dois tipos: as escalares e as vetoriais. As grandezas escalares são completamente caracterizadas por um número seguido de uma unidade. Se eu falo para vocês que a minha massa vale "90 kg", vocês têm a informação completa do valor da minha massa. Se eu falar pra vocês que a temperatura dessa sala é de "20°C" vocês têm a informação completa da temperatura desta sala. Se eu falar para vocês o volume de uma caixa de leite é "1 litro" vocês têm a informação completa do volume desta caixa. Mas e se eu falar para vocês que eu andei "10 metros", vocês sabem para onde eu fui? Se eu falar que a minha velocidade é de "80 km/h", vocês sabem

para onde eu estou indo? Se eu falar que eu estou realizando uma força que vale "10 N" vocês sabem para onde eu estou empurrando um objeto? *Notam que existem certas grandezas que necessitam de uma informação maior do que o número seguido da unidade para serem completamente informadas? Essas grandezas necessitam que além de eu dizer qual a sua intensidade, que eu diga para onde elas apontam. Então nós podemos dividir as grandezas na física em dois tipos: as escalares e as vetoriais. As grandezas escalares só precisam do número seguido da unidade para serem caracterizadas, já as vetoriais precisam também que eu diga para onde elas apontam. O número seguido da unidade nós chamaremos de módulo ou intensidade, e o dizer para onde elas apontam nós vamos representar por duas coisas: a direção e o sentido.*

Vocês se lembram o que é direção e sentido? [Espera-se que eles atribuam direção e sentido à "para onde aponta o vetor" ou algo do gênero]

[Usa-se o quadro para descrever as situações expostas no próximo parágrafo]

Direção é uma característica de uma linha de uma reta. Uma reta pode ser horizontal, pode ser vertical, pode estar na diagonal com um ângulo, ou com outro ângulo. Cada reta dessas, quando não são paralelas, tem uma direção diferente. Cada direção dessas tem dois sentidos. Na horizontal, ela pode ser para a direita ou para a esquerda, entrando no quadro ou saindo do quadro; na vertical ela pode ser em dois sentidos também, para cima ou para baixo; na diagonal para cima ou na diagonal para baixo. Quando nós vamos caracterizar uma grandeza vetorial nós temos que dizer todas as características dela. Por exemplo para representar completamente meu deslocamento eu falo que ele é igual à: 10 metros na horizontal para a direita. [escrever no quadro]

Qual destes termos é o módulo? Qual é a direção? Qual é o sentido? [O módulo é "10", a direção é "horizontal" e o sentido é "para a direita"]

Bem, agora que já sabemos o que é uma grandeza vetorial, vamos voltar para o campo magnético. Com o que vocês já sabem, poderiam me dizer se acham que o campo magnético é uma grandeza escalar ou vetorial? [Essa pergunta é retórica]

Quando nós representamos um campo magnético num imã nós fazemos isto através de linhas que nós chamamos de linhas de campo. [Desenhar um imã no quadro mostrando as linhas de campo].

Estas linhas elas saem do pólo norte e vão em direção ao pólo sul. Em cada linha destas eu posso desenhar uma reta tangente a linha. Essa reta só toca a linha em um ponto. [Desenhar várias retas tangentes na representação]

