

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

GRACIELA FAGUNDES JASKULSKI

**SENTIDOS DA GEOMETRIA ANALÍTICA NUM CURSO DE FÍSICA –
LICENCIATURA**

**Bagé
2019**

GRACIELA FAGUNDES JASKULSKI

**SENTIDOS DA GEOMETRIA ANALÍTICA NUM CURSO DE FÍSICA –
LICENCIATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Matemática -
Licenciatura da Universidade Federal do
Pampa, como requisito parcial para
obtenção do Título de Licenciada em
Matemática

Orientadora: Claudia Laus Angelo

**Bagé
2019**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

J39s Jaskulski, Graciela Fagundes
Sentidos da Geometria Analítica num curso de Física – Licenciatura / Graciela
Fagundes Jaskulski.
74 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade Federal do Pampa,
MATEMÁTICA, 2019.
"Orientação: Claudia Laus Angelo".

1. Geometria analítica. 2. Física – licenciatura. 3. Aplicações. I. Título.

GRACIELA FAGUNDES JASKULSKI

**SENTIDOS DA GEOMETRIA ANALÍTICA NUM CURSO DE FÍSICA –
LICENCIATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Matemática -
Licenciatura da Universidade Federal do
Pampa, como requisito parcial para
obtenção do Título de Licenciada em
Matemática

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 29 de novembro de
2019.

Banca examinadora:



Prof.^a Dr.^a Cláudia Laus Angelo
Orientadora
UNIPAMPA



Prof.^a Dr.^a Elizangela Dias Pereira
UNIPAMPA



Prof.^a Dr.^a Luciana Martins Teixeira Lindner
UNIPAMPA

RESUMO

O interesse em pesquisar a Geometria Analítica num curso de Física – Licenciatura, deve-se ao fato da Física estar relacionada com a Matemática, pois esta estrutura o pensamento físico. Dessa forma, é pertinente analisar como professores da Educação Superior com formação em Física (licenciatura ou bacharelado) veem a presença da Geometria Analítica num Curso de Física – Licenciatura. Sendo assim, a presente pesquisa tem como objetivo conhecer as percepções de físicos sobre o ensino-aprendizagem da Geometria Analítica num curso de Física – Licenciatura. Para tanto, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com cinco professores efetivos de um curso de Física-Licenciatura de uma universidade do Rio Grande do Sul e com um professor efetivo do Curso de Matemática que leciona Geometria Analítica nessa universidade, mas que possui formação em Física. Essas entrevistas foram gravadas, transcritas e analisadas no segundo semestre de 2019, de acordo com a metodologia qualitativa de pesquisa, na modalidade estudo de caso. A análise das seis entrevistas realizadas foram organizadas em categorias e subcategorias. Os resultados evidenciam que os professores consideram o componente Geometria Analítica fundamental para um curso de Física – Licenciatura, pois possibilita aos acadêmicos recursos que serão utilizados para descrever vários processos físicos ao longo da graduação, além de desenvolver a abstração e a visão geométrica dos mesmos.

Palavras-Chave: Geometria analítica. Física – licenciatura. Aplicações.

ABSTRACT

The interest in researching Analytic Geometry in a Physics Degree course is because Physics is related to Mathematics, for this structure the physical thinking. Thus, it is pertinent to analyze how teachers of Higher Education with formation in Physics (bachelor or bachelor degree) see the presence of Analytical Geometry in a Physics Course - Degree. Thus, this research aims to know the perceptions of physicists about the teaching-learning of Analytical Geometry in a Physics Degree course. To this end, semi-structured interviews were conducted with five effective teachers of a Physics Degree course at a university in Rio Grande do Sul and one effective teacher of the Mathematics Course who teaches Analytical Geometry at this university, but has a background in Physics. These interviews were recorded, transcribed and analyzed in the second half of 2019, according to the qualitative research methodology, in the case study modality. The analysis of the six interviews was organized into categories and subcategories. The results show that the teachers consider the Analytical Geometry component to be fundamental for a Physics - Bachelor degree course, as it allows the students resources that will be used to describe various physical processes during the undergraduate course, besides developing their abstraction and geometric vision.

Keywords: Analytic geometry. Physics degree. Applications.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 Relações da Matemática com o ensino-aprendizagem de Física	11
2.2 A Geometria Analítica nos currículos de cursos de Física – Licenciatura ..	14
2.3 A Física nos livros de Geometria Analítica	19
3 METODOLOGIA	25
4 FÍSICOS FALAM SOBRE O ENSINO-APRENDIZAGEM DE GEOMETRIA ANALÍTICA NUM CURSO DE FÍSICA-LICENCIATURA	28
4.1 Sobre a importância da Geometria Analítica no curso de Física	29
4.2 Sobre aplicações da Geometria Analítica no curso de Física.....	33
4.3 Sobre o que os estudantes se lembram de Geometria Analítica	35
4.4 Sobre a abordagem do componente Geometria Analítica.....	38
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
REFERÊNCIAS.....	45
APÊNDICE A – Roteiro para as entrevistas	47
APÊNDICE B – Termo de consentimento.....	48
APÊNDICE C – Transcrições das entrevista.....	49

1 INTRODUÇÃO

A motivação em realizar este Trabalho de Conclusão de Curso com foco em Geometria Analítica surgiu devido ao fato da autora ter sido bolsista do Projeto de Ensino “Geometria Analítica com o GeoGebra: representações no plano e no espaço cartesiano”, que foi desenvolvido em 2018 no campus Bagé da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA). O objetivo desse projeto era reduzir o índice de retenção e de evasão no componente curricular Geometria Analítica ofertado no primeiro semestre dos cursos de Física, Química, Engenharia Química, Engenharia de Alimentos, Engenharia de Energia e Engenharia de Produção e no segundo semestre do Curso de Matemática.

O índice de evasão e de retenção em Geometria Analítica na da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), campus Bagé, ainda é expressivo. Em 2017, por exemplo, segundo dados da Secretaria Acadêmica, houve 41,31% de evasões e 27,31% de retenções nesse componente (MUNHOZ, 2018, p. 12).

O interesse em pesquisar a Geometria Analítica num curso de Física – Licenciatura, deve-se ao fato da Física estar relacionada com a Matemática, pois, esta estrutura o pensamento físico. Conforme Pietrocola (2005), os professores não têm dúvidas de que sem habilidades matemáticas não é possível realizar boa ciência, por isso a maioria dos cursos são dedicados à formação de uma base matemática.

De acordo com Karam (2007), no Ensino Superior os cursos iniciam com disciplinas matemáticas, como Cálculo e Geometria Analítica, para posteriormente mencionar aplicações nas disciplinas de Física. Por isso, a motivação de investigar a Geometria Analítica num curso de Física, pois, quando se estuda uma aplicação utilizando os conceitos matemáticos trabalhados nos componentes curriculares do Curso de Matemática, geralmente, essa aplicação está voltada para problemas da Física. Assim, destaca-se a ideia de Karam (2012):

[...] como professor de matemática procuro mencionar fenômenos físicos para motivar meus alunos para a aprendizagem de conceitos matemáticos dando um significado mais concreto a estes. [...] como professor de física sinto frequentemente a necessidade de abordar temas essenciais de matemática para que os alunos possam operar com equações, gráficos, vetores e compreender a função dessas estruturas [...] (KARAM, 2012, p. 18).

Além disso, considera-se interessante compreender como a Geometria Analítica se faz presente nos demais componentes curriculares de um curso de Física – Licenciatura. Para tanto, foram realizadas entrevistas com professores de um curso de Física – Licenciatura de uma universidade do Rio Grande do Sul, para se levantar articulações possíveis de conteúdos de Geometria Analítica com conteúdos ministrados nos componentes do núcleo específico de Física.

Uma característica do componente Geometria Analítica é que ele está presente no núcleo comum recomendado pelas Diretrizes Curriculares para os Cursos de Física (BRASIL, 2001). Portanto, os cursos de Licenciatura em Física devem ter a Geometria Analítica nos seus currículos.

Dessa forma, é pertinente analisar como professores da Educação Superior com formação em Física (licenciatura ou bacharelado) veem a presença da Geometria Analítica num Curso de Física – Licenciatura, ou seja, que sentidos eles atribuem a esse componente curricular.

Sendo assim, este trabalho tem como objetivo geral conhecer as percepções de físicos sobre o ensino-aprendizagem da Geometria Analítica num curso de Física – Licenciatura. Além disso, traçou-se os seguintes objetivos específicos: evidenciar aplicações da Geometria Analítica na compreensão de fenômenos físicos e verificar como a Geometria Analítica se enquadra nos currículos de cursos presenciais de Física – Licenciatura no Rio Grande do Sul.

Este trabalho está organizado em capítulos, conforme as descrições a seguir.

No capítulo 2, intitulado “Conceitos Gerais e Revisão de Literatura”, são apresentados os pensamentos de alguns autores que comentam as relações da Matemática com o ensino-aprendizagem de Física; uma análise das ementas de Geometria Analítica nos currículos de cursos de Física – Licenciatura de universidades do Rio Grande do Sul que ofertam esse curso presencialmente e como a Física se faz presente em livros de Geometria Analítica.

O capítulo 3, “Metodologia”, explica as características desta pesquisa e também o método de produção e análise dos dados.

Já o capítulo 4, “Físicos falam sobre o ensino-aprendizagem de Geometria Analítica num curso de Física – Licenciatura”, traz o resultado das leituras dos dados produzidos, categorizando-os em grupos de acordo com as falas dos professores.

Para finalizar, são apresentadas as considerações finais.

2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Relações da Matemática com o ensino-aprendizagem de Física

Quando se decidiu conhecer as percepções de físicos sobre o ensino-aprendizagem da Geometria Analítica num Curso de Física – Licenciatura, procurou-se referências que tratavam dessa temática. Para tanto, foram utilizados os descritores “Geometria Analítica e Física”, “Relação Geometria Analítica com a Física”, “Geometria Analítica como curso de serviço para Física” e “Geometria Analítica como curso de serviço” em algumas plataformas: Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), *Scientific Electronic Library Online* (SciELO) e Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). No entanto, não se encontrou nenhum trabalho que fosse relevante para a pesquisa.

Assim, foi utilizado o descritor “Relação da Matemática em um curso de Física” na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD). Foram encontrados alguns trabalhos, mas focou-se na Tese de Doutorado sobre “Estruturação Matemática do pensamento Físico no ensino: Uma ferramenta teórica para analisar abordagens didáticas”, de Ricardo Avelar Sotomaior Karam (KARAM, 2012) e na Dissertação de Mestrado sobre “A pluralidade da relação entre a física e a matemática em um curso inicial de licenciatura em Física”, de Andreza Fernanda Concheti (CONCHETI, 2015). Serão destacados alguns aspectos dessas duas pesquisas.

Na sua Tese de Doutorado, Karam (2012) defende que a Física é uma ciência altamente matematizada, tendo seus conceitos e métodos profundamente influenciados pelo pensamento matemático. Porém, os estudantes não percebem o caráter estruturante do formalismo matemático para a constituição teórica da Física. Assim, ele dedicou um esforço sistemático de pesquisa para investigar estratégias que visem a aproximação dessa maneira matemática de conceber o mundo físico pelos estudantes. Ele realizou um estudo de caso em aulas de Relatividade e Eletromagnetismo do Ensino Superior e, com isso, propôs uma ferramenta teórica que se destina a descrever e avaliar abordagens didáticas da inter-relação entre a Física e a Matemática em contextos de ensino. Para ele “[...] o ensino de Física deveria ser capaz de desenvolver no aluno a habilidade de utilizar a Matemática como instrumento para pensar o mundo físico” (KARAM, 2012, p. 34).

Porém, na sala de aula essas áreas do conhecimento estão sendo trabalhadas de forma desconectadas, como o autor mesmo destaca em um de seus trabalhos:

Estudos históricos e epistemológicos evidenciam as inter-relações entre a Matemática e a Física desde a mais remota essência do conhecimento científico, porém, dentro do contexto escolar, essas duas disciplinas têm sido tratadas de forma independente e isso tem contribuído para um distanciamento do interesse dos estudantes pelas áreas exatas (KARAM, 2007, p. 06).

Segundo Karam (2012), quando se verifica a história do desenvolvimento de conceitos matemáticos percebe-se que vários conceitos têm suas origens associadas a problemas genuinamente físicos. Alguns exemplos explorados pelo autor estão relacionados com o Cálculo Diferencial e Integral, com a análise de Fourier e com a análise vetorial. Assim, destaca-se o exemplo que o autor traz da análise vetorial que teve seu desenvolvimento motivado para representar fenômenos eletromagnéticos:

O formalismo vetorial que conhecemos hoje tem uma história conturbada e extremamente motivada pela tentativa de representação matemática dos fenômenos eletromagnéticos. Evidências deste fato são encontradas quando refletimos sobre as origens de termos como “fluxo”, “divergente” e “rotacional”, os quais carregam consigo uma imagem dinâmica de fenômenos físicos (hidrodinâmica). De fato, o intrínseco caráter tridimensional do eletromagnetismo e a “estranha” relação entre grandezas translacionais e rotacionais (considere por exemplo o campo magnético gerado por uma corrente elétrica) foram importantes fontes de motivação para o desenvolvimento da análise vetorial que utilizamos atualmente (KARAM, 2012, p. 09).

Outra abordagem que o autor traz em sua tese é a origem das palavras Matemática e Física. De acordo com Karam (2012) essas palavras têm origem grega, sendo a tradução da Matemática como “algo que possa ser aprendido”, já Física significa natureza:

Matemática, da palavra grega *mathema* – que pode ser traduzido como “algo que foi aprendido ou entendido” ou ainda “conhecimento passível de ser aprendido” – é geralmente associada ao estudo de quantidades, formas e estruturas, estando relacionada à busca por padrões, rigor, verdade e beleza. Física, do grego *phísiké* – que significa natureza – é comumente vista como a ciência que se propõe a compreender os fenômenos naturais e a descrever as leis fundamentais que regem o universo (KARAM, 2012, p. 07).

Na Dissertação de Mestrado de Concheti (2015), a autora ressalta que a Física se relaciona intimamente com a Matemática. A autora aborda uma discussão sobre o

papel técnico e operacional que a Matemática exerce em diferentes níveis de ensino e também uma discussão sobre o caráter organizacional e estrutural que a Matemática exerce no ensino. O objetivo da dissertação foi observar esses dois tipos de relações em um curso introdutório de Mecânica e discutir sobre como as relações da Física com a Matemática podem ser apresentadas no contato inicial que o futuro professor de Física tem com os conceitos da Mecânica no início da graduação.

Concheti (2015) acredita não ser possível ensinar ou aprender Física sem a Matemática. Ao mesmo tempo acredita que saber matemática não garante que um aluno aprenderá Física e que o grande desafio é como desenvolver essa relação dentro da sala de aula. Para a autora “[...] essa questão depende intimamente da formação do professor, já que as concepções adquiridas na sua formação são levadas para o ensino básico” (CONCHETI, 2015, p. 14).

Segundo Concheti (2015), usa-se a Matemática na Física em diversas situações, por exemplo, nas elaborações de cálculos, nas resoluções de equações, nas interpretações de sinais ou gráficos e também no raciocínio lógico matemático para solucionar diversos problemas. Enfim, “[...] discutir o papel da Matemática na Física é como discutir o papel da gramática na língua portuguesa” (CONCHETI, 2015, p. 30). Portanto, a Matemática é fundamental para estruturar o pensamento Físico.

Concheti (2015) e Karam (2012) também destacam duas habilidades, técnica e estrutural, que caracterizam o uso da Matemática no ensino de Física. O caráter técnico está associado à resolução repetitiva de exercícios, ao domínio instrumental de algoritmos, fórmulas, gráficos e equações, ou seja, à utilização de regras matemáticas sem significado. Já o caráter estrutural está relacionado com a compreensão de como a Matemática estrutura teoricamente a Física, ou seja, é a habilidade que possibilita dar significado aos resultados encontrados.

Por fim, ressalta-se a afirmação de Concheti (2015), que destaca as duas habilidades Matemáticas, técnica e estrutural, são importantes para a aprendizagem em Física:

É possível afirmar que em determinados conhecimentos físicos, o nível de conhecimento matemático interfere na compreensão dos conhecimentos da física e por isso não podemos desprezar o caráter operacional/ferramental e técnico da matemática na física. Compreendemos aqui que a função instrumental da matemática não pode ser entendida como desprezível e repudiada, mas sim, como importante na construção do conhecimento da física. O que acreditamos é que a utilização exclusiva da matemática com esse perfil é que compromete o aprendizado (CONCHETI, 2015, p. 91).

Dessa forma, é importante estruturar o pensamento físico. Para isso, necessita-se integrar as habilidades matemáticas, pois não basta apenas resolver um problema tecnicamente. É essencial dar um significado para os resultados, ou seja, é essencial realizar o processo de interpretação dos resultados.

2.2 A Geometria Analítica nos currículos de cursos de Física – Licenciatura

Com o intuito de verificar como a Geometria Analítica está sendo desenvolvida nos cursos presenciais de Física – Licenciatura, realizou-se um levantamento das universidades do Rio Grande do Sul que oferecem essa formação. Foram encontradas 11 universidades, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Universidades do Rio Grande do Sul que ofertam o curso presencial de Física – Licenciatura e a organização dos componentes referentes aos conteúdos de Geometria Analítica - Rio Grande do Sul – 2019 (continua)

Universidade	Cidade	Componente	Semestre	Carga Horária
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)	Porto Alegre	Vetores e Geometria Analítica	1º	60 horas
Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)	São Leopoldo	Álgebra Vetorial e Matricial	1º	60 horas
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS)	Porto Alegre	Geometria Analítica	1º	30 horas
Universidade de Caxias do Sul (UCS)	Caxias do Sul	Geometria Analítica e Álgebra Linear	3º	80 horas
Universidade de Passo Fundo (UPF)	Passo Fundo	Geometria Analítica e Álgebra Linear	2º	60 horas
Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA)	Bagé	Geometria Analítica	1º	60 horas
Universidade Luterana do Brasil (ULBRA)	Canoas	Geometria Analítica e Álgebra Linear	2º	68 horas

Tabela 1 – Universidades do Rio Grande do Sul que ofertam o curso presencial de Física – Licenciatura e a organização dos componentes referentes aos conteúdos de Geometria Analítica - Rio Grande do Sul – 2019 (conclusão)

Universidade	Cidade	Componente	Semestre	Carga Horária
Universidade Federal do Rio Grande (FURG)	Rio Grande	Geometria Analítica	1º	60 horas
Universidade Federal de Pelotas (UFPEL)	Pelotas	Geometria Analítica	1º	60 horas
Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC)	Santa Cruz do Sul	Geometria Analítica	1º	60 horas
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)	Santa Maria	Geometria Analítica	Complementar	90 horas

Fonte: Autora (2019)

Verifica-se que três das universidades abordam o componente como Geometria Analítica e Álgebra Linear. A Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) considera o componente como Vetores e Geometria Analítica, a Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) considera no novo currículo o componente como Álgebra Vetorial e Matricial, mas, no currículo antigo apresentava Geometria Analítica, assim como as demais.

