

# Linguagem Matemática e Ensino de Física: uma Análise da Reflexão de Licenciandos

## Mathematical Language in Physics Education: an Analysis of Undergraduate's Reflections

### Resumo

Trata-se da análise dos dados de uma investigação sobre como licenciandos em física refletem sobre o papel da Linguagem Matemática no Ensino de Física. Os dados, relativos à participação de uma videoconferência, foram coletados no contexto da disciplina de Metodologia e Prática de Ensino de uma licenciatura em Física a distância. A análise levou em consideração o contexto da produção verbal dos alunos com relação as demais atividades que ocorreram. Subsidiaram a produção das atividades e as análises realizadas, ideias discutidas na literatura sobre as relações entre física e linguagem matemática, com destaque para a noção de papel estruturante dessa linguagem na Física, caracterizadas por Karam (2012) no contexto do nível superior. Resultados apontam para convergências e divergências em relação a tais características.

**Palavras chave:** linguagem matemática; ensino de física; formação de professores; papel estruturante; videoconferência.

### Abstract

This is the analysis of the data of an investigation on how physics students reflect on the role of Mathematical Language in Physics Teaching. The data related to the participation of a videoconference were collected in the context of the Methodology and Practice of Physics Teaching of a degree in distance physics. The analysis took into account the context of the students' verbal production in relation to the other activities that occurred. They subsidized the production of activities and the analyzes carried out, ideas discussed in the literature on the relations between physics and mathematical language, with emphasis on the notion of the structuring role of this language in Physics, characterized by Karam (2012) in the context of the higher level. Results point to convergences and divergences in relation to these characteristics.

**Key words:** Mathematical Language; Physics Teaching; Teacher Training; Structuring Role; Videoconference.

### A Linguagem Matemática e o Ensino de Física

A Física é uma Ciência que busca compreender a natureza, ou melhor formular leis sobre natureza. Nessa busca os Físicos seguem caminhos que, apesar de bastante estudados por filósofos, ainda geram controvérsias a seu respeito, o que não nos permite estabelecer claramente como ele é trilhado (CHALMERS, 1993). Mas ninguém discordará que o formalismo matemático faz parte do desenvolvimento da Física e de seu ensino.

Na tentativa de compreender melhor a relação entre a Matemática e a Física, Pietrocola (2002), trazendo algumas ideias desse campo, descreve a Matemática como linguagem da Física, o que já implica em uma importante diferença entre os conhecimentos de senso comum e conhecimento Físico. No Ensino de Física, esta relação que pode parecer óbvia para alguns não o é para outros. É comum culpar o fracasso dos alunos, tanto no nível médio quanto superior, à deficiência de conhecimentos matemáticos, e a crença de que apenas uma boa bagagem matemática resolveria estes problemas. Nessa perspectiva a Matemática

possuiria um caráter ferramental, um instrumento “externo” que deve ser adquirido em outro lugar (aulas de matemática) para ser usado pela Física. Esta visão é prejudicial e criticada no ensino dessa disciplina por autores como Karam (2012), Pietrocola (2002), entre outros.

Uma consequência desta visão unicamente ferramental pode gerar desinteresse de estudantes pela Física, por estes não compreenderem a pertinência da matemática em seu aprendizado. Desta forma “é preciso encontrar formas de mostrar qual o papel desempenhado pela Matemática na aprendizagem da Física (PIETROCOLA, 2002, p. 91)”. Para Karam (2012), a função estrutural da Matemática na Física (*habilidade estruturante*) deveria ser um dos principais objetivos para o Ensino de Física. Ela está relacionada à capacidade de utilizar a Matemática em contextos externos a ela, em outras palavras, de compreender os fenômenos físicos matematicamente. A perspectiva colocada por Karam (2012), a partir de Pietrocola (2002) e outros autores, permite compreender a matemática como linguagem constitutiva da física, ou seja, trabalhar na perspectiva da concepção de linguagem como instrumento de pensamento. Algumas propostas têm sido pensadas no sentido de se trabalhar o caráter estruturante da matemática no Ensino de Física (PINHEIRO et al, 2001; KARAM; PIETROCOLA, 2009) em diferentes contextos.

