

Formação do engenheiro: o conceito vetor no programa curricular de um curso de engenharia civil

Engineer education: the vector concept in the curriculum of a civil engineering undergraduate course

Formación del ingeniero: el concepto de vector en el programa curricular de um curso de ingeniería civil

Viviane Roncaglio¹

Unijuí

<https://orcid.org/0000-0002-1202-0987>

Isabel Koltermann Battisti²

Unijuí

<https://orcid.org/0000-0002-0939-3483>

Cátia Maria Nehring³

Unijuí

<https://orcid.org/0000-0001-5372-4107>

Resumo

Esta escrita tem a pretensão de responder o seguinte problema: em quais disciplinas e de que forma o Conceito Vetor é mobilizado no Programa Curricular de um Curso de Engenharia Civil? Para tanto, iremos utilizar como instrumentos de análise o Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Civil e Planos de Ensino de disciplinas selecionadas. A teoria que sustenta esta escrita é, principalmente, a Teoria da Atividade de Leontiev (1978). O percurso metodológico utilizado é a Análise Textual Discursiva de Moraes e Galiazzi (2016), a partir da qual constituímos a seguinte unidade de análise “O Conceito Vetor no PPC do Curso de Engenharia Civil”, com a respectiva categoria e proposição “Identificação do Conceito Vetor nas ementas e conteúdos programáticos das disciplinas” e “Força, conceito mobilizador do Conceito Vetor”. Sendo assim, podemos dizer que a forma como o conceito vetor é mobilizado nas disciplinas que constituem o PPC do curso de Engenharia Civil, depende do contexto em que está sendo

¹ roncaglioviviane@gmail.com

² isabel.battisti@unijui.edu.br

³ catia@unijui.edu.br

considerado, no contexto matemático vetor é tratado como um vetor livre, no contexto da física ou das disciplinas específicas, vetor é mobilizado por meio da grandeza vetorial força ou então em cálculos envolvendo equações vetoriais, e que podem ser divididos em dois tipos, em vetor fixo e vetor deslizante.

Palavras-chave: Conceito Força, Formação Profissional do Engenheiro Civil, Teoria da Atividade de Leontiev.

Abstract

This study aims to answer the following question: in which subjects and how is the vector concept used in the curricular programme of a civil engineering undergraduate course? For this purpose, we will use both the pedagogical project of the civil engineering undergraduate course and the teaching plans of the selected subjects as analytical tools. The theory that supports this writing is mainly Leontiev's theory of activity (1978). The methodology used is the textual discursive analysis of Moraes and Galiuzzi (2016), from which we constitute the following unit of analysis "The Vector Concept in the Pedagogical Project of the Civil Engineering Undergraduate Course", with the respective category and proposition: "Concept Identification Vector in the syllabus of the subjects" and "Strength, mobilising concept of the Vector Concept". Therefore, we can say that the way the vector concept is mobilised in the subjects that constitute the Curricular Pedagogical Project of the Civil Engineering undergraduate course depends on the context in which it is being considered. In the mathematical field the vector is treated as a free vector, in the physics field or in the specific disciplines the vector is mobilised by means of the vector quantity strength, or even in calculations involving vector equations, which can be divided into two types, namely both fixed vector and sliding vector.

Keywords: Strength concept, Professional education of the civil engineer, Activity theory of Leontiev.