Estas retas definem a direção do campo magnético. O sentido vai depender se elas estão saindo do pólo norte ou do pólo sul. [Desenhar no quadro algumas diferentes situações de sentido da linha]
O sentido das linhas é aquele que sai do polo norte do imã e vai em direção ao polo sul do imã.
Bem com isso podemos dizer que o campo magnético é uma grandeza vetorial.
O que isso significa mesmo? [Essa pergunta é feita para identificar se os alunos compreenderam o conceito de grandeza vetorial exposto]
Bem vamos voltar agora a situação do fio retilíneo onde percorre uma corrente. [Observar o desenho feito no quadro no início da aula] *Sabemos que neste ponto a intensidade do campo magnético é $8{,}1.10^5$ T. Mas para ter a informação completa do campo nós vamos precisar saber qual é a direção e o sentido deste campo.*
E aí? Qual é a direção e o sentido que vocês acham que o campo tem? [Espera-se que eles verifiquem as linhas de campo que descrevem o campo para o imã, com polo norte e sul, não tem a mesma forma no fio reto, pois não existe um polo norte e sul bem definido na situação do fio]
Para podermos descobrir qual é a direção e o sentido do campo vamos ter de pensar em algumas coisas. Quando um campo magnético é criado ele tem uma característica bastante peculiar. É difícil entender por que é assim, mas vamos admitir que já sabemos que é assim. A característica é que o campo criado por um pedaço do fio é perpendicular a este pedaço de fio.
Vocês lembram o que significa dizer que alguma coisa é perpendicular? [Espera-se que eles relacionem o termo perpendicular ao fato de uma reta formar um ângulo de noventa graus com outra reta].

ANEXO I – Plano de Aula 7

Aula 7

Terminamos a última aula falando sobre o que significava o termo perpendicular. Quando eu crio o campo magnético com o fio este campo tem de ser perpendicular ao fio. Como poderia ser isto? [Aqui espera-se que eles respondam que as linhas de campo devem sair do fio, imaginado que o fio é uma reta e que as linhas de campo são outras retas perpendiculares a estas].
Essa é uma possibilidade[a das linhas cruzarem o fio perpendicularmente], *mas nós vamos ver que não tem como o campo sair do fio. A explicação disso vem de uma propriedade dos imãs. Na realidade as linhas de campo são perpendiculares ao fio, mas não*

apontam para ele ou para fora dele. Como assim? Bem, imaginem que esta caneta representa o campo magnético neste ponto. Ela vai apontar nesta direção. Neste outro ponto ela vai apontar nesta outra direção. Neste outro ponto ela vai apontar nesta outra direção.[Utilizar uma caneta para representar um vetor no espaço. Isto é feito para representar as linhas saindo e entrando no quadro]

E assim nós podemos ver que o campo pode apontar em diversas direções diferentes de acordo com a posição do fio. Se eu pegasse pontos mais afastados as direções ainda serão as mesmas, mas a intensidade do campo vai diminuir.

[Procurar utilizar um lápis menor que a caneta para representar o vetor mais afastado, indicando que o tamanho do vetor na representação indica seu módulo].

Mas daí podemos nos perguntar: Se sabemos qual é a direção do campo magnético, como saberemos o sentido? Nós sabemos que o campo aponta nesta direção perpendicular, mas e o sentido?

Para poder resolver este problema nós vamos utilizar uma regra de vetores chamada regra da mão direita. Nós não vamos discutir por que é assim, mas essa regra serve para darmos um sentido ao campo magnético. Vamos precisar usar nossa mão direita para isto. Vamos colocar nossa mão com o dedão apontado no sentido da corrente elétrica.

[Mostrar na frente da sala como funciona]

Depois nós vamos deixar nossos outros dedos assim retos. Neste ponto o campo magnético aponta para lá. Se eu girar a mão eu vou ver que ele aponta para lá neste outro ponto. Neste outro ele aponta para lá.

Imaginem agora que eu vire este fio e coloque ele de frente para o quadro com a corrente saindo do quadro. Se eu fosse desenhar os vetores do campo magnético nestes pontos eu usaria a regra da mão direita e eles ficariam assim... [Desenhar vetores de campo magnético em diversas posições quando o fio está saindo do quadro. O objetivo é visualizar um fenômeno de três dimensões através da utilização de várias imagens em duas dimensões]

Se os vetores estão dispostos desta forma, o que podemos falar sobre as linhas de campo?