Para Pietrocola (2002), possíveis soluções para trabalhar outra visão da Matemática no Ensino de Física, estariam relacionadas a uma análise mais detalhada das relações existentes entre a Matemática e a Física. Segundo Karam (2012), é preciso um investimento na formação de professores, tanto em discussões epistemológicas sobre o tema, como na busca de estratégias didáticas para tratá-lo em contextos de ensino. Há poucos trabalhos que têm analisado a questão da linguagem matemática na formação de professores ou em aulas de Física no Ensino Superior como o de Almeida (2012), Ataíde e Greca (2013) e Karam (2012). Almeida (2012) sugere que a formação de licenciandos em física, quando pautada num uso quase que exclusivo de exercícios, contribui sobremaneira no ideário dos alunos sobre o que é ser professor e ensinar física. Deste modo, a autora critica este tipo de centralidade no ensino de física uma vez que torna limitado o entendimento do aluno sobre o que é uma aula de física por exemplo. Já Ataíde e Greca (2013) concluem haver uma forte relação entre a forma com que graduandos em física entendem o papel da matemática na física com seu desempenho em disciplinas de física, especialmente na resolução de exercícios. Karam (2012), por sua vez, em vários trabalhos, defende a ideia de que uma visão mais saudável e condizente com a natureza da física, passa por um entendimento do caráter estruturante que a matemática tem na física, e que isso implica em no entendimento sobre a própria natureza da física enquanto área do conhecimento e em sua relação com o ensino desta disciplina.

Frente ao exposto, esse trabalho analisou parte de um tópico de ensino desenvolvido com objetivo de inserir a discussão sobre o tema no contexto da formação de professores. Buscamos entender o posicionamento dos licenciandos sobre as relações entre a Matemática e a Física em situações de ensino.

## **Aspectos Metodológicos**

O tópico de ensino sobre “Resolução de Problemas e o papel da matemática na Física e no Ensino de Física” foi desenvolvido na disciplina Metodologia do Ensino de Física da 7ª fase de um curso de Licenciatura em Física na modalidade a distância. Paralelamente, os licenciandos cursavam Mecânica Geral e Instrumentação para o Ensino de Física A, que tinha a questão da modelização como um de seus tópicos de estudos. Estas disciplinas ocorreram justamente nas semanas em que as atividades que propomos aconteceram. O tópico de estudos teve por objetivo problematizar a visão ferramental atribuída à Matemática e à prática de resolução mecânica de exercícios puramente matemáticos, como apontadas por autores como

Gil Pérez et al (1993) e Karam e Pietrocola (2009). As atividades desenvolvidas no tópico foram divididas em duas:

I – discussão em um fórum no ambiente virtual, a partir da resolução de um problema típico de Física retirado da literatura<sup>1</sup>, e em seguida pela leitura obrigatória de 2 artigos<sup>2</sup>;

II – apresentação de uma análise crítica com base em uma situação de sala de aula típica de uma disciplina de Física do Ensino Médio (situação fictícia – quadro 2). Esta apresentação ocorreu uma semana após o início do tópico de ensino e do fórum de discussões, por meio de uma videoconferência. Cabe destacar que, propositalmente, as situações fictícias foram desenvolvidas pensando no que ocorre tradicionalmente em muitas aulas de Física do EM.

Além da leitura dos artigos, os licenciandos tiveram como subsídios discussões que estavam ocorrendo no fórum on-line da disciplina. Parte da avaliação da atividade, consistiu em articular as respostas das questões norteadoras que propomos, com ideias dos artigos. Na análise que apresentamos aqui, focamos apenas nas discussões desenvolvidas na atividade da videoconferência<sup>3</sup>, obrigatória dentro da disciplina de metodologia.

Na análise, nos orientamos pela diferenciação de habilidades técnicas e estruturais a partir das categorias descritas por Karam (2012) no contexto do ensino da Física em uma disciplina (de eletromagnetismo) do nível superior, como apresentadas no Quadro 1. As categorias foram utilizadas para compreendermos verbalizações produzidas pelos licenciandos em diferentes situações de ensino dentro do tópico desenvolvido.