Resumen

Este escrito tiene la pretensión de responder al siguiente problema: ¿en cuales disciplinas y de que forma el concepto de vector es movilizado en el programa curricular de un curso de ingeniería civil? Para ello, vamos a utilizar como instrumento de análisis el proyecto pedagógico del curso de ingeniería civil y planes de enseñanza de las disciplinas seleccionadas. La teoría que sustenta el escrito es, principalmente, la teoría de la actividad de Leontiev (1978). El recurso metodológico utilizado es el análisis textual discursivo de Moraes y Galiazzi (2016), a partir de la cual constituimos la siguiente unidad de análisis “El concepto de vector en el PPC del curso de ingeniería civil”, con la respectiva categoría y proposición “Identificación del concepto de vector en los resúmenes y contenidos programáticos de las disciplinas” e “Fuerza, concepto movilizador del concepto de vector”. Por lo tanto, podemos decir que la forma en que se moviliza el concepto de vector en las disciplinas que constituyen el PPC de la carrera de ingeniería civil, depende del contexto en el que se esté considerando. En el contexto matemático, el vector se trata como un vector libre, en el contexto de la física o de las asignaturas específicas, el vector se moviliza mediante la cantidad vectorial fuerza o bien en cálculos que involucran ecuaciones vectoriales, que pueden dividirse en dos tipos, vector fijo y vector deslizante.

Palabras clave: Concepto fuerza, Formación profesional del ingeniero civil, Teoría de la actividad de Leontiev.

Formação do engenheiro: o conceito vetor no programa curricular de um curso de engenharia civil

Com base na Teoria da Atividade desenvolvida por Alexis Leontiev (1903-1979), psicólogo russo, o conhecimento medeia as relações do homem com o mundo e o desenvolvimento humano decorre das atividades que ele realiza. Na fase inicial do desenvolvimento da Teoria da Atividade, Leontiev (1978b) buscou compreender as categorias importantes para a construção de um sistema psicológico inquestionável enquanto ciência concreta da origem, função e estrutura do reflexo psicológico da realidade que medeia a vida do indivíduo. São essas as categorias: a atividade subjetiva, a consciência do homem e a personalidade. A categoria atividade subjetiva é considerada por este autor como a mais importante, pois é por meio dela que a consciência e a personalidade do homem irão se desenvolver, uma vez que o aparecimento da consciência se relaciona com as atividades de trabalho do homem.

A atividade subjetiva, além de ser base para o desenvolvimento das outras categorias, possui papel essencial para o entendimento do sistema psicológico humano e a sua influência no contexto em que está inserido. Se o homem se desenvolve por meio da atividade que realiza, as funções psíquicas se desenvolvem a partir de um processo de apropriação que transforma a atividade externa em interna. Assim sendo, o processo de apropriação⁴ do conhecimento pelo homem decorre das interações que ele realiza com os outros seres da mesma espécie, formando, dessa forma, a consciência social. O homem, a partir das interações, se apropria de todo um sistema de significações construído historicamente (passados de geração em geração). No momento que a atividade externa do homem é transformada em atividade interna a consciência social passa a ser a consciência pessoal, e a partir de então as significações passam a ter um sentido pessoal, que estão conectadas aos seus motivos e necessidades.

⁴ [...] A apropriação é um processo que tem por resultado a *reprodução* pelo indivíduo de caracteres, faculdades e modos de comportamento humanos formados historicamente (LEONTIEV 1978a, p. 320).

A consciência não se reduz a um mundo interno, isolado; ao contrário, se está intimamente vinculada à atividade, só pode ser expressão das relações do indivíduo com os outros homens e com o mundo circundante, sendo social por natureza. Mas a passagem do mundo social ao mundo interno, psíquico, não se dá de maneira direta, pois o mundo psíquico não é cópia do mundo social. No trânsito da consciência social para a consciência individual, a linguagem e a atividade coletiva laboral têm papel fundamental. Sendo o trabalho atividade socialmente organizada, a linguagem torna-se necessidade e condição para o desenvolvimento social e individual dos homens. Pela linguagem os homens compartilham representações, conceitos, técnicas, e os transmitem às próximas gerações (Asbahr, 2005, p. 111).