As linhas de campo se colocam de forma que o campo é perpendicular a elas em cada ponto. Então nesta região as linhas de campo seriam assim, formando um círculo. Aqui outro círculo e aqui outro círculo. Assim temos as linhas de campo formadas por um fio condutor. Essa representação que eu fiz no quadro é a representação de quando o fio é perpendicular ao plano do quadro e a corrente está saindo dele. [Pode ser feita também a representação da corrente entrando no quadro]

Quando queremos dizer que a corrente está saindo do quadro nós representamos isto por um ponto num círculo. [Desenhar o símbolo]
Se quisermos dizer que a corrente está entrando no quadro nós desenharíamos isto por um x num círculo. [Desenhar o símbolo]
Essa representação serve para descrever vetores que entram ou saem do quadro, no caso de vocês, que entram ou saem da folha. Ela tem uma explicação lógica. Quando pensamos em uma flecha a flecha tem dois lados: o lado da pena e o lado da ponta. [Desenhar uma flecha em perspectiva].
Se olhássemos para a flecha quando ela vem na nossa direção nós veríamos algo perto de um ponto com um círculo em volta. Assim é como representamos um vetor quando ele está vindo na nossa direção. A corrente elétrica aqui é um exemplo. Ela está vindo na nossa direção.
No caso de olharmos a flecha quando ela for atirada por nós, veremos a parte de trás dela que, devido as penas, se assemelha a um X com um círculo em volta. Assim é como representamos um vetor quando ele está entrando no plano, neste caso, no quadro.
Vamos utilizar agora este conhecimento para descrever como deve ser o vetor campo magnético na situação em que o fio, ao invés de ser colocado com a corrente saindo do quadro, é colocado no plano do quadro. Usando a regra da mão direita nós podemos descrever que na parte de cima do fio os vetores do campo magnético estão saindo ou entrando no quadro? Como nós representamos isto? E na parte de baixo do fio? Como nós representamos isto? [Espera-se que eles sejam capazes de participar, descrevendo os vetores campo magnético através da simbologia apresentada]
Vamos voltar agora ao nosso exemplo da última aula. O campo magnético no ponto P tem módulo$8{,}1.10^{-5}$ *T e aponta para dentro do quadro. Essa é a forma como representamos então o campo magnético criado por um fio condutor.*
Relembrando então o que nós estudamos nas últimas aulas:
Um fio condutor é capaz de criar na região do seu entorno um campo magnético. Este campo magnético tem uma intensidade que depende de três coisas: Da intensidade corrente elétrica, da permeabilidade magnética do meio e da distância do ponto do meio até o fio.
Nós representamos isto pela equação: $B = \frac{\mu . i}{2\pi R}$
Isto indica que o campo aumenta com a permeabilidade magnética e com a corrente elétrica, mas diminui com a distância até o fio. O valor "2π" serve como constante que está relacionada com as características da situação em questão que estamos discutindo.

Este campo magnético é uma grandeza vetorial e tem direção e sentido que dependem de uma regra matemática chamada regra da mão direita. A regra é pegar o nosso dedão e apontar na direção da corrente elétrica, os outros dedos irão apontar na direção e sentido do campo magnético, lembrando que ele é sempre perpendicular ao fio.
Bem, como vocês já estudaram bastante esta relação eu vou pedir para vocês fazerem um exercício para mim na próxima aula. Cada um de vocês vai ganhar uma folha com uma série de perguntas. Eu vou utilizar esta folha para a avaliação de vocês. Ganhará nota quem participar, não necessariamente quem acertar. Eu não quero que vocês escrevam somente se tiverem certeza. Escrevam o que vocês pensam que é certo.