Categoria		Descrição
Matemática	M2 Estruturas Matemáticas	Estruturas matemática são utilizadas para representar grandezas físicas e suas relações. Aspectos essenciais são identificados e justificativas físicas são oferecidas.
	M1 Modelização	Idealizações, aproximações e seleção de variáveis relevantes são bordadas de maneira explícita.
Interpretação		Estruturas matemáticas são interpretadas fisicamente. Casos particulares e limites são comumente utilizados.
Técnica	T2 Entendimento conceitual	Explicações conceituais para regras e procedimentos matemáticos são dadas. A justificativa é somente matemática
	T1 Manipulação e Autoridade	Manipulações técnicas são realizadas e argumentos de autoridade são evocados. Postura displicente.
Visual	V2 Pictórico	Desenhos, diagramas e esquemas são utilizados como fonte de explicação.
	V1 Gestual	Gestos desempenham um papel essencial para a construção de significados.
Analogia	A2 Formal	Semelhanças e diferenças formais são destacadas. Caráter unificador de estruturas matemáticas é esclarecido
	A1 Material	Diferentes situações cotidianas, analogias e metáforas são utilizadas para a significação de conceitos abstratos
Dedução		Aspectos do caráter lógico-dedutivo do conhecimento físico são mencionados.

<sup>1</sup> Gil-Pérez et al. (1992).

<sup>2</sup> Gil-Pérez et al. (1992) e Karam e Pietrocola (2009).

<sup>3</sup> Uma análise do fórum (parte I) pode ser encontrada em <http://www.nutes.ufsj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R0388-1.pdf>

	Fórmulas são deduzidas a partir de princípios físicos.
Epistemologia	Discussões filosóficas são conduzidas. Diversos aspectos do fazer física são problematizados.
Metacognição	Estudantes são encorajados a refletirem sobre seus próprios pensamentos. Dificuldades para a compreensão de conceitos abstratos são frequentemente explicitadas.

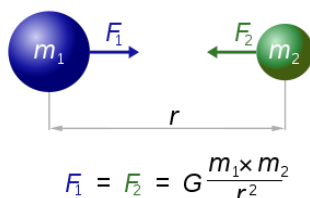
Quadro 1 – Resumo das categorias descritas por Karam (2012).

Também nos orientamos pela visão kuhiana sobre o modo como a linguagem matemática se faz presente na formação do físico. Em especial nos conceitos de *generalizações simbólicas* e suas *formas interpretadas*, que se articulam por meio dos *exemplares* que dão base à formação do pensamento do físico (KUHN, 1995). Ela nos possibilitou um entendimento sobre os dizeres desenvolvidos pelos licenciandos, especialmente sobre a perspectiva que tentamos argumentar. O modo como Kuhn compreende e descreve as leis físicas na formação do físico, nos permite entender que podem existir implicações, ao ensino da física, relacionadas a aspectos que ficam implícitos para estudantes de física, no que diz respeito à presença da Matemática na Física<sup>4</sup>.

As situações fictícias 1 e 2, objetos da análise crítica, consistiam em uma aula sobre um assunto de Física presente no EM, como pode ser visto no Quadro 2<sup>5</sup>.

#### Situação fictícia 1

Em determinada aula do ensino médio, o professor está abordando o assunto de Gravitação Universal. Seguindo a sequência no livro didático, o professor explica que Newton, ao estudar o movimento da Lua, concluiu que, a força que a mantém em órbita, é do mesmo tipo da força que a Terra exerce sobre um corpo colocado nas suas proximidades, chamando estas forças de gravitacionais. Após a explanação, o professor apresenta a seguinte definição: *Dois corpos atraem-se com forças proporcionais a suas massas e inversamente proporcionais ao quadrado da distância entre seus centros*. Em seguida, faz um desenho esquemático que representa a definição e apresenta a lei matemática que expressa a gravitação universal escrevendo no quadro o que significam as letras que aparecem na equação e no desenho.



- $m_1$  e  $m_2$  são as massas;
- $G$  é a constante de gravitação universal, que não depende dos corpos, do meio que os envolve, nem da distância entre eles. No SI  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{Kg}^2$ ;
- $r$  é a distância entre os centros dos dois corpos;
- $F_1$  e  $F_2$  representam a intensidade da força gravitacional;

Como finalização da aula, o professor resolve o seguinte exercício como exemplo: Dois pontos materiais de massa  $m_1 = 2 \text{ kg}$  e  $m_2 = 8 \text{ kg}$  estão localizados a uma distância de 4 metros um do outro. Determine a intensidade da força gravitacional entre eles, sabendo-se que  $G = 6,7 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$ .