As ementas desses componentes foram obtidas nos sites das universidades e aquelas que não estavam disponíveis foram solicitadas por e-mail. No entanto, não foi recebido retorno da Universidade de Caxias do Sul (UCS). Portanto, a Tabela 2 apresenta apenas as ementas encontradas ou informadas:

Tabela 2 – Ementas dos componentes curriculares com conteúdos de Geometria Analítica de cursos presenciais de Física-Licenciatura – Rio Grande do Sul – 2019

(continua)

Universidade	Componente	Ementa
UFRGS	Vetores e Geometria Analítica	Geometria Analítica no plano e no espaço. Sistemas de coordenadas. Vetores e operações com vetores. Estudo da reta e de curvas planas. Estudo da reta, do plano, de curvas planas e de curvas e superfícies no espaço. Distâncias (<i>site</i>).
UNISINOS	Álgebra Vetorial e Matricial	Vetores: interpretação gráfica e geométrica, ponto médio, distância entre dois pontos. Módulo, direção e sentido de um vetor. Operações com vetores: soma, subtração, multiplicação por escalar, produto escalar, produto vetorial e produto misto. Ângulo entre vetores, projeção ortogonal, paralelismo, ortogonalidade e coplanaridade entre vetores. Estudo da reta. Estudo do plano. Posições relativas entre retas e planos. Ângulos entre duas retas, entre reta e plano, e entre plano e plano. Distância entre dois pontos, entre ponto e reta, e entre ponto e plano. Circunferência. Equação, centro e raio. Intersecção de reta com circunferência. Parábola. Equação com o eixo paralelo aos eixos 0Y e 0X. Vértice, foco e diretriz. Gráfico. Matrizes, operações com matrizes: soma, subtração, multiplicação por escalar, multiplicação entre matrizes, transposição. Sistemas lineares: classificação quanto à existência e unicidade da solução, interpretação geométrica da solução, método de eliminação de Gauss. Determinante de uma matriz. Posto de uma matriz. Matriz inversa. Relação entre existência e unicidade da solução de um sistema linear, determinantes e matrizes invertíveis (<i>site</i>).
PUCRS	Geometria Analítica	Estudo de vetores no plano e no espaço tridimensional, com detalhamento de operações algébricas e aplicações. Estudo e construção da reta e do plano. Caracterização de curvas planas. Estudo e construção das curvas cônicas, a saber, parábola, elipse e hipérbole (<i>site</i>).
UPF	Geometria Analítica e Álgebra Linear	Vetores em R^2 e R^3 e operações. Estudo da reta. Matrizes. Sistemas lineares (<i>e-mail</i>).
UNIPAMPA	Geometria Analítica	Vetores no plano e no espaço. Produto escalar. Produto vetorial. Produto misto. Retas no plano e no espaço. Estudo do plano. Distâncias. Cônicas. Quádricas (<i>site</i>).
ULBRA	Geometria Analítica e Álgebra Linear	Matrizes. Determinante de uma Matriz. Sistema Lineares, classificação e resolução. Generalidades sobre Vetores. Decomposição de Vetores no plano e espaço. Produtos entre Vetores. A Reta. O Plano. As Cônicas (<i>site</i>).

Tabela 2 – Ementas dos componentes curriculares com conteúdos de Geometria Analítica de cursos presenciais de Física-Licenciatura – Rio Grande do Sul – 2019

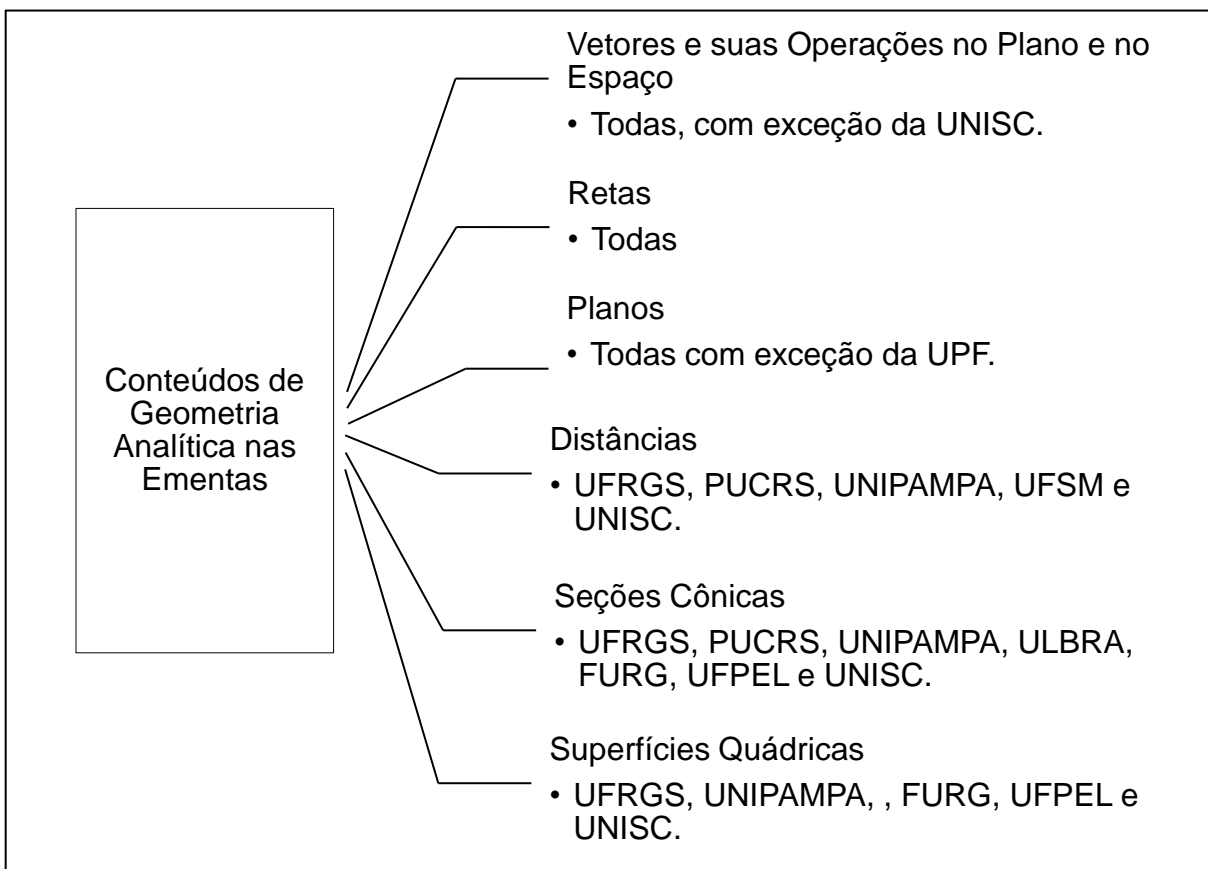
(conclusão)

Universidade	Componente	Ementa
FURG	Geometria Analítica	Vetores. Produto escalar. Produto Vetorial. Produto Misto. Retas. Planos. Curvas cônicas: parábola, elipse e hipérbole. Superfícies Quádricas. Coordenadas polares. Coordenadas cilíndricas. Coordenadas esféricas (<i>site</i>).
UFPEL	Geometria Analítica	Geometria Analítica Plana: Vetores, Reta, Circunferência, Elipse, Parábola, Hipérbole, Mudança de Coordenadas. Geometria Analítica Espacial: Vetores, Reta, Superfícies, Quádricas, Mudança de Coordenadas. Classificação de Cônicas e Quádricas (<i>site</i>).
UNISC	Geometria Analítica	Sistemas de coordenadas cartesianas. Estudo do ponto, da reta, da circunferência e das cônicas (elipse, parábola, hipérbole). O plano no espaço. Problemas métricos no espaço, equações de um plano. A reta no espaço: equações, planos projetantes: positivas (<i>sic</i>) relativas entre reta e plano. Superfícies particulares: esfera, superfícies clíndricas (<i>sic</i>) e cônicas, superfícies quadráticas (<i>e-mail</i>).
UFSM	Geometria Analítica	Aplicar operações de vetores na determinação de retas e planos, bem como no cálculo de distância, área e volume, enfatizando a visualização das figuras geométricas no plano e no espaço (<i>site</i>).

Fonte: Autora (2019)

Ao se analisar as ementas dos componentes percebe-se que todas apresentam os conteúdos de Vetores e suas Operações no Plano e no Espaço, com exceção da UNISC. Todas também trazem o Estudo de Retas e Planos, com exceção da UPF, cuja ementa não menciona Planos. O conteúdo sobre Distâncias está explícito na ementa de apenas cinco universidades (UFRGS, UNISINOS, UNIPAMPA, UFSM e UNISC), sendo que na UNISC a ementa menciona “problemas métricos no espaço”. Já o estudo das Seções Cônicas (Parábola, Elipse e Hiperbóla) aparece nas ementas de quase todas as universidades (UFRGS, PUCRS, UNIPAMPA, ULBRA, FURG, UFPEL e UNISC). A UNISINOS contempla na ementa apenas o estudo da Parábola. As únicas universidades cujas ementas explicitam o estudo das Superfícies Quádricas são: UFRGS, UNIPAMPA, FURG, UFPEL e UNISC. O Quadro 1 abaixo resume essas constatações.

Quadro 1 – Conteúdos de Geometria Analítica nas ementas das universidades



Fonte: Autora (2019)

Algumas Universidades, UNISINOS, UPF e ULBRA, têm o componente Geometria Analítica em conjunto com o componente Álgebra Linear ou no caso específico da UNISINOS, o componente se chama Álgebra Vetorial e Matricial. Assim, além de conteúdos de Geometria Analítica as ementas trazem conteúdos de Matrizes e Sistemas Lineares.

Esse levantamento se faz importante pois traz outras possibilidades de organização do componente curricular Geometria Analítica que podem se aproximar ou se afastar dos anseios dos professores de Física em relação ao ensino-aprendizagem desse componente.

2.3 A Física nos livros de Geometria Analítica

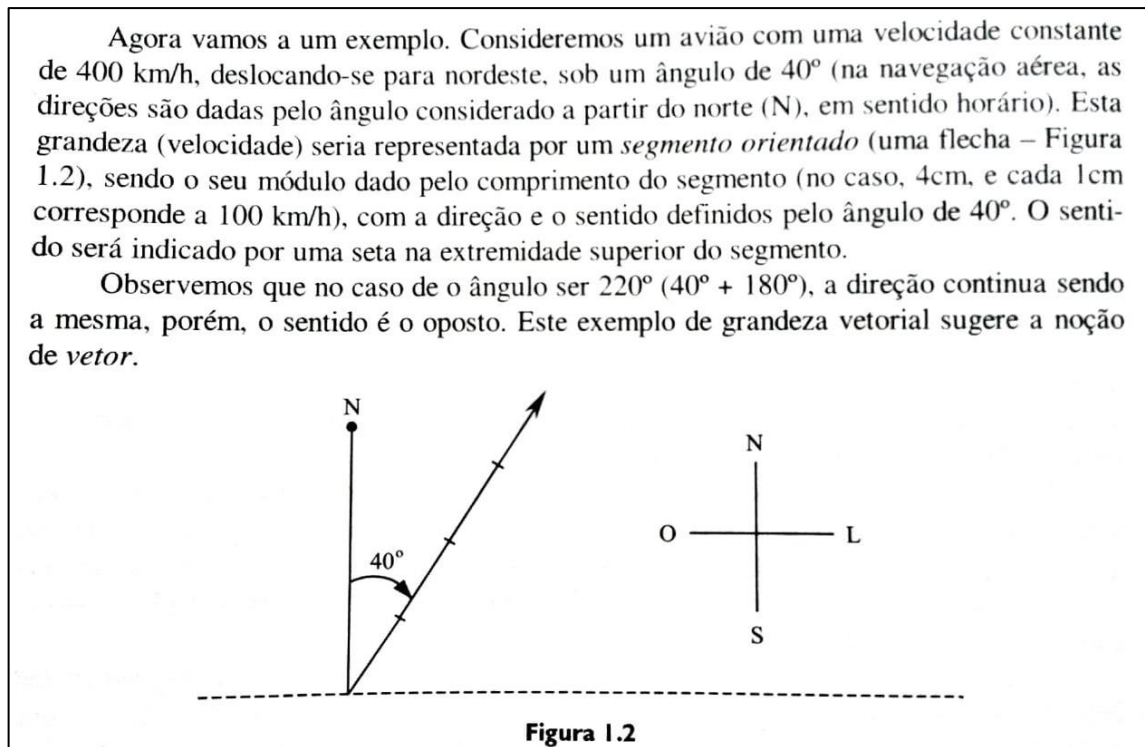
Com a finalidade de averiguar como os livros de Geometria Analítica trazem aplicações dos conteúdos à Física, foram analisados três livros que estão definidos como Bibliografia Básica na ementa do componente Geometria Analítica do curso investigado.

O primeiro livro analisado foi “Vetores e Geometria Analítica” do autor Paulo Winterle publicado no ano 2000. O segundo livro foi “Geometria Analítica: um tratamento vetorial” dos autores Ivan de Carmargo e Paulo Boulos, de 2005. E o terceiro livro foi “Geometria Analítica” dos autores Alfredo Steinbruch e Paulo Winterle, publicado em 1987.

No livro “Vetores e Geometria Analítica”, Paulo Winterle relaciona alguns conteúdos de Geometria Analítica com a Física de quatro maneiras diferentes: exemplos, aplicações, curiosidades e observações.

Na página dois, ao trazer a Noção Intuitiva, o autor apresenta um exemplo fazendo uma referência à velocidade constante de um avião para sugerir a noção de vetor, como é possível verificar na Figura1.

Figura 1 – Exemplo do livro utilizando uma referência na Física



Fonte: Winterle (2000, p. 02)

Nas páginas 64, 65 e 66 do capítulo sobre Produto Escalar, ele apresenta “Uma Aplicação na Física” na qual descreve que “O produto escalar é uma importante ferramenta matemática para a Física, uma vez que inúmeras grandezas físicas são definidas com seu emprego, como, por exemplo, o *trabalho*” (WINTERLE, 2000, p. 64, *grifo* do autor). Nessa aplicação, primeiramente ele define o que é trabalho, sua representação em vetores e também as expressões que são utilizadas para o cálculo do trabalho. Depois disso, o autor mostra alguns exemplos e soluções, conforme a Figura 2.

Figura 2 – A plicação na Física apresentada no livro

64 Vetores e Geometria Analítica

$\cos \alpha = \frac{x_1}{|\vec{u}|}$ e $\cos \beta = \frac{y_1}{|\vec{u}|}$;

f) $\cos^2 \alpha + \cos^2 \beta = 1$

g) $\text{proj}_{\vec{u}} \vec{v} = \left(\frac{\vec{v} \cdot \vec{u}}{\vec{u} \cdot \vec{u}} \right) \vec{u}$, com \vec{u} e \vec{v} não-nulos.

Uma Aplicação na Física

O produto escalar é uma importante ferramenta matemática para a Física, uma vez que inúmeras grandezas físicas são definidas com seu emprego, como por exemplo, o *trabalho*.

O trabalho realizado por uma força constante \vec{F} ao longo de um determinado deslocamento \vec{d} é definido como o produto escalar desta força pelo deslocamento efetua-do pelo corpo no qual a força está aplicada. Pode-se observar que a componente da força \vec{F} que realiza o trabalho é \vec{F}_x paralela ao deslocamento $\vec{AB} = \vec{d}$, conforme mostra a Figura 2.12.

Então,

$|\vec{F}_x| = |\vec{F}| \cos \theta$

onde θ é o ângulo entre a força e o deslocamento. A grandeza física *trabalho*, notada por W , é uma grandeza escalar e tem como unidade no Sistema Internacional o joule, notado por J.

A expressão para o cálculo do trabalho W é

$W = \vec{F} \cdot \vec{d}$ ou $W = |\vec{F}| |\vec{d}| \cos \theta$

e

$1J = 1N \cdot 1m$ (1 Newton vezes um metro)

Exemplos

1) Calcular o trabalho realizado pelas forças constantes, \vec{F} , \vec{F}_x , \vec{F}_N e \vec{P} (Figura 2.13) e pela força resultante, para deslocar o bloco de A até B, sabendo que $|\vec{F}| = 10N$, $|\vec{F}_x| = 8N$, $|\vec{P}| = 3N$, $|\vec{F}_N| = 3N$, $\vec{d} = \vec{AB}$ e $|\vec{d}| = 10m$.

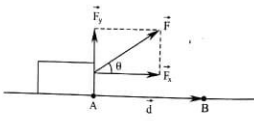


Figura 2.12

Cap. 2 Produto escalar 65

Solução

a) $W_F = |\vec{F}| |\vec{d}| \cos \theta$

Como $\theta = 0^\circ$ (ângulo entre \vec{F} e \vec{d}), vem

$W_F = (10N)(10m)(1) = 100 J$

b) $W_{F_x} = |\vec{F}_x| |\vec{d}| \cos \theta$

Como $\theta = 180^\circ$ (ângulo entre \vec{F}_x e \vec{d}), vem

$W_{F_x} = (8N)(10m)(-1) = -80 J$

c) $W_P = |\vec{P}| |\vec{d}| \cos \theta$

Como $\theta = 90^\circ$ (ângulo entre \vec{P} e \vec{d}), vem

$W_P = (3N)(10m)(0) = 0 J$

d) $W_{F_N} = |\vec{F}_N| |\vec{d}| \cos \theta$

Como $\theta = 90^\circ$ (ângulo entre \vec{F}_N e \vec{d}), vem

$W_{F_N} = (3N)(10m)(0) = 0 J$

Neste exemplo, o trabalho resultante W_R das quatro forças pode ser calculado de duas maneiras:

a) pela soma algébrica dos trabalhos realizados pelas forças:

$W_R = W_F + W_{F_x} + W_P + W_{F_N}$

ou

$W_R = 100 J - 80 J + 0 J + 0 J = 20 J$

b) pelo trabalho realizado pela força resultante \vec{F}_R :

$\vec{F}_R = \vec{F} + \vec{F}_x + \vec{P} + \vec{F}_N$ (soma de vetores)

Como $\vec{P} + \vec{F}_N = \vec{0}$, conclui-se que $|\vec{F}_R| = 2N$

Logo,

$W_R = |\vec{F}_R| |\vec{d}| \cos \theta$ ($\theta = 0^\circ$)

ou

$W_R = (2N)(10m)(1) = 20 J$

2) Calcular o trabalho realizado pela força \vec{F} para deslocar o corpo de A até B (Figura 2.14), sabendo que $|\vec{F}| = 10N$, $|\vec{AB}| = |\vec{d}| = 20m$ e $\theta \cong 36,9^\circ$.