Apesar da consciência pessoal ser constituída pela social, nem todo sentido pessoal possui uma significação social. A categoria atividade subjetiva é o ponto central na Teoria da Atividade para o entendimento do desenvolvimento do psiquismo humano, ou seja, para compreender como o ser humano se constitui homem. De acordo com Leontiev (1978^a, p.265),

Pela sua atividade, os homens não fazem senão adaptar-se à natureza. Eles modificam-na em função do desenvolvimento das suas necessidades. Criam objetos que devem satisfazer suas necessidades e igualmente os meios de produção destes objetos, dos instrumentos às máquinas mais complexas. Constroem habitações, produzem as suas roupas e outros bens materiais. Os progressos realizados na produção de bens materiais são acompanhados pelo desenvolvimento da cultura dos homens; o seu conhecimento do mundo circundante e deles mesmos enriquece-se, desenvolvem-se a ciência e a arte.

Nesse sentido, as atividades são “[...] apenas aqueles processos que, realizando as relações do homem com o mundo, satisfazem uma necessidade especial correspondente a ele.” (Leontiev, 1978a, p. 68). Assim sendo, a atividade está intimamente conectada a um motivo, o qual instiga o sujeito a realizar uma ou várias ações que permitem a satisfação de sua necessidade. Os elementos que constituem uma atividade são: necessidade, motivo, ação e operação. Para Leontiev (1978^a, p. 107-108)

A primeira condição de toda a atividade é uma necessidade. Todavia, em si, a necessidade não pode determinar a orientação concreta de uma atividade, pois é apenas no objeto da atividade que ela encontra a sua determinação: deve, por assim dizer, encontrar-se nele. Uma vez que a necessidade encontra a sua determinação no objeto (se “objetiva” nele), o dito objeto torna-se motivo da atividade, aquilo que o estimula.

A atividade é movida inicialmente por uma necessidade, cuja objetivação gera um motivo; para satisfazer a necessidade são traçados objetivos e mobilizadas ações, as quais

dependem das condições para a sua realização através das operações (modos de realização das ações). As atividades são “[...] processos psicologicamente caracterizados por aquilo a que o processo, como um todo, se dirige (seu objeto), coincidindo sempre com o objetivo que estimula o sujeito a executar esta atividade, isto é, o motivo.” (Leontiev, 1988, p. 68). Os motivos conectam a necessidade ao objeto da ação. Por exemplo, um sujeito quer ser engenheiro (necessidade), para tanto, esta necessidade pode ser objetivada a partir de um curso de formação em nível superior (objeto), a motivação se encontra na possibilidade de atender a necessidade que é ser engenheiro. Desse modo, precisa traçar objetivos para satisfazer sua necessidade e determinar como tais objetivos serão alcançados (ações e operações).

Dentre as atividades realizadas com determinado objetivo, de acordo com Leontiev (1988), há a atividade principal, a qual é responsável pelo desenvolvimento das funções psíquicas, e a define como sendo:

1. Ela é a atividade em cuja forma surgem outros tipos de atividade e dentro da qual eles são diferenciados. [...]
2. A atividade principal é aquela na qual processos psíquicos particulares tomam forma ou são reorganizados. [...]
3. A atividade principal é a atividade da qual dependem, de forma íntima, as principais mudanças psicológicas na personalidade infantil, observadas em um certo período de desenvolvimento. [...] (Leontiev, 1988, p. 64).

A atividade principal está diretamente relacionada à tomada de consciência do sujeito que a realiza. Leontiev (1978a) aponta para três atividades principais ao longo do desenvolvimento humano, a primeira é o **brincar** – atividade principal na fase pré-escolar, é por meio do brincar que a criança começa a se apropriar de padrões de comportamento propriamente humanos, é “[...] o período da vida em que se abre pouco a pouco à criança o mundo da atividade humana que a rodeia (Leontiev, 1978a, p. 287)”. A segunda é o **estudo** – atividade principal no período escolar, período pelo qual o sujeito se apropria dos conhecimentos teóricos/científicos produzidos pela humanidade de forma sistematizada, organizada e intencional. E a terceira é o **trabalho** – atividade humana fundamental, o trabalho,

de acordo com Leontiev (1978a, p. 74), é o processo que conecta o homem à natureza, marcado por dois elementos interdependentes, o uso e o fabrico de instrumentos e a atividade comum coletiva, ou seja, “[...] o homem, no seio deste processo, não entra apenas numa relação determinada com a natureza, mas com outros homens, membros de uma dada sociedade”. Desse modo, o trabalho é um processo mediatizado simultaneamente pelo instrumento e pela sociedade.