Após chegar ao resultado, o professor passa os seguintes exercícios para os estudantes fazerem:

<sup>4</sup> Um discussão mais detalhada sobre o tema pode ser acessada em <http://www.nutes.ufsj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R0848-1.pdf>

<sup>5</sup> Sumprimimos a situação fictícia 2 por questão de espaço. Mas sua estrutura e questões norteadoras são similares à primeira.

1 – Calcule a intensidade da força gravitacional da Terra sobre a Lua sabendo que: massa da Terra =  $6 \times 10^{24}$  Kg, massa da Lua =  $\frac{3}{4} \times 10^{23}$  kg, distância centro da Terra ao centro da Lua =  $3,84 \times 10^8$  m e  $G = 6,67 \times 10^{-11}$   $\text{Nm}^2/\text{Kg}^2$ .

2 – Dois corpos idênticos, de mesma massa, situados a 20 metros de distância um do outro, atraem-se gravitacionalmente com força de intensidade  $1,675 \times 10^{-3}$  N. Determine a massa desses corpos. Considere  $G = 6,67 \times 10^{-11}$   $\text{Nm}^2/\text{Kg}^2$ .

3 – Um corpo de massa  $m$  é atraído, quando colocado na superfície da terra, por uma força gravitacional de intensidade  $F$ . Determine a intensidade da força gravitacional sobre esse corpo quando levado sobre a superfície de um planeta de forma esférica cuja massa é oito vezes maior que a da Terra e cujo raio é quatro vezes maior que o terrestre.

4 – A massa da lua pode ser admitida como  $1/81$  da massa da Terra. Sendo  $d$  a distância entre a Terra e a Lua, a que distância da Terra deve ser colocada um corpo entre os dois astros de modo que a resultante das forças gravitacionais agentes no corpo seja nula?

Após poucos minutos a maioria dos alunos resolveram o primeiro problema chegando ao resultado correto. Os demais problemas ficaram como tarefa de casa.

#### **Questões norteadoras p/ análise:**

Q1 - Durante a explicação da lei Matemática para a gravitação, como o professor poderia auxiliar os alunos a compreenderem as relações entre conceitos físicos envolvidos?

Q2 - Como o professor poderia abordar a resolução do exercício exemplo de modo que explicita qual é o papel da relação Matemática para o pensamento físico, em outras palavras, por que a lei Matemática tem aquela “cara” na gravitação universal?

Q3 - Escolha um dos exercícios propostos e modifique-o de maneira que ajude a romper o hábito dos estudantes em resolver os problemas mecanicamente.

Q4 - O que você diria se o professor resolvesse discutir o problema apenas de maneira conceitual, sem exigir que os estudantes resolvam problemas que envolvam a Matemática?

#### **Quadro 2 – Situação fictícia 1.**

Os licenciandos foram organizados em 7 grupos, e as falas de cada indivíduo identificadas como L1, L2, L3.... Devido a problemas técnicos, um dos polos de ensino (polo 4), que possuía dois grupos (Grupo F e G), não se apresentaram na VC, mas entregaram um documento descrevendo uma síntese do que foi discutido juntamente com uma análise da situação fictícia que receberam.

### **Categorias, Análises e Discussões**

Algumas categorias propostas por Karam (2012) não foram observadas em nossa análise, mas outras surgiram, como “história da ciência” e diferenciações entre “analogias materiais”, do tipo que nomeamos como “atividades práticas”, e “atividades mentais”. A seguir apresentamos uma síntese das categorias que encontramos e tecemos algumas observações.

#### **Interpretação**

Essa categoria está relacionada às discussões e atividades que buscassem a interpretação física das estruturas matemáticas presentes nas leis físicas, ou na interpretação de resultados de exercícios e problemas. Também foram indicados casos particulares e limites para melhorar a compreensão das expressões matemáticas.