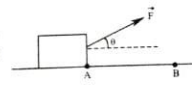


Figura 2.14

Fonte: Winterle (2000, p. 64)

Outra aplicação na Física, o torque, é encontrada nas páginas 86 e 87 do capítulo sobre Produto Vetorial. O autor explica o que é torque, apresentando a equação para o cálculo e desenvolvendo um exemplo.

No entanto, dentre os problemas propostos apresentados nos capítulos sobre Produto Escalar e Produto Vetorial, nenhum faz menção ao cálculo de trabalho ou torque.

Na introdução do capítulo sobre Cônicas, o autor comenta sobre a importância dessas curvas para o desenvolvimento da Astronomia e também sobre o experimento de reflexão acústica presente no Museu de Ciências e Tecnologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Na introdução da Elipse, para auxiliar a explicação da excentricidade, o autor traz uma observação na qual apresenta a 1ª Lei de Kepler: “qualquer planeta gira em torno do Sol, descrevendo uma órbita elíptica, da qual o Sol ocupa um dos focos” (WINTERLE, 2000, p. 179, grifo do autor). E traz excentricidades de alguns planetas do Sistema Solar e do Cometa de Halley, conforme a Figura 3.

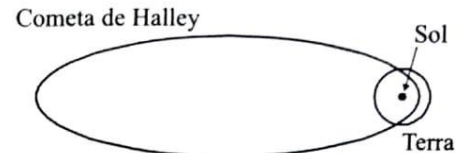
Figura 3 – Observação abordada no livro

Observação

A 1ª lei do astrônomo alemão Johannes Kepler (1571-1630) é expressa por: “qualquer planeta gira em torno do Sol, descrevendo uma órbita elíptica, da qual o Sol ocupa um dos focos”. A maioria dos planetas tem órbitas aproximadamente circulares, o que significa dizer que suas excentricidades estão perto de zero.

Por exemplo, a órbita da Terra tem excentricidade 0,02, a de Júpiter 0,05, a de Marte 0,09, para citar apenas algumas. Mercúrio e Plutão, cujas órbitas elípticas têm excentricidades bem maiores, 0,21 e 0,25, respectivamente, constituem uma exceção à maioria dos planetas. O “campeão” de excentricidade no sistema solar parece ser o Cometa de Halley com $e = 0,967$ (quase 1) e ele leva aproximadamente 76 anos (período de revolução) para dar uma volta em torno do Sol. A Figura 8.25 dá uma idéia das trajetórias da Terra e de Halley com o Sol num dos focos.

Com a finalidade de obtermos uma equação de elipse, teremos que referi-la ao sistema de eixos cartesianos. Iniciemos pelos casos mais simples.

**Figura 8.25**

Fonte: Winterle (2000, p. 179)

Por fim, a última abordagem na Física que o primeiro livro analisado apresenta é a *propriedade da reflexão* das cônicas. Nas páginas 209, 210 e 211 o autor destaca o subtítulo “Curiosidades”, no qual encerra o estudo das cônicas, fazendo a ilustração da propriedade de reflexão de cada Cônica.

O segundo livro analisado foi “Geometria Analítica: um tratamento vetorial” dos autores Ivan de Carmargo e Paulo Boulos, do ano 2005. Os autores abordam a Física em exercícios, em exercícios resolvidos e nos textos dos capítulos.

No capítulo de Produto Vetorial, na página 110, há um exercício para ser resolvido. Esse exercício tem seu contexto na Estática dos Sólidos, levando em conta a aplicação de uma força.

No capítulo 20 que discute distâncias os autores apresentam um exercício resolvido sobre carga elétrica, conforme Figura 4, utilizando dois modos para resolver o exercício: o modo algébrico e o modo geométrico.

Figura 4 – Modelo de exercício resolvido abordado no livro

<i>Capítulo 20 – Distância – 253</i>	
20-2	<p>Exercício Resolvido Uma carga elétrica está situada no ponto $P = (2,3,2)$. Determine em qual ponto da haste de extremidades $A = (2,0,-1)$ e $B = (-4,6,5)$ deve ser colocado um pequeno anel eletrizado para que a força exercida sobre o anel pela carga em P tenha intensidade</p> <p>(a) mínima; (b) máxima.</p> <p>Resolução</p> <p>(a) Pela Lei de Coulomb, a intensidade da força é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre as cargas, de modo que se trata de determinar o ponto do segmento AB que está mais afastado de P. Vamos abordar esta questão de dois modos diferentes.</p>

Fonte: Camargo; Boulos (2005, p. 253)

Na página 286, no capítulo sobre Elipse, Hipérbole e Parábola os autores trazem algumas importantes aplicações das curvas. Abordam, como Winterle (2000), que a elipse ganhou destaque na Astronomia, desde que Kepler descreveu que as órbitas dos planetas do sistema solar são elípticas. Também destacam que a elipse é utilizada em alguns tipos de refletores, além de explicarem o fenômeno que ocorre em câmaras de sussurro. Já sobre a hipérbole os autores destacam que é usada no método de navegação e na descrição da trajetória de uma partícula-alfa sujeita ao campo elétrico gerado por um núcleo atômico. Por fim, os autores abordam que a parábola tem propriedades úteis na fabricação de espelhos de faróis de automóveis, de refletores de longo alcance e de antenas parabólicas.

Nesse mesmo capítulo, na página 297, os autores apresentam o exercício 22-14 sobre elipse utilizando a Primeira Lei de Kepler e solicitam o cálculo do periélio e do afélio da Terra, conforme Figura 5.

Figura 5 – Modelo de exercício abordado no livro

22-14	<p>Pela Primeira Lei de Kepler, a trajetória da Terra é elíptica e o Sol ocupa a posição de um de seus focos. Calcule o periélio e o afélio da Terra (que são, respectivamente, a menor e a maior distância da Terra ao Sol), adotando os valores aproximados: distância focal da trajetória da Terra, $0,50 \cdot 10^7$ km; medida do eixo maior, $30,00 \cdot 10^7$ km.</p>
--------------	---

Fonte: Camargo; Boulos (2005, p. 297)

Ainda nesse capítulo, na página 305, trazem o exercício 22-25 sobre hipérbole utilizando o princípio do método LORAN (*long-range navigation*) de navegação. O

exercício propõe a estimação da posição do navio conhecendo a localização das estações e a velocidade de propagação do sinal da atmosfera.

E mais uma vez no capítulo das Seções Cônicas, encontra-se nas páginas 334 à 339 a Propriedade de Reflexão. Primeiro os autores descrevem a propriedade na elipse com a explicação de um jogador de sinuca numa mesa elíptica arquitetando suas jogadas de acordo com a lei experimental da Física, segundo a qual os ângulos de incidência e de reflexão são congruentes. Também, descrevem que se uma fonte de luz está situada em um dos focos, qualquer raio luminoso reflete-se de modo a convergir ao outro foco e descrevem um exemplo para fontes sonoras. A abordagem da propriedade da reflexão na parábola é descrita pela aplicação na fabricação de refletores e pelo funcionamento das antenas parabólicas.

O terceiro livro analisado foi “Geometria Analítica” dos autores Alfredo Steinbruch e Paulo Winterle (STEINBRUCH; WINTERLE, 1987). Não encontramos nenhuma referência à Física nesse livro.

Dos livros de Geometria Analítica analisados foi possível perceber que quando abordam aplicações na Física, estas estão relacionadas com o produto escalar e/ou com o produto vetorial envolvendo forças; e com as Seções Cônicas, principalmente na abordagem da propriedade de reflexão e na Primeira Lei de Kepler.

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa tem como objetivo geral conhecer as percepções de físicos sobre o ensino-aprendizagem da Geometria Analítica num curso de Física – Licenciatura. Para tanto, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com cinco professores efetivos de um curso de Física – Licenciatura de uma universidade do Rio Grande do Sul e com um professor efetivo do Curso de Matemática que leciona Geometria Analítica nessa universidade, mas que possui formação em Física.

Essas entrevistas foram gravadas, transcritas e analisadas no segundo semestre de 2019 e seguiram o roteiro descrito no Apêndice A.

As características dessa pesquisa são de cunho qualitativo. Segundo Bogdan e Biklen (*apud* LÜDKE; ANDRÉ, 1986), existem cinco características básicas que conceituam uma pesquisa qualitativa. A primeira é ter o ambiente natural como sua fonte direta de dados e o pesquisador como seu principal instrumento. A segunda coloca que os dados coletados são predominantemente descritivos, inclui transcrições de entrevistas e de depoimentos. A terceira característica é que a preocupação com o processo é muito maior do que com o produto. A quarta se refere à necessidade de retratar a perspectiva dos participantes. Por fim, a quinta etapa é a análise dos dados que tende a seguir um processo indutivo, ou seja, “Os pesquisadores não se preocupam em buscar evidências que comprovem hipóteses definidas antes do início dos estudos” (LÜDKE; ANDRÉ, 1986, p. 13).

As autoras Lüdke e André (1986), percebem o interesse dos pesquisadores na área de Educação em metodologias qualitativas, justamente porque essas pesquisas seguem o método indutivo:

O fato de não existirem hipóteses ou questões específicas formuladas *a priori* não implica a inexistência de um quadro teórico que oriente a coleta e a análise dos dados. O desenvolvimento do estudo aproxima-se a um funil: no início há questões ou focos de interesse muito amplos, que no final se tornam mais diretos e específicos. O pesquisador vai precisando melhor esses focos à medida que o estudo se desenvolve (LÜDKE; ANDRÉ, 1986, p. 13).

Então, com o intuito de conhecer as percepções de físicos sobre o ensino-aprendizagem da Geometria Analítica num curso de Física – Licenciatura, optou-se pela abordagem qualitativa que atende melhor os objetivos desta pesquisa. Como o foco deste estudo são as falas de professores de um curso de Física específico, esta pesquisa se enquadra na tipologia estudo de caso. Segundo Stake (1994, *apud* André,

2013, p. 97) “Estudo de caso não é uma escolha metodológica, mas uma escolha do objeto a ser estudado”, ou seja, o objeto desta pesquisa são as falas dos seis professores selecionados de um curso de Física-Licenciatura do Rio Grande do Sul.

Com relação a análise dos dados, as autoras afirmam que analisar dados de uma pesquisa qualitativa “[...] significa “trabalhar” todo o material obtido durante a pesquisa” (LÜDKE; ANDRÉ, 1986, p. 45) e essa tarefa de análise de dados implica dois momentos:

[...] num primeiro momento, a organização de todo o material, dividindo-o em partes, relacionando essas partes e procurando identificar nele tendências e padrões relevantes. Num segundo momento essas tendências e padrões são reavaliadas, buscando-se relações e inferências num nível de abstração mais elevado (LÜDKE; ANDRÉ, 1986, p. 45).

Dessa forma foi feita uma análise das entrevistas e de todo o material utilizado desde o início da pesquisa. Primeiramente, foram feitas várias leituras do material e assim emergiram algumas categorias. “Essas leituras sucessivas devem possibilitar a divisão do material em seus elementos componentes, sem perder de vista a relação desses elementos com todos os outros componentes” (LÜDKE; ANDRÉ, 1986, p. 48).

Depois de emergirem algumas categorias, foram feitas mais leituras, mas agora destacando trechos ou unidades semelhantes dentro dessas categorias, definindo-se subcategorias. Segundo Lüdke e André (1986):

É possível que, ao fazer essas leituras sucessivas, o pesquisador utilize alguma forma de codificação, isto é, uma classificação dos dados de acordo com as categorias teóricas iniciais ou segundo conceitos emergentes. Nessa tarefa ele pode usar números, letras ou outras formas de anotações que permitam reunir, numa outra etapa, componentes similares (LÜDKE; ANDRÉ, 1986, p. 48).

No caso desta pesquisa, utilizou-se como codificação a pintura de trechos das entrevistas com diversas cores, destacando-se cores iguais para falas semelhantes.

O próximo capítulo traz a análise das seis entrevistas realizadas, organizada nas categorias e subcategorias descritas no Quadro 2.

Quadro 2 – Categorias e subcategorias emergentes da análise dos dados

Categorias	Subcategorias
Sobre a importância da Geometria Analítica no curso de Física	A Geometria Analítica é fundamental para o curso de Física
	Os vetores são essenciais
Sobre aplicações da Geometria Analítica no curso de Física	Em componentes curriculares
	Em conteúdos específicos
Sobre o que estudantes se lembram de Geometria Analítica	Os estudantes não se lembram dos conteúdos
	Alguns estudantes se lembram, outros não
Sobre a abordagem do componente Geometria Analítica	Poderia continuar como está
	Até poderia ser diferente, com mais aplicações

Fonte: Autora (2019)

4 FÍSICOS FALAM SOBRE O ENSINO-APRENDIZAGEM DE GEOMETRIA ANALÍTICA NUM CURSO DE FÍSICA – LICENCIATURA

Neste capítulo serão apresentadas as falas de seis professores universitários formados em Física sobre a presença do componente Geometria Analítica num curso de Física – Licenciatura. Tais falas foram produzidas a partir de entrevistas semiestruturadas (roteiro no Apêndice A) realizadas em 2019. Destaca-se que cinco dos professores entrevistados estão vinculados ao curso de Física – Licenciatura da universidade investigada e um está vinculado ao Curso de Matemática – Licenciatura da mesma universidade e ministra Geometria Analítica para diferentes cursos.

Os professores entrevistados foram identificados pelos pseudônimos Antônio, Bruno, Carlos, Danilo, Elizeu e Felipe e todos permitiram a utilização de suas falas através da assinatura de um Termo de Consentimento (Apêndice B).

Antônio possui graduação em Física – Licenciatura, cursou o componente de Geometria Analítica como componente isolado de 90 horas, 6 créditos, e a turma era composta por alunos das licenciaturas em Física e Matemática.

Bruno possui graduação em Física – Bacharelado e não cursou Geometria Analítica. Apenas Cálculo com Geometria Analítica.

Já o professor Carlos possui graduação em Física – Licenciatura e cursou o componente Geometria Analítica como uma cadeira isolada.

Danilo é formado em Física – Bacharelado e teve Geometria Analítica e Álgebra Linear como um componente integrado.

Elizeu possui graduação em Física – Bacharelado e em Matemática – Licenciatura e cursou o componente Geometria Analítica como uma cadeira isolada.

E o professor Felipe tem formação em Física-Bacharelado. Assim como o professor Bruno, ele estudou conteúdos de Geometria Analítica no componente de Cálculo. Mas, destacou que viu os conteúdos de Geometria Analítica num intervalo de tempo inferior a 60 horas.

Pode-se perceber que todos os professores entrevistados tiveram conteúdos de Geometria Analítica durante a graduação, mas em componentes diferentes como Cálculo com Geometria Analítica, Geometria Analítica e Álgebra Linear ou apenas Geometria Analítica, como mostra o Quadro 3. No levantamento realizado anteriormente de como a Geometria Analítica está sendo desenvolvida nos cursos presenciais de Física – Licenciatura das universidades do Rio Grande do Sul, também

foi possível perceber a diferença de organização desse componente curricular. Apesar dessas distinções, quase todas as ementas analisadas possuem conteúdos similares.

Quadro 3 – Graduação dos professores entrevistados e componente no qual cursaram Geometria Analítica

<p>Antônio</p> <ul style="list-style-type: none"> • Física – Licenciatura • Geometria Analítica 	<p>Bruno</p> <ul style="list-style-type: none"> • Física – Bacharelado • Cálculo com Geometria Analítica 	<p>Carlos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Física – Licenciatura • Geometria Analítica
<p>Danilo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Física – Bacharelado • Geometria Analítica e Álgebra Linear 	<p>Elizeu</p> <ul style="list-style-type: none"> • Física – Bacharelado e Matemática – Licenciatura • Geometria Analítica 	<p>Felipe</p> <ul style="list-style-type: none"> • Física – Bacharelado • Cálculo com Geometria Analítica

Fonte: Autora (2019)

A seguir serão apresentadas as falas¹ desses professores, reunidas por categorias que emergiram durante a leitura das mesmas.

4.1 Sobre a importância da Geometria Analítica no curso de Física

As percepções dos professores sobre a relação da Geometria Analítica com a Física foram similares. A Geometria Analítica é um componente fundamental para o curso de Física, é uma ferramenta ou uma linguagem que é utilizada para descrever os conceitos físicos.

¹ Nas transcrições das entrevistas foram utilizadas algumas convenções: a) os sujeitos de pesquisa são identificados por pseudônimos e o pesquisador por Graciela; b) Colchetes são usados para indicar expressões e atitudes dos sujeitos de pesquisa, ou para explicar ao leitor termos implícitos; c) Uma barra indica interrupção de fala; d) Reticências indicam pausa prolongada; e) Reticências entre colchetes indicam omissão de partes da transcrição e f) Aspas indicam que o sujeito de pesquisa está lendo o que está dizendo (SILVA, 2003, p. 66). Uma barra preta omite o nome da universidade, mencionado pelos entrevistados em alguns momentos.

A Geometria Analítica é fundamental para o curso de Física

Antônio: “[...] é uma ferramenta essencial, básica, fundamental para descrição de n efeitos de fenômenos físicos. Não tem como se furta.”

Bruno: “[...] a Geometria Analítica ela ajuda, pelo menos no meu entendimento, na Física, por exemplo, a localizar as coisas no espaço, é uma das coisas mais fundamentais que a gente precisa para descrever qualquer tipo de termodinâmica em Física. [...] faz parte da linguagem que a gente usa pra descrever fenômenos Físicos. Como, sei lá, Literatura e Português, como se alguém que fosse estudar Literatura não fosse estudar a linguagem da gramática.”