ANEXO J – Plano de Aula 8

Aula 8

Para a realização deste momento foi planejado levar até a sala de aula fio flexível de cobre para facilitar as demonstrações. *Hoje nós vamos começar a falar de um novo tipo de sistema.*
Na eletrônica existe um componente que chamamos de bobina. Ela é utilizada em diversos aparelhos tais como: Ventiladores, aparelhos de rádio, máquinas de ressonância magnética e radares de velocidade de veículos. As bobinas são utilizadas por nós para transformar energia elétrica em mecânica através do motor elétrico.
Uma das principais utilidades das bobinas aparece na geração de energia elétrica. Isso se deve as características magnéticas que ela vai apresentar. A produção de energia elétrica na nossa sociedade está muito vinculada aos fenômenos magnéticos.
Vamos começar então descrevendo o que é uma bobina. Este nome “bobina” vai muitas vezes ser substituído pelo termo “solenoide”. Para efeito de nosso estudo é a mesma coisa. Um solenoide é como se denomina um condutor enrolado na forma de espiras. Mas isso nos leva à pergunta: o que é uma espira?
Uma espira é um fio enrolado. Como assim? Imagine que nós pegamos um fio reto e enrolamos ele formando algo como isto.
[Fazer um desenho no quadro da situação e mostrar com o fio flexível]
Isto seria uma espira. Se a forma como eu enrolo o fio forma um quadrado nós falamos que a espira é quadrada; Se enrolamos na forma de um círculo é uma espira circular; Se enrolamos na forma de um retângulo é uma espira retangular, e assim vai...
Qual a função de uma espira? Fazer o campo magnético ter uma direção privilegiada. Quando nós temos uma corrente elétrica circulando uma

espira, existe uma face dela na qual o campo sai, e uma face na qual o campo entra. Isto é parecido com o comportamento de um imã. No imã o polo norte é da onde saem as linhas de campo e o polo sul é aonde entram as linhas de campo.
[Realizar um desenho no quadro. Utilizar a regra da mão direita para fazer a demonstração de que as linhas vão ter um lado privilegiado pelo qual saem o outro pelo qual entram]
Assim nossa espira se comporta como um imã, tendo um polo norte e um polo sul.
Se eu aproximar o polo norte de um imã do polo norte da espira eles vão se atrair ou se repelir? [Se repelir. O polo norte de um imã se repele do polo norte de outro imã.]
Vamos pensar um pouco nesta repulsão. Esperamos que ela seja maior ou menor caso eu aumente a corrente elétrica que passa pela espira? [Maior. Se aumentarmos a corrente, aumentamos a intensidade do campo magnético.]
Essa relação é de proporcionalidade direta ou inversa? [Espera-se que os alunos concluam que é de proporcionalidade direta]
Se eu for escrever uma equação que relaciona o campo com a corrente elétrica e dizemos que o campo aumenta com a corrente elétrica, nós escrevemos a equação algo assim ou assim?
[Escrever as duas seguintes possibilidades no quadro e esperar que os alunos escolham a primeira]

$$B = i \ldots \qquad B = \frac{\ldots}{i}$$

Deve ser alguma coisa perto da primeira então.
Um dos fatores que também influencia na criação do campo magnético é o meio. Quanto mais intensa for a permeabilidade magnética do meio, maior ou menor deve ser o campo magnético criado pela espira? [Maior]
Essa relação é de proporcionalidade direta ou inversa?[Direta também]
Então nossa equação para o campo vai ficar alguma coisa como o que?
[Novamente escrever as duas seguintes possibilidades no quadro e esperar que os alunos escolham a primeira]

$$B = i.\mu \ldots \qquad B = \frac{i \ldots}{\mu}$$

O campo criado pela espira, nós não vamos estudar exatamente qual é a equação, mas ela se constrói algo como nesta forma. Percebem que eu estou descrevendo uma relação com esta equação? E que esta relação descreve um problema real, um problema físico?
Bem... vamos então falar agora sobre o solenoide. Ele é um conjunto de espiras. Se juntarmos duas espiras vamos formar um campo maior do que