[...] nós podemos primeiro né, representar matematicamente mantendo a distância fixa e variando as massas, pra que o aluno ele possa perceber que existe uma variação nessa força e em seguida nós podemos manter também as massas fixas e fazer com que aconteça uma variação na distância para que o aluno também possa perceber que vai existir uma variação na força também nesse caso. (L1 - VC – Metodologia)

Foi possível identificar que essa categoria surgiu como resposta à solicitação sobre como auxiliar os estudantes a compreenderem os conceitos físicos relacionados aos modelos matemáticos. As argumentações dos licenciandos também sugerem que a interpretação dos modelos matemáticos esteve ligada à verificação de relações de causa e efeito com relação às variáveis presentes. Inferimos que a presença dessa categoria, na argumentação dos licenciandos, foi fortemente influenciada pelas ideias presentes no artigo de Gil-Pérez et al. (1992).

### **Analogia Material - Atividade experimental**

Diferenciamos a categoria “analogia material” com a subcategoria “atividade prática”. Isso porque em alguns momentos, os licenciandos indicaram a realização de analogias com atividades práticas/experimentais, onde se poderia testar ou comprovar o efeito análogo relativamente à situação que se desejava explicar. Isso para justificar a presença de determinadas estruturas matemáticas, como relações de proporcionalidade direta e inversa, ou mesmo a influência entre variáveis, dentro da Física.

E, a gente pode usar como uma forma de explicar isso, de até mesmo esclarecer para o aluno pra ficar até mais prático usando por exemplo os ímãs. E a gente pode usar esses ímãs com massas diferentes, fazendo uma analogia para que ele possa então perceber que existe uma força gravitacional atuando sobre esses corpos né. (L1 - VC – Metodologia)

Podemos notar que atividades experimentais/práticas não foram discriminadas dentre as categorias analisadas por Karam (2012). Isso pode ser entendido, em parte, pelo fato dos currículos de cursos superiores em Física possuírem laboratórios destinados ao desenvolvimento de atividades dessa natureza. Ou seja, a disciplina analisada por Karam (2012), por ser de natureza teórica, não teria muito espaço para a realização de atividades práticas/experimentais. Já quando se trata do ensino básico, essa diferenciação curricular entre disciplinas de natureza teórica e experimental não existe da mesma maneira. Também inferimos que a presença dessa categoria teve influência de outras discussões realizadas na disciplina de Metodologia, mas também de outras disciplinas, como Instrumentação para o Ensino de Física A, que já haviam tratado o assunto, de atividades experimentais no ensino de física, anteriormente.

### **Analogia Material - Atividades mentais**

Essa categoria se aproxima mais da categoria **analogia material** proposta por Karam (2012). Apenas fizemos a complementação “atividades mentais” para diferenciá-la da categoria anterior, relacionada a “atividades práticas”. Esta categoria está relacionada a apresentar diferentes situações cotidianas, analogias e metáforas para a significação de conceitos abstratos.

[...] usando principalmente o sistema planetário que o aluno né, vê e já tem uma noção prévia, porque a gente precisa também partir do princípio de que o aluno tem uma pré-conceito sobre o sistema planetário, e de porquê que, por exemplo a Lua orbita né, na órbita da Terra e não escapa...o Sol sendo bem maior do que a Terra não “capta” a Lua para ela por exemplo. (L2 - VC – Metodologia)

A presença dessa categoria se deu justamente por termos solicitados, por meio das questões norteadoras, como o professor da situação fictícia poderia auxiliar os estudantes, também fictícios, na compreensão dos fenômenos durante a explicação ligada a lei física.

### **Matematização - Modelização**

O processo de construção de modelos matemáticos passa por uma série de considerações sobre o fenômeno, como identificação de variáveis relevantes, simplificações e idealizações sobre ele, para que possa ser “traduzido” em linguagem matemática. Em nossa análise, pudemos identificar alguns momentos em que discussões dessa natureza apareceram:

[...] Na verdade a gente sabe que não temos como isolar a gravidade e isso é uma situação fictícia. Então a gente vai ter que expor já nesse [...] momento essa questão de que, apesar de a gente calcular e ter um valor definido isso [...] é um modelo que está longe de mudar a realidade, está longe de conseguir essa situação, porque em qualquer lugar que tiver dois corpos [...] vão ter outros sendo influenciados pela gravidade né. (L3 – VC)

Segundo Karam (2012) o processo de modelização é bastante complexo e quase nunca está presente no EF. A presença dessa categoria é importante quando pensamos no EF, pois a falta de tais discussões implica que, implicitamente, ao usarmos relações de natureza matemática, estaria evidente quais as variáveis relevantes em determinado fenômeno bem como a forma com que se relacionam à situação real. Entretanto, este caráter evidente se contradiz com diversas concepções alternativas que se mantêm na argumentação dos alunos no contexto do ensino superior e médio.