Carlos: “[...] esse componente assim, se eu pensar em alunos do curso de Física é um dos componentes mais importantes que dá suporte para fazer todos os outros cursos de Física. [...] A Geometria Analítica é de supra importância, vou dizer assim, principalmente, para a área das engenharias e para Física. [...] Bom, descrever isso, descrever aquilo, a gente precisa um instrumental, de uma ferramenta matemática, e uma das mais importantes é a Geometria Analítica. [...] em geral, não só a Geometria Analítica, toda a Matemática é extremamente importante para toda a área de conhecimento... ela é uma linguagem que nos permite escrever um monte de coisa em qualquer área. Então é fundamental.”

Danilo: “[...] eu diria que a parte da Geometria Analítica é fundamental. [...] A Matemática é a principal ferramenta para a Física. É que nem o pedreiro precisa da colher, do martelo, do seus instrumentos de trabalho. Na Física, a ferramenta básica é a Matemática. A grande ferramenta da Física é a Matemática, então é fundamental. Sem essa ferramenta a gente não, não constrói os conceitos.”

Elizeu: “É fundamental [...] acho que a Geometria Analítica é um negócio interessante que é você ter uma visualização geométrica mesmo. É um desenho, você consegue visualizar o que está acontecendo e fazer uma relação disso com a Matemática. Eu acho que isso trabalha um pouco com a cognição, com o intelecto, de uma forma de interpretar problemas, né. Então, eu acho que essa visão que a Geometria Analítica nos dá, ela é interessante também. Mesmo que não tenha uma aplicação, eu acho que ela desenvolve o raciocínio.”

Felipe: “[...] é indispensável para compreender muitos conceitos na Física. [...] ela fornece as ferramentas básicas para compreender boa parte dos conteúdos de Física.”

Todos os professores concordam que a Geometria Analítica é importante para o estudo da Física. Alguns a descrevem como a linguagem ou a principal ferramenta, fazendo analogias como um pedreiro sem colher ou sem martelo, como a Literatura sem a Gramática. Concheti (2015) também afirma que discutir o papel da Matemática na Física é como discutir o papel da Gramática na Língua Portuguesa:

Discutir o papel da matemática na física pode ser análogo a discutir o papel da gramática na língua portuguesa: são permitidos óticas e atuações diferentes, dependendo do contexto. Usamos a matemática na física em diversas situações, seja na elaboração de cálculos, resolução de equações, interpretação física de um sinal, de um gráfico ou ainda no raciocínio lógico matemático necessário em diversos problemas (CONCHETI, 2015, p. 30).

Dessa maneira, a Matemática é fundamental para estruturar o pensamento Físico, é uma ferramenta importante para a construção dos conceitos físicos. A Geometria Analítica, particularmente, como os professores Elizeu e Bruno destacam, possibilita a visualização geométrica de fenômenos. Além disso, relacionar esses fenômenos com equações algébricas, desenvolve a cognição, o intelecto, a habilidade de interpretar problemas e o raciocínio. Santos (2016) reforça:

A compreensão da Álgebra como sistema de código e da Geometria como leitura e interpretação do espaço podem contribuir para o desenvolvimento das capacidades de abstração, raciocínio dedutivo em todas as suas vertentes e resoluções de problemas (SANTOS, 2016, p. 57).

Nesse sentido, o professor Carlos enfatiza que a Geometria Analítica é importante pois provoca no estudante o poder de abstração: *“Agora questão de equacionar, por exemplo, uma reta, e visualizar uma reta, ou visualizar um plano, a partir de uma equação, acho que tem também a questão de abstração da pessoa... Na verdade a gente tem que ter o poder de abstração, eu acho que tem a importância nesse sentido de provocar uma abstração na cabeça do aluno, e acho que isso é importante, e saber relacionar.”*

Segundo Santos (2016), “Se o estudante desenvolve a habilidade de fazer abstração de situações matemáticas conscientemente, ele atingiu um nível avançado do pensamento matemático” (SANTOS, 2016, p. 70).

Desse modo, ficou evidente que os professores consideram o componente Geometria Analítica fundamental para um curso de Física – Licenciatura, pois possibilita aos acadêmicos recursos que serão utilizados para descrever vários

processos físicos ao longo da graduação. E também contribui no desenvolvimento do raciocínio, visto que, “A essência real da Geometria Analítica reside na transferência de uma representação geométrica para uma representação algébrica” (SANTOS, 2016, p. 32) e isso possibilita o desenvolvimento do poder de abstração² dos estudantes.

Em vários momentos das entrevistas os professores destacam a importância da notação vetorial para descrever conceitos físicos.

Os vetores são essências

Antônio: “[...] importância da notação vetorial [...]”

Carlos: “Vetores é um negócio que todo mundo sabe que é importante em todos os cursos na área da Física. [...] vetores para gente na Física, a gente dividi lá todas as grandezas em escalares e grandezas naturais e a forma de manusear isso, a gente precisa de uma ferramenta que é os vetores [...] a álgebra de vetores, saber o que é um vetor, definir um vetor, diz qual o tamanho do espaço do vetor, a gente normalmente trabalha com espaço tridimensional, mas na Física a gente sabe que pode usar espaços muito e muito maiores do que isso, e como é que manipula isso, como que é a álgebra de vetores, que é diferente da álgebra de escalar. [...] Então, digamos, dá uma informação importante, esse negócio, digamos pro aluno conseguir entender um monte de coisa no meio do caminho e se ele levar para o lado da Física mais, quando a gente fala lá na Física, o vetor deslocamento e se o cara não sabe o que é um vetor, então dançou. [...] para um curso de graduação o vetor é a base, digamos assim. [...] Então, vetores se você olhar desde o curso de Física I até o último curso lá que tem na nossa grade, você vai achar vetores [...] Se a pessoa não sabe vetores, esquece.”

Elizeu: “[...] no ponto de vista como professor de Física, a parte vetorial, por exemplo, é extremamente importante. Como uma ferramenta Matemática, né, para se resolver vários problemas que aparecem em Física. E para entender toda essa álgebra

² De acordo com o Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa (FERREIRA, 2004), abstração é o “Ato de separar mentalmente um ou mais elementos de uma totalidade complexa (coisa, representação, fato), os quais só mentalmente podem subsistir fora dessa totalidade” (FERREIRA, 2004, p. 18). Essa definição fica mais clara com o exemplo de abstração trazido pelo professor Carlos. Um fio de aço esticado é apenas uma representação de reta. A noção de reta é um conhecimento abstrato, só existe mentalmente.

vetorial. Ela é essencial para a compreensão da Física [...] a parte vetorial é essencial, sem isso não consegue andar muito bem.”

Felipe: *“Não dá, por exemplo, para entender os conceitos de força ou campo elétrico, sem vetores.”*

Os professores salientam a importância da notação vetorial para descrever e entender os conceitos físicos, principalmente os conceitos de força, campo elétrico e deslocamento. Na análise dos livros apresentada no item 2.3, dentre as aplicações da Geometria Analítica na Física que foram encontradas, a maioria estava relacionada com produto escalar e produto vetorial. Assim, percebe-se que o estudo de vetores é essencial para a compreensão de fenômenos físicos e foi considerado por alguns professores como uma ferramenta básica.

4.2 Sobre aplicações da Geometria Analítica no curso de Física

Além dos professores terem citado a importância do estudo de vetores, os mesmos, em diferentes momentos das entrevistas, apontaram algumas aplicações que foram agrupadas nas seguintes subcategorias.

Em componente curriculares

Durante as entrevistas os professores indicaram alguns componentes que ministram e para os quais são requeridos conhecimentos de Geometria Analítica. Foram citados: Física Experimental, Física Básica (acredita-se que o professor quis dizer Física Geral), Física Geral, Física I, Física II, Física III, Física Matemática, Física Moderna e Contemporânea, Mecânica Clássica I, Mecânica Clássica II, Mecânica Estatística, Mecânica Geral, Mecânica Analítica, Teoria Eletromagnética, Astronomia, Eletromagnetismo (acredita-se que o professor quis dizer Teoria Eletromagnética) e Cálculo III.

Ressalta-se que alguns desses componentes foram mencionados mais de uma vez por professores diferentes e que os nomes dos componentes estão descritos como foram enunciados no momento da entrevista.

Desse modo, foram apontados 15 componentes diferentes e analisando a matriz curricular do curso de Física em questão, os componentes descritos são ministrados desde o 1º semestre até o 7º semestre. Quatro desses componentes são

complementares e alguns são pré-requisitos para componentes ministrados no 8º semestre.

Assim, é possível perceber que os conhecimentos adquiridos no componente Geometria Analítica são requeridos num curso de Física – Licenciatura, praticamente, durante toda a graduação.

Em conteúdos específicos

Antônio: “[...] área de Mecânica da parte de Cinemática [...] as definições de velocidade instantânea e velocidade média [...] movimento em duas dimensões [...] a parte de estática, de carga estática, o simples cálculo da força elétrica resultante, que é uma representação num sistema de cargas.”

Bruno: “[...] coordenadas generalizadas, então para descrever as coordenadas generalizadas eu vou precisar de falar um pouco de Geometria Analítica, claro que implicitamente, já que eu vou pegar as coordenadas angulares x e y [...] Qualquer tipo de espaço de coordenadas que a gente vai usar, seja ele de um, duas, três ou n dimensões. [...] Trabalho que envolve produto vetorial, produto escalar.”

Carlos: “[...] o vetor deslocamento e se o cara não sabe o que é um vetor, então dançou [...] ah “é o caminho percorrido”, não, não é o caminho percorrido é o deslocamento, é o vetor, e assim por diante. [...] você tem uma [...] viga, numa casa você tem uma viga e você tem outro andar em cima da casa, então essa viga está sobre ação de uma carga devido à força gravitacional, isso quando você for estudar, você coloca como um vetorzinho apontando para baixo, então aquela flechinha tem esse significado. [...] você pensa num fio de aço esticado como uma reta. Não, na prática não é uma reta porque isso tem volume. Mas, se você quer descrever, por exemplo, o movimento de uma formiga em cima de um fio desses esticado, essa formiga vai realizar o que a gente chama lá de movimento retilíneo.”

Danilo: “[...] as equações da reta, as equações de curvas dentro da Geometria Analítica, a gente vai, elas vão se apresentar nos movimentos, nos movimentos dos corpos que a gente estuda. [...] o movimento retilíneo uniforme, movimento retilíneo uniformemente variado, ah...lançamento de projétil, MCU [Movimento Circular Uniforme].”

Elizeu: “[...] seções cônicas, ela aparece na parte de astronomia.”

Felipe: “[...] Lançamento de projétil (parábola), órbitas dos planetas e energia do oscilador harmônico (elipse), cone de luz na relatividade restrita (cone), superfície equipotencial de uma carga pontual (esfera).”

Percebe-se que os conteúdos de Geometria Analítica que foram abordados nas aplicações enunciadas pelos professores, além de vetores, são: produto vetorial, produto escalar, retas, planos, seções cônicas e quádricas, ou seja, quase todos os conteúdos que compõem a ementa do componente Geometria Analítica do curso de Física – Licenciatura em questão.

Dessa forma, se os estudantes compreenderem os conteúdos de Geometria Analítica, estarão em melhores condições de acompanhar os demais componentes ao longo de um curso de Física – Licenciatura.

4.3 Sobre o que os estudantes se lembram de Geometria Analítica

Quando foi perguntado aos professores se os acadêmicos se lembravam dos conteúdos de Geometria Analítica quando eram requeridos nos componentes lecionados por eles, as respostas foram divergentes.

Os estudantes não se lembram dos conteúdos

Antônio: “Não, a impressão que eu tenho é que não. [...] vamos pegar o exemplo da Física III, que você precisa da importância da representação vetorial, na pior das hipóteses o aluno já está a três semestres na Física III e já fez a Geometria Analítica, pois está no primeiro semestre [...] e mesmo assim você nota a diferença, aliás, é até grande a dificuldade que tu observa no aluno desses componentes de Física tanto de primeiro ou terceiro semestre [...] num sistema de cargas é simplesmente uma soma de vetores ali, e a dificuldade enorme, e os alunos não têm o domínio, dificuldade muito grande... não tem o domínio de conseguir operar uma soma vetorial.”

Carlos: “Pois é, já falaria de uma coisa mais geral, não só da componente de GA [Geometria Analítica], mas de um monte assim, por exemplo, Física I. Dei muitas vezes o curso de Física I, e daí, que é no começo do nosso curso e depois eu vou lá no final do nosso curso, dou o curso tipo de Teoria Eletromagnética, e daí eu retomo algumas coisas lá da Física I e eu acho curioso, que o aluno sempre diz que não lembra o que ele viu lá em Física I e não tem ideia do que está acontecendo. E o

mesmo acontece com Geometria Analítica. Então vetores tu repete [...] você repete quase em todos os cursos e se você pegar o aluno do final do curso, você vai ver que ele ainda tem uma dificuldade tremenda de entender os tais dos vetores. [...] E mesmo, passando por diversas explicações, várias vezes assim, você vê que persiste a dificuldade de você falar “a projeção do vetor” no eixo x. O cara não sabe o que é projeção. [...] É porque tu decora por um tempo curto, né, passou aquele tempo você esquece, porque você não adquiriu na verdade, não se apossou daquele conhecimento, você só decorou e passou adiante e é isso que a gente não queria, não quer na verdade.”

O professor Antônio tem a impressão que os estudantes não se lembram e traz como exemplo os estudantes de Física III que já estão, no mínimo, há três semestres no curso e que apresentam dificuldades quando têm que realizar uma soma de vetores. Já Carlos enfatiza que essa falta de lembrança não acontece apenas com conteúdos de Geometria Analítica, mas com os da própria Física. Ele considera que, infelizmente, os acadêmicos decoram os conteúdos por um tempo curto e depois se esquecem.

Alguns estudantes se lembram, outros não

Bruno: *“Felizmente estou lidando com uma turma bem boa de trabalhar nesse semestre, e eu acredito nessa turma, específico, sim. Mas na época que eu pegava umas cadeiras mais do início eles eram bem perdidos, assim. [...] Eles parecem não se lembrar muito bem. Bom, mas eles não lembram de Física I, também. [...] Estudam na véspera da prova e depois esquecem.”*

Danilo: *“Não lembram [...] poucos lembram.”*

Elizeu: *“...Acho que eu diria que, que sim. [...] Em Física I, geralmente, tem Geometria Analítica junto com o curso de Física. Então tá meio fresco ali. [...] É bem tranquilo quando dá para sentir que eles tão focados em apreender Geometria Analítica mesmo. Em Física III, aparece de novo essa álgebra vetorial. [...] E muitos alunos conseguem desenvolver sem muita dificuldade. Tem outros tantos, não vou dizer que são poucos que são bastantes, tem dificuldades. Pelo fato de ter bastante gente que consegue desenvolver com desenvoltura, né, eu acho que conseguem lembrar, ou seja, não dá para generalizar.”*

Felipe: *“Os que realmente se dedicam aos estudos, sim.”*

Os professores Elizeu e Felipe constatarem que os acadêmicos que estão focados em aprender e se dedicam, conseguem se lembrar dos conteúdos de Geometria Analítica quando estes são requeridos em outros componentes. Já Bruno se refere a uma turma específica que ele considera muito boa e cujos estudantes ele acha que se lembram dos conteúdos. No entanto, ele comenta também que quando lecionou algumas cadeiras no início do curso, alguns estudantes pareciam não se lembrar de Geometria Analítica, nem de Física I, justificando que eles estudam na véspera da avaliação e depois se esquecem. Já Elizeu comenta que não dá para generalizar, pois alguns acadêmicos apresentam muitas dificuldades. O professor Danilo afirma primeiro que os estudantes não se lembram dos conteúdos, mas em seguida fala que poucos se lembram, o que reforça o comentário de Elizeu de que não se pode generalizar.

Para Santos (2016) a dificuldade dos alunos está em fazer as relações das noções matemáticas dos conteúdos, pois as representações mentais são diferentes entre alunos e professores:

Embora se espere que muitos matemáticos possam, por exemplo, dar definições equivalentes ao conceito de função, suas representações mentais respectivas da noção podem ser muito diferentes. A noção de vetor na concepção de um estudante pode estar limitada a seu processo (aplicação na Física), enquanto um professor ensinando o estudo dos vetores esteja querendo representar um produto. Tais discrepâncias poderão dificultar a compreensão dos estudantes (SANTOS, 2016, p. 66).

Poderia-se minimizar essas discrepâncias com uma troca de conhecimentos, uma conversa, entre o professor de Geometria Analítica e os professores de Física. O professor Carlos, por exemplo, comenta que os alunos não sabem o que é a projeção de vetores nos eixos. Mas será que os professores que ministram Geometria Analítica dão enfoque para esse conhecimento? Então, se os professores conversassem, essas ideias poderiam ser trabalhadas comitadamente ou reforçadas em diferentes componentes. Dessa forma, os professores poderiam priorizar conteúdos que são importantes para a compreensão de fenômenos físicos e com uma abordagem mais aplicada.

4.4 Sobre a abordagem do componente Geometria Analítica

Atualmente, a Geometria Analítica no curso de Física – Licenciatura em questão, trabalha com o estudo de vetores, produtos entre vetores, retas, planos, distâncias, cônicas e superfícies quádricas, sem muito enfoque nas aplicações à Física. Portanto, durante as entrevistas, os professores tiveram a oportunidade de comentar sobre a abordagem atual e dar sugestões para aprimorar o ensino-aprendizagem desse componente.

Poderia continuar como está

Felipe: *“Não vejo a necessidade de ter uma abordagem diferente. Acho que desde o início e no decorrer do curso de Física, os conteúdos de Geometria Analítica já são naturalmente muito aplicados.”*

O professor Felipe acredita que a abordagem do componente de Geometria Analítica não tem necessidade de ser diferente, justificando que no decorrer do curso de Física, os conteúdos de Geometria Analítica já são naturalmente aplicados.