aquele formado por uma só. Se colocarmos três, vamos ter um campo maior ainda. Se conseguíssemos colar uma espirar na outra, ou seja, se o tamanho delas fosse desprezível, a intensidade do campo iria ser o número de espiras vezes o campo criado por cada uma. Note que juntando espiras nós conseguimos fazer um campo maior. Então se eu quiser ***aumentar*** *a intensidade do campo magnético no interior do solenoide, eu* ***aumento ou diminuo*** *o número de espiras?* [Aumenta]
Essa relação é de proporcionalidade direta ou inversa?[Proporção Direta]
E a nossa relação para o campo magnético vai ficar alguma coisa com qual dessas duas caras? [Novamente escrever as duas seguintes possibilidades no quadro e esperar que os alunos escolham a primeira]

$$B = i.\mu.N \ldots \qquad B = \frac{i.\mu \ldots}{N}$$

Esta é a ideia do solenoide. Juntamos várias espiras para termos um campo magnético maior. Só que elas têm um tamanho, de forma que se eu juntar muitas espiras começa a aumentar o tamanho do solenoide. Vocês acreditam que ***aumentando*** *o tamanho do solenoide, o campo magnético que ele vai criar no seu interior, vai* ***aumentar ou diminuir****?*
[Espera-se que eles falem diminua com o comprimento. Talvez alguns lembrem do questionário onde a equação do campo magnético criado pelo solenoide já havia sido apresentada.]
Bem, podemos pensar em dois casos extremos: Um deles é o com as espiras sem tamanho, uma em cima da outra; e o outro é o caso das espiras bem afastadas uma das outras. Em qual das situações vocês acham que o campo vai ser mais intenso no interior da bobina. [No caso delas juntas].
Como o campo diminui à medida que eu me afasto das espiras, eu posso imaginar que quanto mais afastadas elas estiverem, menos intenso vai ser o campo enre elas. Novamente perguntando: Vocês acreditam que ***aumentando*** *o tamanho do solenoide, o campo magnético que ele vai criar no seu interior, vai* ***aumentar ou diminuir****?* [Diminuir]
Essa relação é de proporcionalidade direta ou inversa? [Inversa]
Então escreveremos algo como qual dessas duas possibilidades?
[Novamente escrever as duas seguintes possibilidades no quadro, mas desta vez o esperado é que os alunos escolham a segunda]

$$B = i.\mu.N.L \ldots \qquad B = \frac{i.\mu.N \ldots}{L}$$

Bem, vamos concluir aqui em sala que o campo magnético criado no interior de um solenoide só depende destas quatro grandezas, de forma que podemos escrever:

$$B = \frac{i.\mu.N}{L}$$

Desta forma, olhando para a equação, podemos nos fazer algumas perguntas:
*O **Campo Magnético** (desta equação) depende de quantas grandezas? [Quatro grandezas]*
*A relação entre a **Campo Magnético** e a **Corrente Elétrica** é uma relação de proporcionalidade direta ou inversa?* [Direta]
*A relação entre a **Campo Magnético** e o **Número de Espiras** é uma relação de proporcionalidade direta ou inversa?*[Direta]
*A relação entre o **Campo Magnético** e o **Comprimento** é uma relação de proporcionalidade direta ou inversa?* [Inversa]
*Se você estivesse fazendo um experimento onde precisasse **aumentar** o **Campo magnético** (descrito por essa equação) mas a única coisa que pudesse fazer fosse aumentar ou diminuir a **Corrente elétrica**, o que você faria com ela?*[Aumentaria]
*Se você estivesse fazendo um experimento onde precisasse **aumentar** o **Campo magnético** (descrito por essa equação) mas a única coisa que pudesse fazer fosse aumentar ou diminuir o **Comprimento**, o que você faria com ele?* [Diminuiria]
[O que se faz aqui basicamente é uma discussão do segundo problema do questionário]