### **Matematização - Estruturas Matemáticas**

Essa categoria está relacionada a justificar o uso de determinadas estruturas matemáticas para representar fenômenos físicos no processo de matematização dele, tais como: vetores para representar variáveis que dependem da orientação espacial ou funções trigonométricas (seno e co-seno) quando se deseja decompor um vetor em componentes ortogonais. Nesse caso, estruturas matemáticas são utilizadas para representar grandezas físicas e suas relações. Aspectos essenciais são identificados e justificativas físicas são oferecidas.

O professor poderia começar lembrando as aulas de matemática, onde se aprende que o seno de um ângulo (num triângulo retângulo) [...]. [...]então o cateto oposto terá o mesmo tamanho e será a projeção perpendicular da força magnética, “em cima” do campo magnético. Em outras palavras,  $F_m = iLB \sin(\theta)$ . O seno aparece nesta relação justamente porque representa a projeção da componente de um vetor perpendicular a outro sobre este outro [...]. (Grupo G – Tarefa 2).

Podemos notar que a presença dessa categoria, esteve diretamente relacionada à leitura de Karam e Pietrocola (2009a), tanto na argumentação de L12 quanto na do grupo G. Já na fala de L9, a discussão aparece quando ele argumenta sobre discussões de caráter histórico no processo de desenvolvimento da expressão matemática que fornece a força magnética.

### **História da Ciência**

Essa categoria não estava entre as analisadas/propostas por Karam (2012), mas foi um aspecto apontado durante a análise dos licenciandos. Está relacionada à apresentação de teorias físicas, trazendo aspectos históricos relacionado às leis físicas. Um grupo chegou a argumentar que a falta de uma discussão de natureza histórica poderia prejudicar o entendimento das relações matemáticas envolvidas.

A ideia é melhorar, focar, intensificar a história né, da constatação, da definição da constante universal da gravitação [...]. [...] é meio perturbador a gente ter uma constante dentro de uma equação e não tratada de onde que ela veio [...]. (L3 – VC – Metodologia)

Julgamos o aparecimento dessa categoria importante, pois os sujeitos dessa pesquisa fazem um curso de Licenciatura em Física, que visa o ensino dessa disciplina no nível básico,

diferença fundamental de um curso que visa à formação de um cientista, como no caso analisado por Karam (2012).

### **Epistemológica**

Essa categoria remete a discussões sobre a própria natureza do conhecimento científico. Segundo Karam (2012), aspectos relacionados construção dos conhecimentos são discutidos como, por exemplo, “o que é uma teoria”, “qual a relação da matemática com a física”, “qual a relação entre teoria e experimento”, “modelo e realidade”, entre outros.

Considerando como o L4 falou aqui que já foi tratado algumas questões dos conceitos de força, a distância envolvida, mas a, uma constante é meio perturbador a gente ter uma constante dentro de uma equação e não tratada de onde que ela veio, o que que ela significa [...] então um tratamento epistemológico pra essa constante seria um dos caminhos que a gente utilizaria para a questão norteadora número 1 lá. (L3 – VC – Metodologia).

Segundo Karam (2012), discussões dessa natureza não são comuns em aulas de física básica, sendo que geralmente são discutidas em disciplinas como história ou filosofia da física/ciência. Discussões dessa natureza são importantes, pois dizem respeito a compreensão sobre como os físicos fazem o que fazem, o que está para além de apresentar apenas os produtos desse processo, mas o processo que gera esses produtos.

### **Visual - Pictórico**

Essa categoria está relacionada à apresentação de desenhos, diagramas e esquemas como fonte de explicação. Segundo a entrevista feita com o professor analisado por Karam (2012), “‘o conhecimento da física é silencioso’ e não pode plenamente ser representado por palavras” (p. 100), o que justificaria o uso das representações pictóricas na significação de conceitos.