Até poderia ser diferente, com mais aplicações

Antônio: *“Ãh... Até poderia ser diferente, eu acredito que a concepção de ementa tá OK. Talvez só uma, é uma questão de elaboração do plano de ensino, no aspecto de trabalhar com exemplos aplicados. [...] Não teria problema você usar a componente de Geometria Analítica, né, reforçando muitos exemplos aplicados na Física. [...] É acho que favoreceria tranquilamente.”*

Bruno: *“Eu acho que poderia ser diferente, mas eu também não sei se ...ia fazer muita diferença. [...] Então, talvez algum exemplo com aplicação na Física [...] enfim, talvez essa coisa do exemplo, talvez fosse interessante mesmo enfatizar mais um pouco, assim, que possa ajudar um pouco os alunos de Física, no caso, ter um pouco mais de facilidade na associação.”*

Carlos: *“[...] talvez, estamos falando de vetores, dizer o que representa o vetor lá na Engenharia, o que representa um vetor lá na Física, o que representa um vetor em qualquer outra área, talvez esse link falte. [...] Então, acredito que é minha função, mas isso nada impede de motivar o aluno lá que está fazendo Geometria Analítica de tentar já de visualizar “o que significa essa flechinha na prática”, o que significa, como*

é que aplica isso. [...] Então, na prática não sei se daria muito para fazer algo, digamos assim, fazer algo muito diferente do que é feito, não vejo isso. Não vejo porque a pessoa que vai estudar vetores lá vai precisar definir um sistema de coordenadas, vai precisar saber o que é um sistema de coordenadas, o que é um sistema de coordenadas ortogonal, e a partir daí, então, o vetor pode ser descomposto, tem tudo isso. Ah...então, mas isso, ninguém nasceu sabendo isso, alguém tem que ir lá e dizer: esse negócio funciona assim. E a pessoa tem que entender esse negócio, não é só visualizar o que é isso, não, tem que entender o que é uma projeção, um ângulo, o que é tudo isso.

Danilo: *“Ãh... então, acho que não tem uma forma mais eficiente de fazer isso. [...] No momento que o professor de Física tá dando o conteúdo de Física, tem que buscar aquele conhecimento, ou seja, de Geometria Analítica ou de Cálculo, ou seja qual for a Matemática e tentar relacionar com seu conteúdo. [...] Tu dar a indicação para que tu precisa desse conhecimento e tem que ter uma aplicação prática daquilo. Se não fica meio sem sentido [...] A importância de mostrar uma utilidade prática, seja do Cálculo ou seja da Física, dentro da disciplina, para dar o estímulo ao estudante. Acho que isso é fundamental, é a base de tudo.”*

Elizeu: *“Hum, sim, acho seria interessante sim [...] com exceção da Matemática que é um pouco diferente, acho que as engenharias e as físicas voltadas para aplicações físicas, acho bem interessante, sim.”*

Os professores acima enfatizam que seria interessante que tivessem mais aplicações na Física para tentar mostrar a utilidade prática do componente, pois isso poderia estimular os alunos, facilitando assim as devidas associações, mostrando o sentido dos conteúdos.

O professor Bruno destaca que uma dificuldade para desenvolver mais aplicações na Física é que o professor que ministra o componente tem uma formação Matemática e isso poderia ser um obstáculo: *“[...] se o professor de Matemática teve uma formação mais direcionada à linguagem matemática, vai ser difícil dele pensar num problema ou num exemplo em Física.”* Mas o professor Antônio traz uma solução para essa dificuldade. Ele comenta uma experiência realizada no semestre passado (2019 – 1), na qual alguns professores de Física Experimental e Física Geral organizaram os planos de ensino trocando conhecimentos e isso pode ser tranquilamente estendido para a Geometria Analítica: *“[...] não é mexer na ementa,*

mas na hora de montar o teu plano de ensino, se montou com os planos de ensino se conversando, né. A gente discutia semanalmente, né, os pontos que se ia trabalhar para se complementar. Eu acho que essa experiência, poderia tranquilamente, se estender tanto para o Cálculo quanto para a Geometria Analítica. [...] uma conversa assim é facilmente feita em poucos minutos ao longo da semana e aí se consegue adaptar. [...] pois a gente percebe que o aluno consegue perceber... e pelas próprias intervenções o aluno consegue se envolver mais [...] e ver essas relações.”

A sugestão do Professor Antônio pode ser uma possibilidade de se pensar num componente, sem alterar a ementa, que atendesse as necessidades do curso de Física – Licenciatura. Um plano de ensino com uma abordagem mais aplicada, poderia ser estimulante para o aluno e daria suporte para fazer as devidas relações entre os componentes e entre os conteúdos estudados. Mas, para isso dar certo, o professor do componente Geometria Analítica tem que buscar se informar, fazer um esforço conjunto para desenvolver uma aula que enfatize as relações da Geometria Analítica com a Física. E as relações que são abordadas nos livros, como foi verificado no item 2.3, não são suficientes para que o professor de Matemática consiga desenvolver uma aula que faça mais sentido para os acadêmicos de um curso de Física. Portanto, alguns estudos em conjunto entre professores de Geometria Analítica e de Física, poderiam trazer resultados positivos para o ensino-aprendizagem desse componente e dos que compõem o currículo dos cursos de Física.

Quando se refere a esse saber relacionar, o professor Danilo salienta que está tudo interligado, que vemos as coisas isoladas nos componentes, mas temos que fazer o elo de ligação. No entanto, fazer isso é complicado: *“...a gente vê coisas isoladas e depois tem que juntar tudo isso, e tentar concatenar, né, tudo isso, pra ver qual a importância da Geometria. [...] O conhecimento vem picotado, o conhecimento vem em partes, fracionado e tem que tentar juntar isso. Mas tudo tá interligado. Mas como tu faz essa ligação, é complicado. [...] Leva um tempo para tu internalizar aquilo dali.”*

Portanto, é fundamental fazer esse elo entre os componentes, é importante saber relacionar os conteúdos. Para se fazer as relações necessárias, deve haver um esforço tanto do professor do componente, para tentar desenvolver as aulas destacando a importância e o sentido dos conteúdos, como dos estudantes para tentar entender os conceitos. Não é suficiente dizer que no momento que o professor de

Geometria Analítica desenvolve um plano com mais aplicações na Física, os estudantes vão conseguir se apropriar dos conceitos e fazer as relações que se espera. É necessário que os estudantes pratiquem e que ao longo do curso esses conhecimentos, sempre que requeridos, sejam lembrados e reforçados pelos demais professores. O professor Carlos reforça: “[...] *eu como Físico é a minha função dizer o que representa aquela flechinha lá, direcionada para a Física. Então, acredito que é minha função, mas isso nada impede de motivar o aluno lá que está fazendo Geometria Analítica de tentar já de visualizar “o que significa essa flechinha na prática”, o que significa, como é que aplica isso. [...] Então, veja, tem um negócio que é trabalho duro em cima, tem que trabalhar, reproduzir. Não é só reproduzir. É reproduzir, entender [...]*”.

Desse modo, é interessante uma abordagem mais aplicada, com intuito de favorecer o entendimento dos estudantes, mas para isso é necessário um trabalho em conjunto tanto dos professores como dos acadêmicos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O interesse desta pesquisa surgiu pelo fato da pesquisadora ter sido bolsista do Projeto de Ensino “Geometria Analítica com o GeoGebra: representações no plano e no espaço cartesiano”. E, durante a participação no desenvolvimento das atividades desse Projeto, foi possível perceber a importância da Geometria Analítica dentro da Matemática.

Conseqüentemente, despontou a curiosidade de saber o quanto a Geometria Analítica é importante em outras áreas de conhecimento, visto que é um componente ofertado em vários cursos. Assim, pelo fato da Física estar relacionada com a Matemática, optou-se por entrevistar professores de um curso de Física – Licenciatura, com o objetivo de conhecer as percepções desses professores sobre o ensino-aprendizagem da Geometria Analítica num curso de Física – Licenciatura.

Da leitura e estudo das falas desses professores, concluiu-se que todos concordam que a Geometria Analítica é importante para o estudo da Física. Alguns a descrevem como a linguagem ou a principal ferramenta, enfatizando que a Matemática é fundamental para estruturar o pensamento Físico, é uma ferramenta importante para a construção dos conceitos físicos. Alguns enfatizam também que a Geometria Analítica é importante pois provoca no estudante o poder de abstração, já que possibilita a visualização geométrica de fenômenos. Além disso, destacam que relacionar esses fenômenos com equações algébricas, desenvolve a cognição, o intelecto, a habilidade de interpretar problemas e o raciocínio.

Em vários momentos das entrevistas os professores destacam a importância da notação vetorial para descrever e entender os conceitos físicos. E alguns professores consideram vetores como sendo a ferramenta básica para a Física. Logo, percebeu-se que o estudo de vetores é essencial para a compreensão de fenômenos físicos.

Outro aspecto destacado pelos professores foi a relação dos conteúdos de Geometria Analítica com os componentes que ministram. Os componentes enunciados estão presente na grade curricular, do 1º ao 7º semestre, sendo que alguns são pré-requisitos para componentes ministrados no 8º semestre. E os conteúdos de Geometria Analítica apontados pelos professores são, praticamente, todos os conteúdos que compõem a ementa do mesmo no curso de Física – Licenciatura em questão. Assim, foi possível perceber que os conhecimentos

adquiridos no componente Geometria Analítica são requeridos num curso de Física – Licenciatura, praticamente, durante toda a graduação.

Em relação se os acadêmicos se lembravam dos conteúdos de Geometria Analítica quando eram requeridos nos componentes lecionados por eles, dois professores acreditam que não e um salienta que é algo geral, que os acadêmicos não se lembram dos conteúdos de Física também. Outros professores afirmam que alguns estudantes se lembram e outros não se lembram. Mas, dois desses professores constataam que os acadêmicos que estão focados em aprender e se dedicam, conseguem se lembrar dos conteúdos de Geometria Analítica quando estes são requeridos em outros componentes.

Quanto à abordagem do componente Geometria Analítica, a maioria dos entrevistados relata que poderia ser diferente, com mais enfoque nas aplicações à Física, pois isso poderia estimular os alunos, mostrando o sentido do conteúdo e colaborando com as associações necessárias à compreensão de conteúdos de Física. No entanto, é necessário um trabalho em conjunto, tanto dos professores de Geometria Analítica e Física quanto dos acadêmicos.

Portanto, ficou evidente que os sentidos da Geometria Analítica para os professores entrevistados vão desde a relação que os conteúdos de Geometria Analítica têm com os fenômenos físicos ao longo da graduação em Física-Licenciatura, até o desenvolvimento da abstração, da visão geométrica, da cognição, da habilidade algébrica e de resolução de problemas.

Ao término deste Trabalho de Conclusão de Curso a pesquisadora tem suas convicções reforçadas quanto à importância do componente Geometria Analítica tanto para cursos de Física-Licenciatura, como também para cursos de Matemática-Licenciatura e de Engenharia, por possibilitar o exercício da abstração, a capacidade de fazer relações entre entes algébricos e geométricos e pelas inúmeras aplicações dos conteúdos trabalhados nesse componente em problemas de Física e, conseqüentemente, de Engenharia.

Essa percepção não foi adquirida exclusivamente pelo trabalho em questão, mas em conjunto com a participação da pesquisadora como bolsista do Projeto de Ensino já referido. Além do próprio aprimoramento da pesquisadora nos conceitos e conteúdos de Geometria Analítica, foi possível notar que os participantes do Projeto conseguiam visualizar os entes geométricos com auxílio do software GeoGebra, mas tinham dificuldades de fazer as relações desses entes com as suas equações

algébricas e vice-versa. Alguns comentaram que as aulas de Geometria Analítica tinham que possibilitar mais visualizações. No entanto, as percepções dos acadêmicos que cursam Geometria Analítica não foram abordadas nesta pesquisa e poderiam ser um tema para pesquisas futuras, bem como as percepções de professores de Geometria Analítica com formação em Matemática.

REFERÊNCIAS

- ANDRÉ, Marli. O que é um estudo de caso qualitativo em educação? **Educação e Contemporaneidade**, Revista da FAEBA, Salvador, v. 22, n. 40, p. 95-103, jul./dez. 2013. Disponível em: <https://revistas.uneb.br/index.php/faeeba/article/viewFile/753/526>. Acesso em: 05 dez. 2019.
- BRASIL. Parecer CNE/CES 1.304/2001. Diretrizes Curriculares para os Cursos de Física. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, p. 25, 4 dez. 2001. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1304.pdf> . Acesso em: 10 abr. 2019.
- CARMARGO, Ivan; BOULOS, Paulo. **Geometria analítica**: um tratamento vetorial. 3 ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005.
- CONCHETI, Andreza Fernanda. **A pluralidade da relação entre a física e a matemática em um curso inicial de licenciatura em física**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2015. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-25112015-142118/pt-br.php>. Acesso em: 20 mar. 2019.
- FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Novo dicionário Aurélio da língua portuguesa**. 3. ed. Curitiba: Positivo, 2004.
- KARAM, Ricardo Avelar Sotomaior. Matemática como estruturante e física como motivação: uma análise de concepções sobre as relações entre matemática e física. *In*: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 6., 2007, Florianópolis. **Anais** [...] Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, 2007. p. 01-12. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/CR2/p730.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2019.
- KARAM, Ricardo Avelar Sotomaior. **Estruturação matemática do pensamento físico no ensino**: uma ferramenta teórica para analisar abordagens didáticas. 2012. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade de São Paulo. Programa de Pós-Graduação em Educação, São Paulo, 2012. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-29052012-134910/pt-br.php>. Acesso em: 20 mar. 2019.
- LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli. **Pesquisa em educação**: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986.
- MUNHOZ, Gisele de Lima. **Uma análise do desenvolvimento de atividades de geometria analítica com o software GeoGebra**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Matemática - Licenciatura) – Universidade Federal do Pampa, Campus Bagé, Bagé, 2018.
- PIETROCOLA, Maurício. Linguagem e estruturação do pensamento na ciência e no ensino de ciências. *In*: PIETROCOLA, Maurício; FREIRE JUNIOR, Olival (org.).

Filosofia, ciência e história: uma homenagem aos 40 anos de colaboração de Michel Paty com o Brasil. São Paulo: Editora Discurso Editorial, 2005. p. 315 – 333.

SANTOS, Adriano Tiago Castro dos. **O estado da arte das pesquisas brasileiras sobre geometria analítica no período de 1991 a 2014.** 2016. Tese (Doutorado em Ensino de Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. São Paulo, 2016. Disponível em: <https://tede2.pucsp.br/handle/handle/19047>. Acesso em: 13 nov. 2019.

SILVA, Amarildo Melchiades da. **Sobre a dinâmica da produção de significados para a matemática.** 2003. Tese (Doutorado em Ensino de Matemática) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Rio Claro, 2003. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/102156>. Acesso em: 13 nov. 2019.

STEINBRUCH, Alfredo; WINTERLE, Paulo. **Geometria analítica.** 2. ed. São Paulo: Markon Books, 1987.

WINTERLE, Paulo. **Vetores e geometria analítica.** São Paulo: Pearson Makron Books, 2000.

Apêndice A- Roteiro para as entrevistas

1. Há quanto tempo você trabalha nessa universidade?
2. Quando você estava na graduação, você teve Geometria Analítica?
3. Você tem alguma lembrança de como eram as aulas de Geometria Analítica?
4. Naquela época você via relação da Geometria Analítica com os demais componentes do Curso? Quais?
5. O que você diria a um acadêmico do Curso de Física – Licenciatura, se ele lhe perguntasse por que eles tem que estudar Geometria Analítica?
6. Quais componentes você ministra, geralmente, no curso de Física – Licenciatura?
7. Nos componentes que você leciona, você utiliza conteúdos de Geometria Analítica?
8. Se sim, quais e para quais conteúdos de Física? Você poderia dar exemplos?
9. Você acha que os acadêmicos se lembram dos conteúdos de Geometria Analítica quando eles são requeridos nos componentes que você leciona?
10. Hoje a Geometria Analítica no Curso de Física trabalha com o estudo de vetores, produtos entre vetores, retas, planos, distâncias, cônicas e superfícies quádricas, sem muito enfoque nas aplicações à Física. Você acha que a abordagem poderia ser diferente? Como? Que sugestões você teria?
11. As diretrizes para os cursos de Física recomendam a presença de Geometria Analítica nos currículos. Você concorda com isso? Por quê?
12. Você gostaria de falar alguma coisa que não foi contemplada na nossa conversa?

Apêndice B – Termo de Consentimento

Termo de Consentimento

Informações Sobre a Pesquisa:

Título da Pesquisa: Sentidos da Geometria analítica num Curso de Física – Licenciatura.

Orientadora: Claudia Laus Angelo.

Pesquisadora: Graciela Fagundes Jaskulski

Telefones Para Contato: (53) 99959-1067 ou (53) 99954-6824.

Instituição: [REDACTED].

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado “Sentidos da Geometria analítica num Curso de Física – Licenciatura” tem como objetivo conhecer as percepções de físicos sobre o ensino-aprendizagem da Geometria Analítica num curso de Física – Licenciatura.

Para tanto, realizaremos entrevistas com professores do Curso de Física – Licenciatura [REDACTED], que serão gravadas em áudio e posteriormente transcritas para análise.

Qualquer uso, de qualquer parte das entrevistas estará sempre protegido pelo anonimato de pessoas e instituições. O acesso aos registros escritos ou em áudio, será exclusivo das pesquisadoras. Serão preservadas as identidades dos sujeitos. As informações provenientes da análise das entrevistas poderão ser utilizadas pelas pesquisadoras em publicações e eventos científicos e divulgadas a todos aqueles que se interessarem pelo tema.

Graciela Fagundes Jaskulski

Consentimento da Participação da Pessoa Como Sujeito:

Eu, _____, CPF n.º _____, abaixo assinado, concordo em participar deste estudo, como sujeito. Fui devidamente informado e esclarecido pela pesquisadora Graciela Fagundes Jaskulski sobre a pesquisa e os procedimentos nela envolvidos. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.

Local

e

data:

_____.

Assinatura do Entrevistado

Apêndice C – Transcrições das Entrevistas

TRANSCRIÇÕES³ DAS ENTREVISTAS

Transcrição da entrevista com o Professor Antônio.