ANEXO K – Plano de Aula 9

Aula 9

Para a realização desta aula, foi planejado montar dois eletroímãs previamente, levar os materiais utilizados na realização da experiência em sala e discutir com os alunos como cada característica dos materiais influência na criação do campo magnético.
Agora que já discutimos qual é a intensidade deste campo vamos ver um exemplo de aplicação dele. A minha proposta de hoje é construir um solenoide e ver se ele se comporta como um imã. Eu trouxe aqui para sala de aula algumas coisas.
[Retirar os materiais. Abaixo segue uma descrição de quais são os materiais] *Dos materiais que nós temos aqui podemos ver:*
Alguns fios (fios flexíveis). Esse é um fio flexível usando em instalações elétricas. Como vocês podem ver, aqui dentro do plástico que cobre o fio tem pequenos fios de um material brilhoso, quase dourado. Este material é o cobre. O cobre deste fio aqui é quase puro, ou seja, não é misturado com outros elementos, como cobre, oxigênio ou outros

metais. Eles produzem o fio com cobre quase puro, para evitar perdas de energia pela existência de impurezas.

Um outro tipo de fio que vocês podem encontrar nas lojas de material de construção são os fios rígidos. Um fio rígido ele é feito de um pedaço único de cobre, e não de vários pequenos que nem este fio aqui. O fio rígido, apesar de ser bastante útil para as construções, não foi o que eu utilizei para fazer o eletroímã pois é mais difícil de dobrá-lo e eu precisei dobrá-lo para fazer o solenoide.

Alguns pregos grandes.

Algumas pilhas AA.

Uma fita isolante.

Dois solenoides montados, sendo que um tem mais espiras do que o outro.

Bem, na última aula nós falamos de solenoides. O que era um solenoide? Para fazer um solenoide nós precisávamos juntar várias espiras. Enrolando elas assim nós fazíamos uma bobina ou solenoide. [Desenhar no quadro e mostrar com os fios]

Quando eu fizesse uma corrente elétrica percorrer o solenoide, passava a existir na região no entorno dele um campo magnético. Esse campo magnético, ele é representado por linhas que saem de um lado do solenoide e entram no outro lado dele, parecido com um imã.

[Desenhar as linhas de campo no quadro]

Este lado da onde saem as linhas é o polo norte ou sul do imã? [norte]

Este lado aonde entram as linhas de campo? [sul]

Este solenoide então tem linhas de campo parecida com as de um imã, mas ele não é que nem um imã normal. Ele só se comporta como um imã se passar uma corrente elétrica pelo fio.

Nós vimos também que existia uma equação para determinar o campo magnético no interior do solenoide. Essa equação dependia de quantas grandezas? [Quatro]

Quais eram as grandezas? [Corrente elétrica, permeabilidade magnética, número de espiras e comprimento do solenoide]

Dependia da corrente elétrica que iria passar pelo solenoide. Se a corrente aumentava o campo magnético aumentava ou diminuía? [A ideia é ir construindo novamente a equação no quadro, grandeza à grandeza.] $B = i$

Dependia do meio no interior do solenoide. Nós representávamos isto pela permeabilidade magnética do meio μ. Quanto maior o μ, maior era o campo magnético. $B = i.\mu$