O trabalho humano, [...], é uma atividade originalmente social, assente na cooperação entre indivíduos que supõe uma divisão técnica, embrionária que seja, das funções de trabalho; assim, o trabalho é uma ação sobre a natureza, ligando entre si os participantes, mediatizando a sua comunicação. Marx escreve: “Na produção, os homens não agem apenas sobre a natureza. Eles só produzem colaborando de uma determinada maneira e trocando entre si as suas atividades. Para produzir, entram em ligações e relações determinadas uns com os outros e não é senão nos limites destas relações e destas ligações sociais que se estabelece a sua ação sobre a natureza, a produção” (Leontiev, 1978a, p. 74).

O trabalho, como atividade, surgiu de necessidades e é constitutivo do ser humano. É a atividade humana fundamental, atividade produtiva e marcada pela inter-relação do homem com a natureza. É a atividade humana que permitiu com que nos desenvolvêssemos de tal forma que hoje vivemos em uma sociedade globalizada, marcada pela rapidez com que se produz e socializa informação. Em um contexto no qual estamos em constantes mudanças, com o progresso tecnológico impactando em todas as áreas e atingindo diretamente as relações de trabalho, exige profissionais cada vez mais qualificados. Sendo assim, quanto mais complexa a sociedade se apresentar, mais se exige e se espera dos profissionais.

O trabalhador hoje, com os avanços tecnológicos, necessita assumir uma nova postura, com competências e habilidades relacionadas ao ser criativo, inovador e aberto a novas experiências e diálogo. Assim, definir metas, traçar estratégias, saber empreender, trabalhar em equipe, assumir riscos e responsabilidades fazem parte deste novo cenário em praticamente todas as áreas de atuação. Este “novo” cenário no mercado de trabalho gera nos sujeitos uma constante busca por formação e atualização profissional.

De acordo com Araújo (2003), o processo de formação é inerente ao ser humano, e adjetivar uma formação como profissional tem duplo significado. Um remete à natureza da própria formação enquanto atividade realizada por profissionais, e não por amadores; outro considera uma preparação permanente para o exercício de uma profissão, com objetivos de formação ligados a atividades socialmente remuneradas.

El'konin (2000) contribui com tais entendimentos quando, baseado no conceito de atividade principal, indica que a adolescência⁵ é entendida como “[...] um período de comunicação íntima pessoal (esfera motivacional) e outro de atividade profissional de estudo (esfera técnico operacional).” (Rios; Rossler, 2017, p. 39). Para Rios e Rossler (2017) é por meio da atividade profissional de estudo que cresce nos adolescentes uma atitude séria com relação ao trabalho, é nessa época que os adolescentes “[...] adquirem informação, conhecimentos e técnicas direcionadas à execução da atividade profissional. [...] A entrada no mundo do trabalho marca a transição da adolescência para a vida adulta, que traz consigo novas relações interpessoais e aquisições simbólicas e instrumentais ao desenvolvimento psíquico, em especial em razão da atividade de trabalho.” (Rios; Rossler, 2017, p. 39).

Tais aquisições simbólicas e instrumentais se fazem a partir de intencionalidades específicas e no âmbito da educação superior acontece em instituições de ensino com tal finalidade.

[...] entendemos instituições de Ensino Superior como instituições educativas, corresponsáveis pela formação de seus sujeitos como seres humanos sociais, históricos, culturais e profissionais, capazes de desempenhar o seu exercício profissional com ética, competência, criatividade e criticidade (Battisti, 2016, p. 25).