Graciela: *A primeira pergunta seria “Há quanto tempo você trabalha nessa universidade?”*

Antônio: *Ãh...desde 2006.*

Graciela: *[..] Eu não perguntei a instituição que cursou a graduação pois olhei no Lattes [...] Assim, vou passar para a segunda pergunta que é “Quando você estava na graduação, você teve Geometria Analítica?”*

Antônio: *Sim!*

Graciela: *“Você tem alguma lembrança de como eram as aulas de Geometria Analítica?”*

Antônio: *As aulas de Geometria Analítica eram componentes de seis créditos, noventa horas... Como fiz a licenciatura em Física, essas componentes, além de Geometria Analítica... os cálculos e agora eu não tenho certeza se Álgebra Linear também eram, todas elas compartilhadas com a licenciatura em Matemática. Eu tenho a impressão que com a exceção da Álgebra Linear todas as outras eram compartilhadas com a licenciatura em Matemática, porque, porque os cálculos e Equações Diferenciais, né, tenho certeza que eram compartilhadas. A Geometria Analítica eu tenho certeza pelo que eu lembro do tamanho da turma, só que Álgebra Linear... eu só me lembro de colegas da Física e lembro que era uma turma muito, muito pequena, aí eu não tenho certeza, mas o restante sempre foi concomitante. Bom, com relação à Geometria Analítica me lembro bem e era de seis créditos, noventa horas.*

³ Nas transcrições das entrevistas foram utilizadas algumas convenções: a) os sujeitos de pesquisa são identificados por pseudônimos e o pesquisador por Graciela; b) Colchetes são usados para indicar expressões e atitudes dos sujeitos de pesquisa, ou para explicar ao leitor termos implícitos; c) Uma barra indica interrupção de fala; d) Reticências indicam pausa prolongada; e) Reticências entre colchetes indicam omissão de partes da transcrição e f) Aspas indicam que o sujeito de pesquisa está lendo o que está dizendo (SILVA, 2003, p. 66). Uma barra preta omite o nome da universidade, mencionado pelos entrevistados em alguns momentos.

Graciela: [...] “Naquela época você via relação da Geometria Analítica com os demais componentes do Curso?”

Antônio: Hum... Não! Até pelo próprio... o que é... se for ver... até... ela não tá localizada. Bom, teria que olhar na minha grade, mas tenho quase certeza... que ela não estava localizada no primeiro semestre, ela estava posicionada no segundo semestre, se não me engano. A Geometria Analítica no primeiro tenho certeza que não estava, se não me engano era uma componente de segundo semestre.

Graciela: Até como você comentou que era junto com a Matemática, provavelmente era bem... /

Antônio: Não é, exatamente, não tinha esse... essa ideia de ser uma componente planejada, assim, para seguir... bem na matemática mesmo.

Graciela: Número cinco “O que você diria a um acadêmico do Curso de Física-Licenciatura, se ele lhe perguntasse por que eles têm que estudar Geometria Analítica?”

Antônio: ... Ah... Mostrar a importância da notação vetorial e tentar sempre traçar um paralelo. Pro aluno que tá iniciando com aquela parte inicial da área de Mecânica da parte de Cinemática, mostrar a relevância da representação vetorial.

Graciela: “Quais componentes você ministra, geralmente, no curso de Física-Licenciatura?”

Antônio: ... Cadeira de Física Experimental, algumas componentes específicas do Curso, Instrumentação, História da Ciência, foram várias, Biofísica, Teoria Eletromagnética, e as cadeiras de laboratório, Laboratório IV. É, são essas que eu me lembro.

Graciela: “Nos componentes que você leciona, você utiliza conteúdos de Geometria Analítica?”

Antônio: Ah sim, principalmente pra quando tu pega a Física Experimental I... ou, daí não tanto no curso de Física, mas quando pego as cadeiras de Física para as engenharias e para a própria Matemática, na Física I, principalmente nos componentes de Física que eu atuei aqui nos campus, sim. Da parte de Cinemática e na parte de Dinâmica.

Graciela: [...] “Se sim, quais e para quais conteúdos de Física? Você poderia dar exemplos?”

Antônio: *Ãh, por exemplo, na parte de Cinemática, as definições de velocidade instantânea e velocidade média, e se eu me lembro, eu trabalhava bastante em cima de um exemplo de movimento em duas dimensões, sempre fazendo o passo a passo né, usando a representação vetorial. Ãh, num exemplo numérico de um movimento no plano.*

Graciela: *A nove é “Você acha que os acadêmicos se lembram dos conteúdos de Geometria Analítica quando eles são requeridos nos componentes que você leciona?”*

Antônio: *Não, a impressão que eu tenho é que não. [...] Embora em diferentes momentos as vezes tu faça essa observação... É claro, tem distinção, uma coisa é você pegar uma Física I num curso de Engenharia, com exceção da Computação, dos alunos que estão... iniciam no primeiro semestre, onde eles estão fazendo concomitante a cadeira de Geometria Analítica, agora mesmo quando tu pega uma Física I, não vamos pegar o exemplo da Física III, que você precisa da importância da representação vetorial, na pior das hipóteses o aluno já está a três semestres na Física III e já fez a Geometria Analítica, pois está no primeiro semestre [...], e mesmo assim você nota a diferença, aliás, é até grande a dificuldade que tu observa no aluno desses componentes de Física tanto de primeiro ou terceiro semestre né, por que, a maioria dos conceitos físicos de certa maneira, com raras exceções, o aluno já teve conhecimento e contato com o conceito físico no próprio Ensino Médio né. A grande diferença aqui é a ferramenta matemática que você vai utilizar envolta desses mesmo conceitos, e mesmo assim, tu observa uma dificuldade enorme. Na parte inicial da Física III quando tu vai trabalhar com a parte de estática, de carga estática, o simples cálculo da força elétrica resultante, que é uma representação num sistema de cargas é simplesmente uma soma de vetores ali, e a dificuldade enorme, e os alunos não têm o domínio, dificuldade muito grande... não tem o domínio de conseguir operar uma soma vetorial.*

Graciela: [...] “Hoje a Geometria Analítica no Curso de Física trabalha com o estudo de vetores, produtos entre vetores, retas, planos, distâncias, cônicas e superfícies quádricas, sem muito enfoque nas aplicações à Física. Você acha que a abordagem poderia ser diferente? Como? Que sugestões você teria?”

Antônio: *Ãh... Até poderia ser diferente, eu acredito que a concepção de ementa tá OK. Talvez só uma, é uma questão de elaboração do plano de ensino, no aspecto de trabalhar com exemplos aplicados. Quando se está dando a parte inicial de equações diferenciais, na cadeira de Equações Diferenciais, classicamente se usa exemplos, os próprios livros, não tanto, mas partem bastante de exemplos de situações na Física e isso poderia ser aplicado na Geometria Analítica de se trabalhar. E isso não seria tão absurdo, bastaria uma questão de conversar entre o professor responsável da componente de Geometria Analítica, né, e a coordenação do curso de Física ou algum professor da área de Física. O ideal é conversar com a coordenação do curso de Física e tu ter uma instituição a nível de núcleo de NDE [Núcleo Docente Estruturante] do curso para estabelecer essa discussão ou a [nível de] comissão de curso. Mas tem um problema, talvez com relação a turma que vai ser oferecida, é uma turma exclusivamente para o curso de Física?... Embora, eu acho, no caso da Geometria Analítica seria bem menos crítica como o próprio Cálculo, porque, se você for ver, esses conteúdos dando um viés de exemplos Físicos, eu acredito que serviria tanto para os cursos de Física quanto para os cursos de Engenharia, acho que tranquilamente, para qualquer curso de engenharia. Não teria problema você usar a componente de Geometria Analítica, né, reforçando muitos exemplos aplicados na Física. Acho que isso não teria impacto nenhum para os alunos da Engenharia. Seria mais crítico por exemplo... uma situação como te relatei da minha graduação, onde, daí sim, você teria alunos do curso de Matemática, talvez eles fossem um pouco mais críticos, mas, acredito que os outros não. [...] É acho que favoreceria tranquilamente.*

Graciela: *A penúltima pergunta é “As diretrizes para os cursos de Física recomendam a presença de Geometria Analítica nos currículos/*

Antônio: *É está na legislação dentro da área de formação básica do eixo A ou B, não recordo [...] bem claro, está dentro dessa formação matemática.*

Graciela: *“Você concorda com isso? Por quê?”*

Antônio: *Sim, porque é a ferramenta essencial, básica, fundamental para descrição de n efeitos de fenômenos físicos. Não tem como se furtar.*

Graciela: *A última pergunta na verdade é um espaço que você gostaria de comentar, completar alguma coisa que eu não trouxe durante a entrevista.*

Antônio: Não, eu gostei principalmente, essa questão da pergunta que tu me fizeste ali, com relação essa questão da possibilidade de não alterando a ementa se pensar numa componente que atendesse as necessidades do curso de Licenciatura em Física. Isso eu acho interessante, por isso eu gostaria de reforçar. De pensar numa, ãh, num plano de ensino com um viés mais aplicado, isso eu acho que seria interessante.

Graciela: porque na ementa não traz nada dessa questão de aplicação.

Antônio: Não, claro, as vezes o que acontece, isso foi uma experiência que a gente já tentou, tentou executar no semestre passado, acho que isso seria interessante, dentro das componentes de primeiro semestre, trabalhar com os componentes de Física Experimental e Física Teórica. Então, o que de diferente a gente fez semestre passado, já tinha feito experiências no semestre anteriores, não tão eficiente e aprofundado como fizemos no semestre passado. O que consiste ãh... em expor o professor da Física Experimental com o professor da Física Teórica, da Física Geral, ãh... na hora conceber, aquilo que eu falei antes não é mexer na ementa, mas na hora de montar o teu plano de ensino, se montou com os planos de ensino se conversando, né. A gente discutia semanalmente, né, os pontos que se ia trabalhar para se complementar. Eu acho que essa experiência, poderia tranquilamente, se estender tanto para o Cálculo quanto para a Geometria Analítica. Poderia ser mais geral, no curso de Física, onde você tem, no primeiro semestre, cinco componentes apenas, quatro componentes poderiam ter essa conversa entre os professores, o ideal eu acho, mais interessante, assim ãh... ter quatro professores diferentes, poderia ser, pensando numa certa, não otimização, poderia trabalhar com dois professores. Um professor da área de Física e um da Matemática, o de Física ficaria com a Física Experimental e a Física Teórica e outro da Matemática que ficaria com Cálculo I e Geometria Analítica, para tentar conversar, afinar alguma coisa. Mas nem tudo é possível, não vai se conseguir chegar ãh... de início a fim de semestre, estabelecer uma continuidade dessas disciplinas de início assim, isso é impossível, mesmo esse período com a Física Experimental e a Física Teórica, a gente não consegue, pelos números de créditos, pela dinâmica, alguns pontos da ementa, que você tem cumprir numa e você não consegue cumprir na outra. Mas nada impede de em certos momentos fazer trabalhos bem lincados, bem vinculados. E é claro o importante é sempre, numa situação como essa, o importante é a conversa no mínimo semanal entre os professores. E não é uma conversa que demanda muito tempo, não é uma

questão de uma reunião que você vai entrar e ficar discutindo horas e horas, bastaria uma conversa de cinco minutos, seria suficiente, cada professor tem uma dinâmica, alguma situação de aula que acabe atrasando um pouco mais, mas uma conversa assim é facilmente feita em poucos minutos ao longo da semana e aí se consegue adaptar. Porque isso para o aluno... pois a gente percebe que o aluno consegue perceber... e pelas próprias intervenções o aluno consegue se envolver mais [...] e ver essas relações.

Graciela: [...] Interessante.

Antônio: Consegue pegar uma situação, alguns pontos lá na parte de cinemática, da mecânica da Física I, fazer as relações que precisa ãh... definir o vetor posição. E assim, se consegue trabalhar tranquilamente dentro do laboratório na Física Experimental, na Geometria Analítica do mesmo modo, começa a usar definição de vetor dar significado pro vetor enquanto grandezas físicas, super tranquilo. Já o Cálculo pode ser mais difícil, pois começa em outro ritmo, mas em momentos você consegue estabelecer uma relação entre o Cálculo e a Física Teórica, definição de limite, velocidade instantânea, aceleração, não só a interpretação geométrica das derivadas [...].

Transcrição da entrevista com o Professor Bruno

Graciela: A primeira pergunta é “Há quanto tempo você trabalha nessa universidade?”

Bruno: Seis anos.

Graciela: “Quando você estava na graduação, você teve Geometria Analítica?”

Bruno: Eu tive, sim tive! Era uma cadeira chamada Cálculo com Geometria Analítica.

Graciela: Foi junto/

Bruno: Foi junto, mas era bem delimitado. No sentido que dava bem para entender o que era Geometria Analítica e o que era Cálculo. É claro que no fim das contas as coisas acabam se misturando.

Graciela: [...] Eu não perguntei a instituição que cursou a graduação pois olhei no Lattes [...] “Você tem alguma lembrança de como eram as aulas de Geometria Analítica?”

Bruno: ... Não! Muito pouca.

Graciela: *“Naquela época você via relação da Geometria Analítica com os demais componentes do Curso?”*

Bruno: *Sim, bastante.*

Graciela: *Quais?*

Bruno: *Na época eu estava fazendo Cálculo I com Geometria Analítica, Física I era bastante evidente assim, enfim pra mim pelo menos parecia bastante evidente.*

Graciela: *“O que você diria a um acadêmico do Curso de Física – Licenciatura, se ele lhe perguntasse por que eles têm que estudar Geometria Analítica?”*

Bruno: *... o que eu diria a um acadêmico de Física que me perguntasse por que ele tem que estudar Geometria Analítica... é primeiro que eu acharia essa pergunta uma grosseria, isso deixaria bem explícito assim, que o acadêmico de Física não está fazendo nenhuma ideia do que ele está fazendo. E segundo que a Geometria Analítica ela ajuda, pelo menos no meu entendimento, na Física, por exemplo, a localizar as coisas no espaço, é uma das coisas mais fundamentais que a gente precisa para descrever qualquer tipo de termodinâmica em Física. Então...*

Graciela: *[...] comentar porquê dessa pergunta é que o componente de Geometria Analítica tem em torno de 30% de aprovação, então parece que é um componente que é deixado de lado, por isso que tive o interesse de estudar [...] por isso, várias perguntas... para tentar entender...*

Bruno: *30 % de aprovação... a cadeira de Física I deve ter alguma coisa nessa base ou menos, então, faz sentido. A pessoa não entende a linguagem não vai entender Física, no caso.*

Graciela: *[...] “Quais componentes você ministra, geralmente, no curso de Física-Licenciatura?”*

Bruno: *Ultimamente eu tenho ministrado disciplinas do 5º, 6º semestre para frente, a Mecânica Clássica, esse semestre estou dando Clássica II e Mecânica Estatística.*

Graciela: *“Nos componentes que você leciona, você utiliza conteúdos de Geometria Analítica?”*

Bruno: *Obviamente que sim.*

Graciela: [...] “Se sim, quais e para quais conteúdos de Física? Você poderia dar exemplos?”

Bruno: Hoje mesmo eu vou falar para os meus alunos sobre coordenadas generalizadas, então para descrever as coordenadas generalizadas eu vou precisar de falar um pouco de Geometria Analítica, claro que implicitamente, já que eu vou pegar as coordenadas angulares x e y , e mostrar para eles que aquilo pode ser descrito de algumas maneiras diferentes, o que de certo modo eles já sabem, mas não conhecem essa coisa mais formal e com esse nome de coordenadas generalizadas, então isso seria um exemplo. Qualquer tipo de espaço de coordenadas que a gente vai usar, seja ele de um, duas, três ou n dimensões. No caso de Mecânica Estatística eu vou precisar de alguma maneira fazer uma representação que precisaria de Geometria Analítica, talvez não no sentido formal assim da ementa de Geometria Analítica, mas a pessoa precisa ter uma noção que aquilo tem haver com aquilo que... de Geometria Analítica, se não, não sai do lugar.

Graciela: “Você acha que os acadêmicos se lembram dos conteúdos de Geometria Analítica quando eles são requeridos nos componentes que você leciona?”

Bruno: Felizmente estou lidando com uma turma bem boa de trabalhar nesse semestre, e eu acredito nessa turma, específico, sim. Mas na época que eu pegava umas cadeiras mais do início eles eram bem perdidos, assim. Seja Física III, eu acho que o pessoal já viu Geometria Analítica ou Física II, que fala em vetores e projeções de vetores, essas coisas, assim, mais básicas da Geometria Analítica. Se bem que eu posso estar confundindo a essas alturas o que é Geometria Analítica. Eles parecem não se lembrar muito bem. Bom, mas eles não lembram de Física I, também. [...] Estudam na véspera da prova e depois esquecem.

Graciela: [...] “Hoje a Geometria Analítica no Curso de Física trabalha com o estudo de vetores, produtos entre vetores, retas, planos, distâncias, cônicas e superfícies quádricas, sem muito enfoque nas aplicações à Física. Você acha que a abordagem poderia ser diferente? Como? Que sugestões você teria?”

Bruno: Eu acho que poderia ser diferente, mas eu também não sei se... ia fazer muita diferença. Tu falou em produtos de vetores, né. Isso é uma das coisas que eles mais tem problema de enxergar, assim, tem o Trabalho que envolve produto vetorial, produto escalar. E o produto vetorial permanece um mistério para todo o sempre,

assim. Então, talvez algum exemplo com aplicação na Física, mas eu acho que isso já deve ser dado, não sei Geometria Analítica.

Graciela: *É muito pouco, eu dei uma pesquisada nos livros [...] que são referência básica. E também vai do professor, eu acabei não entrevistando os professores que ministram Geometria Analítica.*

Bruno: *É, se o professor de Matemática teve uma formação mais direcionada à linguagem matemática, vai ser difícil dele pensar num problema ou num exemplo em Física.*

Graciela: *Aí o livro não tem, daí fica mais difícil e vai distanciar... “As diretrizes para os cursos de Física recomendam a presença de Geometria Analítica nos currículos. Você concorda com isso? Por quê?”*

Bruno: *Sim, porque faz parte da linguagem que a gente usa pra descrever fenômenos Físicos. Como, sei lá, Literatura e Português, como se alguém que fosse estudar Literatura não fosse estudar a linguagem da gramática ou sei lá o quê, enfim.*

Graciela: *A última pergunta na verdade é um espaço que você gostaria de falar, completar alguma coisa que eu não trouxe durante a entrevista.*

Bruno: *Não, acho que não consigo pensar em nada, pelo menos, assim na ponta da cabeça, está tudo OK. É, enfim, talvez essa coisa do exemplo, talvez fosse interessante mesmo enfatizar mais um pouco, assim, que possa ajudar um pouco os alunos de Física, no caso, ter um pouco mais de facilidade na associação.*

Transcrição da entrevista com o Professor Carlos

Graciela: *A primeira pergunta seria “Há quanto tempo você trabalha nessa universidade?”*

Carlos: *Treze anos, desde 2006.*

Graciela: *“Quando você estava na graduação, você teve Geometria Analítica?”*

Carlos: *Sim!*

Graciela: *Eu não perguntei a instituição que cursou a graduação pois olhei no Lattes [...] “Você tem alguma lembrança de como eram as aulas de Geometria Analítica?”*

Carlos: ... Algumas poucas lembranças. Em relação, assim, à Geometria Analítica mesmo, ah, pois é, é todo o desenvolvimento matemático, mostrar o que que é um ponto, uma reta [...]. Claro que a gente como não usa isso no dia a dia, fica pouco, mais distante de nossa realidade como Físico [...]. Mas, obviamente a Geometria é um apoio importante para o nosso trabalho do dia a dia.