Também dependia do número de espiras e do comprimento do solenoide. Se eu aumentava o número de espiras o campo aumentava e se eu aumentava o comprimento do solenoide o campo diminuía. $B = \frac{i.\mu.N}{L}$
Nós vimos esta equação mas eu trouxe hoje aqui os fios para que vocês pudessem ver como Já que temos fios aqui podemos ver como é um solenoide de verdade. Eu trouxe aqui para vocês dois solenoides que eu mesmo montei com este material.
Eu enrolei o fio flexível em volta deste prego, fazendo várias voltas em uma camada. Neste outro prego, eu enrolei o fio em duas camadas, dobrando o número de espiras totais do solenoide. Quanto mais voltas eu dou no fio, vocês esperam que maior ou menor vai ser o campo magnético? [Espera-se que eles respondam que maior] *Onde isto está expresso na equação?* [No número de espiras ser diretamente proporcional ao campo magnético]
Eu enrolei o fio flexível em volta do prego de ferro. Teria alguma diferença se eu só enrolasse o fio sem usar o prego? [Espera-se que eles respondam que sim, pois mudaria o meio no interior do solenoide.] *Onde isto está expresso na equação?* [Na permeabilidade magnética do meio ser diretamente proporcional ao campo magnético. O ferro tem uma permeabilidade magnética maior que a do ar.] Eu poderia enrolar o fio em um prego maior que este, deixando as espiras mais dispersas. Faria alguma diferença se eu mudasse o comprimento do prego sem mudar o número de espiras? [Espera-se que eles respondam que sim, pois o comprimento influencia na intensidade do campo magnético] *Onde isto está expresso na equação?* [No comprimento do solenoide ser inversamente proporcional ao campo magnético]
Eu tenho aqui dois conjuntos de pilhas. Num deles existem ***duas*** *pilhas unidas em série e fixadas com uma fita isolante. No outro deles existem* ***quatro*** *pilhas unidas em série e fixadas com uma fita isolante. Quando eu ligar as extremidades do solenoide nos polos elétricos dos meus conjuntos de pilhas vai começar a passar uma corrente elétrica pelo solenoide. Essa corrente elétrica vai produzir então um campo magnético no interior dele. Esse campo vai ser maior quando eu ligar o solenoide no conjunto de* ***duas*** *ou de* ***quatro*** *pilhas?*
[No de quatro pilhas, pois quanto mais pilhas, maior a tensão elétrica e consequentemente, para uma mesma resistência elétrica, maior será a corrente elétrica] *Onde isto está expresso na equação?* [Na corrente elétrica ser diretamente proporcional ao campo magnético]

Agora que já vimos como a equação descreve o campo magnético criado pelo solenoide, vamos realizar quatro situações diferentes e verificar em qual delas o campo magnético é mais intenso.
As situações são:
Usar o solenoide com menos espiras com as duas pilhas;
Usar o solenoide com menos espiras com as quatro pilhas;
Usar o solenoide com mais espiras com as duas pilhas;
Usar o solenoide com mais espiras com as quatro pilhas;
Para verificar em qual o campo é mais intenso, vamos pegar estes pregos que sobrar e verificar em quais situações eles são mais atraídos pelo solenoide e em quais situações eles são menos atraídos pelo solenoide. Mas, antes de realizarmos o experimento, em qual situação o campo magnético deveria ser maior? [Espera-se que eles respondam que o campo será maior quando houver mais espiras e um maior número de pilhas; que será menor na situação em que houver menos espiras e menos pilhas; e que terá um valor médio nas situações em que tem poucas espiras e muitas pilhas e que tem muitas espiras e poucas pilhas. Realiza-se então as demonstrações em sala, verificando que os pregos são mais atraídos na situação de muitas espiras e quatro pilhas.]
Na próxima aula eu vou entregar uma lista de exercícios para vocês. Vocês poderão se sentar em dupla para eu entregar a atividade. Eu vou pedir para vocês me entregarem ela no final da aula. Se vocês tiverem qualquer dúvida vocês vão poder me chamar durante a atividade.

ANEXO L – Plano de Aula 10

Aula 10

Questionário de Física

Escreva com suas palavras as respostas para as perguntas abaixo.
Escreva da forma como você pensa sem se preocupar com estar certo ou errado.

01) Pra você, o que é uma "equação"? Você pode explicar sua resposta através de um exemplo. (2,0)

02) Suponha que cada um dos símbolos abaixo represente uma grandeza:

- B = Campo Magnético
- μ = Permeabilidade Magnética
- i = Corrente Elétrica
- N = Número de Espiras
- L = Comprimento

a) Observe a equação abaixo e escreva o que ela significa para você (1,0):

$$B = \frac{\mu . i . N}{L}$$

Lendo esta equação (proposição "a") é possível concluir relações entre estas grandezas.