[...] seria propor talvez uma atividade gráfica onde quando você aumenta a massa ou aumenta o tamanho e digamos que esse volume seja proporcional a massa, quando eu aumento o tamanho de uma das esferas eu aumento também a força que indica a tração entre elas ou quando eu aumento a distância, [...], esse vetor força ali que deve estar representado no desenho diminui quando eu aumento essa distância ou ao contrário. [...]. (L4 - VC – Metodologia)

Pudemos notar que representações pictóricas estiveram intimamente relacionadas à necessidade de responder como o professor, da situação fictícia, poderia auxiliar os estudantes fictícios a interpretar as relações entre os conceitos físicos presentes no formalismo matemático.

### **Visual – Gestual**

Essa categoria está relacionada à realização de gestos com alguma função explicativa. Podemos notar a presença dessa categoria explicitamente em dois grupos:

[...] e principalmente na conceituação utilizando da mão [...], eu acho que a regra da mão direita fica bem claro, [...] e que foi um exercício que a gente adotou. Implicitamente então oportuniza um trato matemático. (L9 – VC – Metodologia).

Essa categoria esteve intimamente ligada ao uso da regra da mão direita, aspecto que já estava presente na proposta da situação 2. Sobre esta categoria apontamos uma limitação em compreender situações fictícias, simuladas, ou seja, não resultantes de práticas efetivas de ensino. Acreditamos que recursos gestuais estariam mais presentes se fossem analisadas

situações em que os licenciandos estivessem ministrando alguma aula, como em práticas/estágios de ensino.

## Considerações Finais

Nesta investigação pudemos observar que quando licenciandos foram solicitados a analisarem práticas de ensino, no sentido de auxiliar estudantes a compreenderem a estruturação matemática das teorias, ou seja, seu sentido físico, eles apresentaram importantes estratégias que poderiam ser usadas para tal, como discussões epistemológicas, história da ciência, analogias materiais relacionadas a atividades práticas e mentais, representações gestuais e pictóricas, além de discussões sobre o próprio processo de matematização das teorias. Percebemos que tais estratégias tiveram uma íntima ligação com o contexto de produção das discussões, tendo influências de outras disciplinas do curso e também das atividades desenvolvidas no tópico de ensino, como a leitura dos artigos da área de EF e a análise das situações fictícias propostas.

Alguns licenciandos tiveram mais dificuldades para justificar a presença da Matemática na Física e em seu ensino, muitas vezes reduzindo ela a um instrumento quantificador. Mas houve também aqueles que apresentaram um entendimento a respeito do papel da Matemática na Física na direção de linguagem estruturante, no sentido de que a Matemática seria como um instrumento de pensamento, de construção e análise do fenômeno.

Nesse contexto questionamos: quando futuros professores são submetidos a práticas quase que exclusivamente centradas na dedução de expressões e obtenção de resultados quantitativos, qual concepção se poderia ter sobre o papel desempenhado pela Matemática na Física? Qual concepção estaria subjacente em seu discurso didático? Se muitas vezes professores não têm clareza sobre o processo pelo qual os físicos elaboram suas teorias estruturadas por meio da linguagem Matemática, também porque não lhes é devidamente explicitado, discutido, resta a eles apresentá-las como produtos prontos e acabados, onde seria delegado à Matemática a função de descrever, deduzir e quantificar um conhecimento que é proveniente de outro mundo, o Físico.

Destaca-se então a necessidade de incluir discussões explícitas a respeito do caráter estruturador da matemática dentro das teorias físicas, para que isso se torne parte da relação que este futuro professor venha a ter com o conhecimento, e logo, presente em sua prática pedagógica.

## Referências

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.

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.

CHALMERS, A. S. **O que é ciência afinal?** Ed. 1. São Paulo: Brasiliense, 1993.

GIL-PÉREZ, D.; MARTINEZ-TORREGROSA, J.; RAMIREZ, L.; DUMAS-CARRÉ, A.; GOFARD, M.; CARVALHO, A. M. P. Questionando a didática da resolução de problemas: elaboração de um modelo alternativo. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 9, n. 1, p. 7-19, abr. 1992.

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.; 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, 2009.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas.** São Paulo: Perspectiva, 1995.

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

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.