Graciela: [...] “Naquela época você via relação da Geometria Analítica com os demais componentes do Curso?”

Carlos: ... Com os demais componentes [...] com os componentes do Cálculo sim, é um relação estreita entre essas coisas. Geometria Analítica, Cálculo, qual é a outra que tem lá, mais na questão do algebrismo, na verdade, não na questão de visualizar, por exemplo o que é uma reta, o que é um plano. Mas a equação sim, o plano, a reta, cai na questão, basicamente, de funções.

Graciela: Tá, a questão cinco já no enfoque aqui como professor “O que você diria a um acadêmico do Curso de Física – Licenciatura, se ele lhe perguntasse por que eles têm que estudar Geometria Analítica?”

Carlos: ... Pois é, deixa eu analisar primeiro o que você está caracterizando como Geometria Analítica. O que que é?

Graciela: Vou colar da outra pergunta que é o que a ementa traz, que é estudo de vetores, produtos entre vetores, retas, planos, distâncias, cônicas e superfícies quádricas.

Carlos: Sim.

Graciela: É isso que traz a ementa do curso de Física daqui.

Carlos: Vetores é um negócio que todo mundo sabe que é importante em todos os cursos na área da Física. Qual era a questão mesmo, aí?

Graciela: “O que você diria a um acadêmico do Curso de Física – Licenciatura, se ele lhe perguntasse por que eles têm que estudar Geometria Analítica?” ... Vamos supor que o acadêmico não consiga visualizar porque é importante [...]

Carlos: Então olhar para vetores, trabalhar com vetores, a importância porque você tem uma álgebra diferente da álgebra escalar. Então vetores para gente na Física, a gente dividi lá todas as grandezas em escalares e grandezas naturais e a forma de manusear isso, a gente precisa de uma ferramenta que é os vetores, claro num estágio inicial, depois precisamos de coisas mais sofisticadas que são os tensores, assim por

diante. Agora questão de equacionar, por exemplo, uma reta, e visualizar uma reta, ou visualizar um plano, a partir de uma equação, acho que tem também a questão de abstração da pessoa também. E um monte de coisa. Na verdade a gente tem que ter o poder de abstração, porque tem coisas, que digamos, assim, você não vê e você tem que acreditar, principalmente dentro da Física. Se eu perguntar para ti você já viu um elétron, por aí? Daí a gente sabe de experimentos utilizando medidas indiretas e sabe que existe, então não é preciso ver para crer, né. Você tem a constatação experimental. Então eu acho que tem a importância nesse sentido de provocar uma abstração na cabeça do aluno, e acho que isso é importante, e saber relacionar. Ah... você vê uma equação e saber que isso aqui é uma parábola ou isso aqui é uma equação da reta, isso aqui é uma equação do plano. É importante e isso, se estamos falando num plano, por exemplo, ah... a equação do plano vai estar no plano mas pode estar em qualquer lugar, como que a gente faz essa diferenciação. E a questão da álgebra também, por exemplo, a álgebra de vetores, saber o que é um vetor, definir um vetor, diz qual o tamanho do espaço do vetor, a gente normalmente trabalha com espaço tridimensional, mas na Física a gente sabe que pode usar espaços muito e muito maiores do que isso, e como é que manipula isso, como que é a álgebra de vetores, que é diferente da álgebra de escalar [...]. Então, digamos, dá uma informação importante, esse negócio, digamos pro aluno conseguir entender um monte de coisa no meio do caminho e se ele levar para o lado da Física mais, quando a gente fala lá na Física, o vetor deslocamento e se o cara não sabe o que é um vetor, então dançou [...] ah “é o caminho percorrido”, não, não é o caminho percorrido é o deslocamento, é o vetor, e assim por diante. É o ferramental, digamos assim, muito importante e que provoca, eu acho assim, a questão principal disso, apesar da gente dizer que a álgebra é um negócio sistemático, não. Na verdade você tem que estar pensando o que se está fazendo, então isso, ajuda no desenvolvimento do raciocínio da pessoa. E na verdade é isso que a gente busca no aluno, sempre pensar em desenvolver, não é só reproduzir [...] é essa que é a ideia principal. A ideia principal não é pegar um negócio prontinho e reproduzir. Não! Pegar negócios prontos e depois tentar reproduzir pensando que é o caso que mais nos interessa, na verdade, se alguém já fez isso porque eu tenho que fazer de novo. [...] Então, na verdade é isso, esse componente assim, se eu pensar em alunos do curso de Física é um dos componentes mais importantes que dá suporte para fazer todos os outros cursos de Física.

Graciela: [...] “Quais componentes você ministra, geralmente, no curso de Física-Licenciatura?”

Carlos: Bom, eu ministro normalmente para as engenharias Físicas Básicas, daí inclui a Física I, Física II, Física III e para o curso de Física um pouco mais avançadas: Eletromagnética, Física Matemática, Mecânica Clássica, Física Moderna e Contemporânea, acho que são essas. Já lecionei, o primeiro curso que dei na [REDACTED] foi o Cálculo I, na minha época era um curso de seis créditos [...].

Graciela: “Nos componentes que você leciona, você utiliza conteúdos de Geometria Analítica?”

Carlos: É claro que sim, por exemplo, agora estou dando o curso da Teoria Eletromagnética. Se a pessoa não sabe vetores, esquece. Digamos assim, o que é importante é diferenciar assim, o que é que a gente está falando de Geometria Analítica Matemática e que é Física no meu caso, que estou dizendo que o entendimento da Física, digamos assim, você basicamente, para entender Física você não precisa saber muita Matemática. Tem gente que sabe Física mas não sabe Matemática, mas agora se você quer descrever a Física você precisa do suporte matemático, não tem como fugir. Então, digamos assim, normalmente um Físico que conhece bastante matemática é um muito bom Físico, porque daí, ele consegue reproduzir as coisas. Então, vetores se você olhar desde o curso de Física I até o último curso lá que tem na nossa grade, você vai achar vetores, no nível de graduação que estou falando. Pois depois, na pós-graduação precisa de coisas mais elaboradas, tipo tensores. Que daí poucas pessoas ouviram falar em tensores. A gente trabalha, assim com, tudo é tensor, na verdade, o tensor de grau zero é um escalar, o tensor de grau um é um vetor, o tensor de grau dois é uma matriz, o tensor de grau três, pensa numa matriz de três dimensões e vai indo assim. Mas para um curso de graduação o vetor é a base, digamos assim. Acredito que é a base para os cursos de engenharias e também para o curso de Física e não sei se Química usa alguma coisa de vetores, provavelmente, não, mas em Engenharia e Física não tem como fugir do tal dos vetores.

Graciela: [...] “Hoje a Geometria Analítica no Curso de Física trabalha com o estudo de vetores, produtos entre vetores, retas, planos, distâncias, cônicas e superfícies

quádricas, sem muito enfoque nas aplicações à Física. Você acha que a abordagem poderia ser diferente? Como? Que sugestões você teria?”

Carlos: *Abordagem diferente sobre vetores...*

Graciela: *Acho que não consegui me explicar é que o componente de GA, quando os professores ministram, eles não focam tanto na aplicação na Física, deixam um pouco de lado, até mesmo os livros não trazem muito. Aí a pergunta é se o senhor acha que poderia ser diferente ou não? Ou teria alguma sugestão?*

Carlos: *... Não sei, digamos vetores em particular não sei se teria como fazer diferente, não vejo. Agora dizer, talvez, estamos falando de vetores, dizer o que representa o vetor lá na Engenharia, o que representa um vetor lá na Física, o que representa um vetor em qualquer outra área, talvez esse link falte. Porque, digamos, ah... você tem uma [...] viga, numa casa você tem uma viga e você tem outro andar em cima da casa, então essa viga está sobre ação de uma carga devido à força gravitacional, isso quando você for estudar, você coloca como um vetorzinho apontando para baixo, então aquela flechinha tem esse significado. Por exemplo, uma força sobre um obstáculo ou um objeto qualquer. Então, talvez esse link, sair dessa parte abstrata assim da matemática e, digamos assim, para a Física ou para a Engenharia talvez o aluno não perceba muito. Mas, claro que, digamos, essa seria, por exemplo, uma função, por exemplo, eu como Físico é a minha função dizer o que representa aquela flechinha lá, direcionada para a Física. Então, acredito que é minha função, mas isso nada impede de motivar o aluno lá que está fazendo Geometria Analítica de tentar já de visualizar “o que significa essa flechinha na prática”, o que significa, como é que aplica isso. Então, claro que na Engenharia trabalha com projétil que tem força, tem um monte de coisa lá, e modelando isso, tudo isso são vetores que aparecem lá. Então, na prática não sei se daria muito para fazer algo, digamos assim, fazer algo muito diferente do que é feito, não vejo isso. Não vejo porque a pessoa que vai estudar vetores lá vai precisar definir um sistema de coordenadas, vai precisar saber o que é um sistema de coordenadas, o que é um sistema de coordenadas ortogonal, e a partir daí, então, o vetor pode ser descomposto, tem tudo isso. Ah... então, mas isso, ninguém nasceu sabendo isso, alguém tem que ir lá e dizer: esse negócio funciona assim. E a pessoa tem que entender esse negócio, não é só visualizar o que é isso, não, tem que entender o que é uma projeção, um ângulo, o que é tudo isso. Quando ela entender isso ela, entender mesmo isso, essa é uma dificuldade que a gente vê no aluno. O aluno não entende vetores lá no começo, então,*

se a gente pega os componentes de Física, antes de começar o componente de Física específica a gente vai revisando vetores. Faz revisão como é que é álgebra de vetores, a gente faz isso dez, doze vezes e a gente vê que o aluno no final do curso sai lá e não consegue ainda visualizar o tal do vertozinho lá do começo. E daí, claro, é um obstáculo tremendo para o aluno para avançar mais no componente, porque está faltando uma ferramenta fundamental. Todo mundo sabe que quando a gente vai fazer um trabalho e não temos a ferramenta adequada a gente faz um trabalho mal feito e pena pra fazer o trabalho. Na verdade, é isso que acontece. E agora os outros, por exemplo, falando da reta lá na Física, alguém vai dizer onde tem uma reta, uma reta é uma sequência de pontos, o ponto não tem dimensão, certo. Então, uma reta é um negócio unidimensional, mas não tem volume, não tem dimensão, e isso não aparece em lugar nenhum, né, não existe aonde tem um negócio que, mas, daí claro, na Física a gente faz aproximações, daí. Então, a gente abstrai, no limite disso, você pensa num fio de aço esticado como uma reta. Não, na prática não é uma reta porque isso tem volume. Mas, se você quer descrever, por exemplo, o movimento de uma formiga em cima de um fio desses esticado, essa formiga vai realizar o que a gente chama lá de movimento retilíneo. Ela parece estar em cima de uma reta, mas um fio não é uma reta, mas é uma abstração do que é uma reta. [...] Então, todas as coisas tem volume, né. Então, se você pensar na Matemática, você define um ponto. A gente, as vezes na Física, mas um ponto o que que tem? Não tem matéria, não tem nada, não tem volume, é uma abstração. E tudo que tem na natureza, bom, a gente sabe tem átomo, se tem átomo tem massa, se tem massa tem volume. Então, são abstrações. E planos também, essa mesa é um plano, a gente pode dizer que isso daqui tem a cara de uma equaçõzinha lá que a gente chama do plano, mas é uma mesa. [...] Então, esse poder de abstração, na verdade que a gente deve ter, a gente não afirma o negócio é uma reta, não um fio não é uma reta, mas a gente pode pensar como sendo uma reta. Então, tem muito disso, da gente levar para um limite assim, né, que cai naquele limite ideal de ver as coisas lá na Matemática, mas na realidade ela não é bem isso assim. Dá para descrever usando isso, e isso que é importante a gente quer descrever as coisas como elas acontecem do ponto de vista físico.

Graciela: [...] “Você acha que os acadêmicos se lembram dos conteúdos de Geometria Analítica quando eles são requeridos nos componentes que você leciona?”

Carlos: *Pois é, já falaria de uma coisa mais geral, não só da componente de GA, mas de um monte assim, por exemplo, Física I. Dei muitas vezes o curso de Física I, e daí, que é no começo do nosso curso e depois eu vou lá no final do nosso curso, dou o curso tipo de Teoria Eletromagnética, e daí eu retomo algumas coisas lá da Física I e eu acho curioso, que o aluno sempre diz que não lembra o que ele viu lá em Física I e não tem ideia do que está acontecendo. E o mesmo acontece com Geometria Analítica. Então vetores tu repete, eu não porque tu repete, você faz o curso, você repete quase em todos os cursos e se você pegar o aluno do final do curso, você vai ver que ele ainda tem uma dificuldade tremenda de entender os tais dos vetores. [...] Então, não sei porque se tem essa dificuldade no aluno de entender essas coisas digamos mais básicas, isso eu não sei te responder, e digamos, durante a minha vida de professor, assim, eu vejo que uma das coisas que os alunos tem mais dificuldade é com o tal de vetores. Falando alunos de engenharia, de Física. Não sei por quê. E mesmo, passando por diversas explicações, várias vezes assim, você vê que persiste a dificuldade de você falar “a projeção do vetor” no eixo x. O cara não sabe o que é projeção. Essa é outra coisa que eu vejo, assim, parece que tem dificuldade quando você fala projeção no sentido português, o significado de projeção o aluno não sabe. E daí obviamente ele não vai saber o que significa quando você usa em Geometria Analítica. Então, um monte de coisa você vê o que está escrito. Tem uma palavra lá dizendo o que significa. O aluno não consegue pegar aquela palavra e tentar enxergar o que está lá dentro, e isso dificulta. Daí vejo que isso não é um problema, digamos assim, não é só um problema só na Matemática, é um problema de entender o que significa as palavras. Pois daí, se você não sabe o que significa vai fazer o quê? Você vai decorar aquela palavra e amanhã você vai esquecer. É porque tu decora por um tempo curto, né, passou aquele tempo você esquece, porque você não adquiriu na verdade, não se apossou daquele conhecimento, você só decorou e passou adiante e é isso que a gente não queria, não quer na verdade. O aluno só decora o negócio quando passou, só para fazer a prova. Não é isso. A prova é só para verificar alguma coisa, agora essa verificação, digamos assim, a gente faz uma prova, o aluno vai lá e pode ter tirado dez na prova, ele pode ter uma memória muito boa, então, não quer dizer que aquele aluno que tirou dez teve um conhecimento, digamos assim, consistente. Mas daí, como método de aferir não é os melhores do mundo, mas é aquele instantâneo ali que vale. [...]*

Graciela: [...] “As diretrizes para os cursos de Física recomendam a presença de Geometria Analítica nos currículos. Você concorda com isso? Por quê?”

Carlos: Claro que sim, é bom, eu tô dando a ferramenta para o nosso aluno trabalhar. Sem essa ferramenta fica muito difícil. Alguém poderia dizer que um curso de Física somente conceitual não é suficiente, não é suficiente. Digamos assim, é... ah... a gente tem que entender o fenômeno físico e descrever o fenômeno físico, porque daí, quando você vai descrever, digamos assim, um fenômeno físico você descreve com base em alguma teoria. E essa teoria são teorias físicas. Bom, se você não conseguir descrever aquele fenômeno físico ou as teorias que você têm não descrevem isso de uma forma adequada, bom então a gente precisa de uma teoria nova para descrever esse negócio. É assim que evolui, na verdade, o conhecimento. Tem vários exemplos dentro da Física, os caras fizeram um experimento e a natureza está dizendo isso. Daí eu pego as teorias que eu tenho e não consigo descrever aquele experimento, quer dizer o quê, a gente não tá dizendo que a teoria que a gente tem tá errada, mas a gente tá dizendo que a gente precisa de uma nova teoria para descrever aquilo. Desenvolvimentos das teorias físicas vêm a partir disso. Bom, descrever isso, descrever aquilo, a gente precisa um instrumental, de uma ferramenta matemática, e uma das mais importantes é a Geometria Analítica. Claro, tem a Álgebra Linear também que hoje com o aumento da computação, essas coisas, a Álgebra Linear tem ganhado muito espaço. Um cara que sabe Álgebra Linear, por exemplo, essas coisas aí, e quer trabalhar nessa área de computação, pode ter certeza que são as áreas do futuro próximo, assim. Quem sabe isso vai ter emprego em qualquer lugar. Então, isso é importante. Então, digamos assim, dentro da computação precisa fazer algoritmo, precisa fazer um monte de coisa, e esses algoritmos são normalmente baseados em Geometria Analítica e Álgebra Linear. Se o cara sabe isso, o cara é capaz de fazer um monte de coisa dentro da computação. Então, em geral, não só a Geometria Analítica, toda a Matemática é extremamente importante para toda a área de conhecimento, apesar da Matemática não ser uma ciência no sentido que a gente pensa, ela é uma linguagem que nos permite escrever um monte de coisa em qualquer área. Então é fundamental. E digamos assim, a gente, a princípio, teria que ter mais cursos de Matemática, Álgebra Linear em todos os cursos da Universidade. Inclusive, até acho legal, ter até num curso de História, deveria ter mais Matemática. E lá no Ensino Médio também deveria ter mais Matemática, porque a Matemática permite você desenvolver raciocínios das coisas, e depois de aplicar isso o cara tá do outro

lado. Então, se você tem raciocínio você tem chance de se dar bem em uma área que você mais goste. A Matemática é um negócio extremamente importante que as vezes a gente desconsidera. As pessoas dizem a Matemática é difícil, então se é difícil não quero. E não é, a Matemática é difícil é porque você precisa ter um trabalho [...], mas as outras áreas também é, digamos assim, quando você começa a desenvolver isso, você vê que a tua percepção de raciocínio sobre as coisas começa a mudar, então as lógicas sobre as coisas começam a mudar. Então, digamos assim, a Matemática é um negócio importante para o desenvolvimento do cérebro das pessoas. [...]