b) O **Campo Magnético** (desta equação) depende de quantas grandezas? (0,5)

c) A relação entre a **Campo Magnético** e a **Corrente Elétrica** é uma relação de proporcionalidade direta ou inversa? (0,5)

d) A relação entre a **Campo Magnéticoe** o **Número de Espiras** é uma relação de proporcionalidade direta ou inversa? (0,5)

e) A relação entre o **Campo Magnético** e o **Comprimento** é uma relação de proporcionalidade direta ou inversa? (0,5)

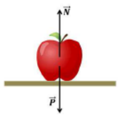
f) Se você estivesse fazendo um experimento onde precisasse **aumentar** o **Campo magnético** (descrito por essa equação) mas a única coisa que pudesse fazer fosse aumentar ou diminuir a **Corrente elétrica**, o que você faria com ela? (0,5)

g) Se você estivesse fazendo um experimento onde precisasse **aumentar** o **Campo magnético** (descrito por essa equação) mas a única coisa que pudesse fazer fosse aumentar ou diminuir o **Comprimento**, o que você faria com ele? (0,5)

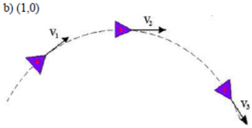
Questionário de Física

03) O que você entende pelas figuras abaixo? Procure descrever o que significa cada parte da imagem para você.

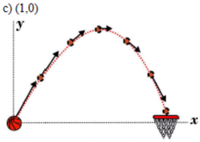
a) (1,0)



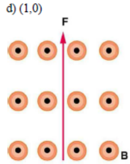
b) (1,0)



c) (1,0)



d) (1,0)



ANEXO M – Plano de Aula 11

Aula 11

Lista de Exercícios para Discussão:

01. Considere a situação em que um menino enrola várias espiras de um fio condutor de eletricidade ao redor de uma barra de ferro.

Leia, agora, as afirmações abaixo:

I - Se a barra for de material isolante, ela se comportará como um condutor.

II - Se a barra de ferro for um magneto, uma corrente elétrica circulará pelas espiras.

III - Se uma corrente elétrica circular pelas espiras, a barra de ferro se comportará como um isolante.

IV - Se uma corrente elétrica circular pelas espiras, a barra de ferro se comportará como um magneto.

A afirmativa que se aplica à situação descrita é a de número:

a) I b) II c) III **d) IV**

02. Considere as afirmações sobre o campo magnético no interior de um solenoide.

I. O módulo desse campo é proporcional ao número de espiras por unidade de comprimento do solenoide.

II. A intensidade desse campo diminui quando se introduz uma barra de ferro no seu interior.

III. O módulo desse campo é proporcional à intensidade da corrente elétrica que percorre o solenoide.

Está correto SOMENTE o que afirma-se em:

a. I b. II c. III d. I e II **e. I e III**

03. Uma espira circular é percorrida por uma corrente elétrica contínua, de intensidade constante. Quais são as características do vetor campo magnético no centro da espira?

a) É constante e perpendicular ao plano da espira.

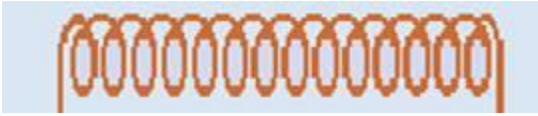
b) É constante e paralelo ao plano da espira.

c) No centro da espira é nulo.

d) É variável e perpendicular ao plano da espira.

e) É variável e paralelo ao plano da espira.

04. Um solenoide ideal, de comprimento 50 cm e raio 1,5 cm, contém 2000 espiras e é percorrido por uma corrente de 3,0A.



O campo de indução magnética é paralelo ao eixo do solenoide e sua intensidade B é dada por:

$$B = \frac{\mu . i . N}{L}$$

Onde N é o número de espiras, L é o comprimento do solenoide e i é a corrente.

Sendo $\mu_0 = 4\pi.10^{-7}$T.m/A:

a) Qual é o valor de B ao longo do eixo do solenoide?

b) O que aconteceria com o campo magnético se eu dobrasse o raio de cada espira? Justifique.