Graciela: *A última pergunta na verdade é um espaço para você comentar, completar alguma coisa que eu não trouxe durante a entrevista.*

Carlos: *[...] A Geometria Analítica é de supra importância, vou dizer assim, principalmente, para a área das engenharias e para Física. Então, agora, as metodologias para ensinar a Geometria Analítica não sei se pode diferenciar muito do que se faz por aí. Desde a minha época que eu era estudante até hoje, acredito que os professores sempre apresentam Geometria Analítica de uma forma mais ou menos similar porque é um negócio mais standard uma sequência, e não sei se as pessoas falam aonde que pode aparecer a aplicação de Geometria Analítica em área de Física, de Engenharia. Não sei se poderia ter uma outra metodologia para facilitar o aprendizado do aluno, não sei. Agora, pro aluno, alguém tem que apresentar isso de alguma forma. Agora, qual a melhor forma de apresentar não sei. Mas digamos assim, aquela forma padrão, standard lá, me parece que não dá para fugir muito daquilo, certo. Então, se algum professor tiver alguma ideia de como apresentar aquilo de uma outra forma e ser mais palpável, digamos assim, para o aluno, ótimo! Mas, sinceramente eu não vejo, matemática assim. Por exemplo, pega o Cálculo, digamos você nunca fez Cálculo e quer resolver uma integral, não, você vai ter que resolver 20 integrais para dizer agora eu sei resolver essa integral. Então, veja, tem um negócio que é trabalho duro em cima, tem que trabalhar, reproduzir. Não é só reproduzir. É reproduzir, entender e chegar no meio lá e fazer pergunta. O cara fez assim no livro mas eu não quero fazer assim quero fazer assado será que vai chegar no mesmo resultado? Bom, quando você começa a fazer perguntas no meio do caminho quer dizer o seguinte, que você tá meio duvidando do livro, e quando você dúvida do livro isso é um bom sinal. Pois se você duvidar do livro você tem uma linha de raciocínio, não quer dizer que está 100% correta, mas você está dizendo não, eu gostaria de*

fazer isso aqui, e você faz isso e se tiver uma explicação razoável para fazer isso e chegar na mesma solução do problema, ótimo. A gente não tem que fazer as coisas exatamente iguais como estão no livro. A gente raciocina de forma diferente. O cara que escreveu o livro tem uma linha de raciocínio dele. Não quer dizer que a minha tem que ser igual. Agora, o negócio já, vamos dizer assim, consolidado, aquilo é verdade, então se a minha linha de raciocínio tá certa, devo chegar no mesmo resultado dele. Então, se você sai de um ponto e chega no outro ponto aqui você tem, digamos assim, diversos caminhos de raciocínio. Cada pessoa tem um. Claro que tem pessoas, as vezes, tem o mesmo raciocínio, mas em geral não [...]. Mas, se tiver lógica no raciocínio você chega lá e essa lógica me parece que vem da Matemática, da Geometria Analítica pelo menos agora nos cursos de graduação.

Transcrição da entrevista com o Professor Danilo

Graciela: *A primeira pergunta é “Há quanto tempo você trabalha nessa universidade?”*

Danilo: *Eu trabalho na [REDACTED] há 4 anos e meio.*

Graciela: *“Quando você estava na graduação, você teve Geometria Analítica?”*

Danilo: *Tive Geometria Analítica e Álgebra Linear, era uma disciplina junto.*

Graciela: *“Você tem alguma lembrança de como eram as aulas de Geometria Analítica?”*

Danilo: *Olha, faz tanto tempo que eu já me formei que é meio complicado, eu tenho uma lembrança. Eu me lembro mais de Álgebra, porque eu tinha mais dificuldade em Álgebra, na época, na disciplina, do que Geometria Analítica. A parte de Geometria Analítica foi mais tranquilo para mim. As aulas eram boas, era o pessoal da Matemática que dava lá. Eram tranquilas.*

Graciela: *“Naquela época você via relação da Geometria Analítica com os demais componentes do Curso? Quais?”*

Danilo: *No momento que estava fazendo a disciplina eu não enxergava a relação, eu tava fazendo Álgebra e Geometria Analítica. Eu não enxergava relação com as minhas disciplinas específicas do curso de Física. Eu fui ter esse entendimento depois que eu comecei ... mais para o final do curso, mas no início, no momento que estava fazendo*

concomitante com as outras disciplinas da Física eu não conseguia dar conta das relações que tinham as equações da Física dos movimentos, principalmente, com as relações das equações da Geometria Analítica.

Graciela: [...] *“O que você diria a um acadêmico do Curso de Física – Licenciatura, se ele lhe perguntasse por que eles têm que estudar Geometria Analítica?”*

Danilo: *Bom, foi essa a minha percepção depois, no final do curso, como te falei ali na outra pergunta, que as equações que a gente vê, as equações da reta, as equações de curvas dentro da Geometria Analítica, a gente vai, elas vão se apresentar nos movimentos, nos movimentos dos corpos que a gente estuda na Física I, por exemplo, na Física Básica, na Física Geral Experimental I, né. Então eu diria que a parte da Geometria Analítica é fundamental para o entendimento desses movimentos.*

Graciela: [...] *“Quais componentes você ministra, geralmente, no curso de Física-Licenciatura?”*

Danilo: *No curso de Física especificamente no curso de Física, eu não dei aula. Eu tô dando aula para Engenharia e para Matemática e para os outros cursos, né. Porque as aulas do curso de Física são segunda, quarta e sexta que eu poderia dar, e como eu concentro minhas aulas terça e quinta eu não cheguei a ministrar nenhuma disciplina pro curso de Física. Mas já dei aula para Física nos laboratórios, nas disciplinas de laboratórios, sim. Daí eu já dei aula para o pessoal da Física.*

Graciela: *“Nos componentes que você leciona, você utiliza conteúdos de Geometria Analítica?”*

Danilo: *Uso sim, uso sim.*

Graciela: [...] *“Se sim, quais e para quais conteúdos de Física? Você poderia dar exemplos?”*

Danilo: *Bom, teria de bem no início que eu tô dando agora de Física I, que na Física Básica I, o movimento retilíneo uniforme, movimento retilíneo uniformemente variado, ah... lançamento de projétil, MCU [Movimento Circular Uniforme], todos esses movimentos são da equação básica da Geometria Analítica.*

Graciela: *“Você acha que os acadêmicos se lembram dos conteúdos de Geometria Analítica quando eles são requeridos nos componentes que você leciona?”*

Danilo: *[...] Não lembram, muitos poucos lembram.*

Graciela: *[...] “Hoje a Geometria Analítica no Curso de Física trabalha com o estudo de vetores, produtos entre vetores, retas, planos, distâncias, cônicas e superfícies quádricas, sem muito enfoque nas aplicações à Física. Você acha que a abordagem poderia ser diferente? Como? Que sugestões você teria?”*

Danilo: *Olha, isso... a gente vê coisas isoladas e depois tem que juntar tudo isso, e tentar concatenar, né, tudo isso, pra ver qual a importância da Geometria, por exemplo, especificamente da Geometria dentro do curso. Então, é complicado, é complicado. Eu acho que não tem como ver tudo junto numa única disciplina, as disciplinas são separadas, por conteúdo da Matemática, da Geometria, do Cálculo I, Cálculo II, Cálculo III e aí vai indo, né, Cálculo Numérico. Ah... então, acho que não tem uma forma mais eficiente de fazer isso. Mas acho que tem que ver separadamente, agora tem que tentar fazer o elo de ligação. No momento que o professor de Física tá dando o conteúdo de Física, tem que buscar aquele conhecimento, ou seja, de Geometria Analítica ou de Cálculo, ou seja qual for a Matemática e tentar relacionar com seu conteúdo. Acho que isso é fundamental, porque se não [dificuldade para escutar a fala] eu estou aqui para quê? Eu preciso saber disso para quê? Para que eu preciso saber de Física? É a primeira pergunta que eu coloco na aula para eles, na primeira aula. Para que eu preciso desse conhecimento? Para que eu preciso saber isso? Isso é importante para quê? Então, acho que isso é o fundamental, é a base de tudo. Tu dar a indicação para que tu precisa desse conhecimento e tem que ter uma aplicação prática daquilo. Se não fica meio sem sentido, tu vai armazenando conhecimento e eu vou usar para que isso? Tu tem que mostrar a importância. Acho que essa é a forma básica e fundamental de tu tentar passar o conhecimento. Primeira coisa é dar a importância, se não fica meio sem sentido, né. É que nem como eu te falei. Chega na universidade, tu tem essa, essa, essa e essa disciplina. Para que eu preciso dessa disciplina? Tem que tentar juntar as coisas, porque é tudo isolado, mas é tudo junto, mas a gente vê isolado, quebrado. O conhecimento vem picotado, o conhecimento vem em partes, fracionado e tem que tentar juntar isso. Mas tudo tá interligado. Mas como tu faz essa ligação, é complicado. Tem que ter maturidade, tem que ter experiência para poder fazer e isso*

leva tempo, não é da noite para o dia, né. Que nem eu digo para eles, agora vamos ver esse conhecimento aqui, isso daqui eles não vão aprender agora, tem que digerir, fazer a digestão, vocês vão ter que ler mais, né. Leva um tempo para tu internalizar aquilo dali. Então, eu acho que é isso daí. Tem que fazer essa, essa, dar a importância.

Graciela: *“As diretrizes para os cursos de Física recomendam a presença de Geometria Analítica nos currículos. Você concorda com isso? Por quê?”*

Danilo: *Concordo, sim, né. Pela resposta que te dei naquela pergunta de qual é os conteúdos básicos de Física que vai ser importante, então se eu tenho a necessidade, é como eu sempre digo para eles. A Matemática é a principal ferramenta para a Física. É que nem o pedreiro precisa da colher, do martelo, do seus instrumentos de trabalho. Na Física, a ferramenta básica é a Matemática. A grande ferramenta da Física é a Matemática, então é fundamental. Sem essa ferramenta a gente não, não constrói os conceitos.*

Graciela: *Você gostaria de falar alguma coisa que eu não perguntei durante a entrevista?*

Danilo: *Olha não sei. As perguntas estão bem, me parece que as perguntas estão bem elaboradas, abrangeu bastante coisas. Não sei, acho que eu reforçaria isso só. A importância de mostrar uma utilidade prática, seja do Cálculo ou seja da Física, dentro da disciplina, para dar o estímulo ao estudante. Acho que isso é fundamental, é a base de tudo.*

Transcrição da entrevista com o Professor Elizeu

Graciela: *“Há quanto tempo você trabalha nessa universidade?”*

Elizeu: *Eu, três anos agora.*

Graciela: *“Quando você estava na graduação, você teve Geometria Analítica?”*

Elizeu: *Tive, tive.*

Graciela: *“Você tem alguma lembrança de como eram as aulas de Geometria Analítica?”*

Elizeu: *Sim.*

Graciela: *“Naquela época você via relação da Geometria Analítica com os demais componentes do Curso? Quais?”*

Elizeu: *Ah, não. Eu acho que essa percepção teve no começo quando apareciam um vetor em Física e Geometria Analítica, que eram concomitantes. E depois, posteriormente, eu via outros tópicos que eu tinha visto lá. Mas na época que eu tinha visto não, era só os vetores, porque eu tinha visto e aparecia em Física e na disciplina de Geometria Analítica.*

Graciela: *“O que você diria a um acadêmico do Curso de Física-Licenciatura, se ele lhe perguntasse por que eles têm que estudar Geometria Analítica?”*

Elizeu: *Porque ele tem que estudar Geometria Analítica, no ponto de vista como professor de Física, a parte vetorial, por exemplo, é extremamente importante. Como uma ferramenta Matemática, né, para se resolver vários problemas que aparecem em Física. E para entender toda essa álgebra vetorial. Ela é essencial para a compreensão da Física também, esse é o primeiro ponto. E as outras partes que são mais elaboradas, que são questões de planos, se aparecer, realmente é numa Física mais avançada que dificilmente veem. Aí, nesse caso, só mais para frente para poder entender. Aí eu poderia eventualmente citar aplicações. Por exemplo, as seções cônicas. Ela aparece na parte de astronomia e tal. Eu poderia citar em que momentos a Geometria Analítica poderia ser cobrada em um curso de Física. A demais, fora isso, acho que a Geometria Analítica é um negócio interessante que é você ter uma visualização geométrica mesmo. É um desenho, você consegue visualizar o que está acontecendo e fazer uma relação disso com a Matemática. Eu acho que isso trabalha um pouco com a cognição, com o intelecto, de uma forma de interpretar problemas, né. Então, eu acho que essa visão que a Geometria Analítica nos dá, ela é interessante também. Mesmo que não tenha uma aplicação, eu acho que ela desenvolve o raciocínio.*

Graciela: *[...] “Quais componentes você ministra, geralmente?”*

Elizeu: *Geralmente Física Básica, Física I, II e III, seja ela análoga da Física Geral, Física Geral e Astronomia.*

Graciela: “Nos componentes que você leciona, você utiliza conteúdos de Geometria Analítica?”

Elizeu: Utiliza vetores, sim, basicamente. As outras não.

Graciela: [...] “Se sim, quais e para quais conteúdos de Física? Você poderia dar exemplos?”

Elizeu: Acho que eu dei, já.

Graciela: “Você acha que os acadêmicos se lembram dos conteúdos de Geometria Analítica quando eles são requeridos nos componentes que você leciona?”

Elizeu: Ah... Acho que eu diria que, que sim. Olha eu dei, por exemplo, essa álgebra vetorial. Eu cobro em Física I e Física III. Em Física I, geralmente, tem Geometria Analítica junto com o curso de Física. Então tá meio fresco ali. Quando estão com um curso bom de Geometria Analítica, percebe-se que eles conseguem resolver os problemas sem eu precisar fazer muita revisão. Só retomo alguma coisa, as notações são um pouco diferentes e tal. Mas, assim, de modo geral não precisa fazer uma aula extra, nada assim, para retomar isso. É bem tranquilo quando dá para sentir que eles tão focados em apreender Geometria Analítica mesmo. Em Física III, aparece de novo essa álgebra vetorial. Eu já cobre, cobrando de fato com exercícios, onde é preciso ter os conceitos bem desenvolvidos de Geometria Analítica, na questão do produto vetorial, direção, sentido, algumas propriedades do produto vetorial, principalmente. E muitos alunos conseguem desenvolver sem muita dificuldade. Tem outros tantos, não vou dizer que são poucos que são bastantes, tem dificuldades. Pelo fato de ter bastante gente que consegue desenvolver com desenvoltura, né, eu acho que conseguem lembrar, ou seja, não dá para generalizar.

Graciela: [...] “Hoje a Geometria Analítica no Curso de Física trabalha com o estudo de vetores, produtos entre vetores, retas, planos, distâncias, cônicas e superfícies quádricas, sem muito enfoque nas aplicações à Física. Você acha que a abordagem poderia ser diferente? Como? Que sugestões você teria?”

Elizeu: Hum, sim, acho seria interessante sim, acho que aqui a maioria é, com exceção da Matemática que é um pouco diferente, acho que as engenharias e as físicas voltadas para aplicações físicas, acho bem interessante, sim.

Graciela: *“As diretrizes para os cursos de Física recomendam a presença de Geometria Analítica nos currículos. Você concorda com isso? Por quê?”*

Elizeu: *É fundamental, eu concordo bastante. É como eu disse tem uma parte lá a gente utiliza muito pouco, mas a parte vetorial é essencial, sem isso não consegue andar muito bem.*

Graciela: *Você gostaria de falar mais alguma coisa que eu não trouxe durante a entrevista?*

Elizeu: *Acho que não...*

Graciela: *Então era isso.*

Não foi possível realizar a entrevista com o Professor Felipe, mas o mesmo respondeu as questões do roteiro via e-mail.

1. Há quanto tempo você trabalha nessa universidade?

Felipe: *9 anos*

2. Quando você estava na graduação, você teve Geometria Analítica?

Felipe: *Sim, mas não como um componente curricular isolado.*

3. Você tem alguma lembrança de como eram as aulas de Geometria Analítica?

Felipe: *Lembro que não era um componente separado. Os conteúdos de Geometria Analítica eram ministrados no componente de Cálculo e que vimos boa parte dos conteúdos num intervalo de tempo bem menor, comparado com a carga horária da Geometria Analítica do [REDACTED].*

4. Naquela época você via relação da Geometria Analítica com os demais componentes do Curso? Quais?

Felipe: *Sim, Física I, Mecânica Geral, Mecânica analítica e Eletromagnetismo.*

5. O que você diria a um acadêmico do Curso de Física-Licenciatura, se ele lhe perguntasse por que eles têm que estudar Geometria Analítica?

Felipe: *Diria que ela fornece as ferramentas básicas para compreender boa parte dos conteúdos de Física.*

6. Quais componentes você ministra, geralmente, no curso de Física – Licenciatura?

Felipe: *Cálculo.*

7. Nos componentes que você leciona, você utiliza conteúdos de Geometria Analítica?

Felipe: *Sim, boa parte dos conteúdos de Geometria Analítica é utilizada em Cálculo III.*

8. Se sim, quais e para quais conteúdos de Física? Você poderia dar exemplos?

Felipe: *Para entender o conteúdo de campos vetoriais, que é ministrado em Cálculo III e é muito utilizado em Eletromagnetismo, por exemplo, é necessário saber sobre vetores e suas operações.*

9. Você acha que os acadêmicos se lembram dos conteúdos de Geometria Analítica quando eles são requeridos nos componentes que você leciona?

Felipe: *Os que realmente se dedicam aos estudos, sim.*

10. Hoje a Geometria Analítica no Curso de Física trabalha com o estudo de vetores, produtos entre vetores, retas, planos, distâncias, cônicas e superfícies quádricas, sem muito enfoque nas aplicações à Física. Você acha que a abordagem poderia ser diferente? Como? Que sugestões você teria?

Felipe: *Não vejo a necessidade de ter uma abordagem diferente. Acho que desde o início e no decorrer do curso de Física, os conteúdos de Geometria Analítica já são naturalmente muito aplicados.*

11. As diretrizes para os cursos de Física recomendam a presença de Geometria Analítica nos currículos. Você concorda com isso? Por quê?

Felipe: *Sim, ela é indispensável para compreender muitos conceitos na Física. Não dá, por exemplo, para entender os conceitos de força ou campo elétrico, sem vetores.*

12. Você gostaria de falar alguma coisa que não foi contemplada na nossa conversa?

Felipe: *Talvez apenas mencionar alguns outros exemplos de aplicação da Geometria Analítica no curso de Física no nível de graduação: Lançamento de projétil (parábola),*

órbitas dos planetas e energia do oscilador harmônico (elipse), cone de luz na relatividade restrita (cone), superfície equipotencial de uma carga pontual (esfera).