⁵ El'konin (2000), de acordo com Rios e Rossler (2017) apresenta uma proposta de periodização que contempla épocas, períodos/estágios e fases. Indica a primeira infância, a infância e a adolescência como épocas. (RIOS; ROSSLER, 2017).

Formação profissional do engenheiro: algumas considerações

A formação acadêmica é um campo normatizado por diretrizes curriculares, por princípios e finalidades da Instituição de Educação Superior (IES) e organizado a partir de um programa curricular apresentado no Projeto Pedagógico do Curso. O Projeto Pedagógico de Curso (PPC), é um dos documentos mais importantes de gestão do curso, é por meio dele que se define o tipo de profissional que se quer formar. Ou seja, é um instrumento que apresenta, de modo geral, os objetivos do curso, as competências e habilidades as quais espera-se que sejam desenvolvidas pelo estudante, as disciplinas, as ementas, as bibliografias, entre outros itens que são estruturantes para um curso de nível superior. Pode-se dizer que o PPC, considerando o perfil do egresso que se pretende formar, configura-se no desenho do que é o curso, sua finalidade e características e de como ele se estrutura. Nesse contexto, dentre as diferentes áreas e cursos de formação profissional em nível superior, optamos pela área de Engenharia, e nesta pelo curso de Engenharia Civil, por ser o curso de Engenharia que possui maior número de ofertas no Brasil, dentre as Engenharias (base no sistema eMEC).

De acordo com as diretrizes curriculares dos cursos de Engenharia, o perfil do egresso deve considerar um processo de formação que o possibilite ao futuro engenheiro ser capaz de absorver e desenvolver novas tecnologias, o que poderá estimular a sua atuação crítica e criativa na identificação e resolução de problemas, considerando seus aspectos políticos, econômicos e ambientais, de uma forma ética e humanística, em atendimento às demandas da sociedade (BRASIL, 2002).

As Engenharias, em especial a Engenharia Civil, é uma das profissões mais antigas e tradicionais, além disso, é uma das mais valorizadas em nossa sociedade. Este profissional é responsável por projetos, gestão e planejamento de obras, assim como fiscalização de grandes projetos de construção, que pode incluir edifícios, pontes, aeroportos, tratamento de esgotos, túneis, dentre outras obras. Nesse sentido, pode-se dizer que é uma das profissões responsáveis

pelo desenvolvimento socioeconômico de um país. Para tanto, necessita de uma formação profissional que possibilita, ao estudante, ter uma ampla noção em conceitos matemáticos, físicos e químicos, capazes de viabilizar o desenvolvimento de uma série de competências e habilidades, dentre as quais:

I. Aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais à Engenharia;

II. Projetar e conduzir experimentos e interpretar resultados;

III. Conceber, projetar e analisar sistemas, produtos e processos;

IV. Planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de Engenharia;

V. Identificar, formular e resolver problemas de Engenharia;

VI. Desenvolver e/ou utilizar novas ferramentas e técnicas;

VII. Supervisionar a operação e a manutenção de sistemas;

VIII. Avaliar criticamente a operação e a manutenção de sistemas;

IX. Comunicar-se eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica;

X. Atuar em equipes multidisciplinares;

XI. Compreender e aplicar a ética e responsabilidade profissionais;

XII. Avaliar o impacto das atividades da Engenharia no contexto social e ambiental;

XIII. Avaliar a viabilidade econômica de projetos de Engenharia;

XIV. Assumir a postura de permanente busca de atualização profissional (BRASIL, 2002⁶, p. 1, grifos nossos).

Discutir a formação acadêmica do engenheiro implica considerar todo processo de constituição dele, que se inicia, formalmente, ao ingressar num curso de Engenharia, etapa primeira do processo. No decorrer do processo de formação inicial, o acadêmico cursa distintas disciplinas, as quais se estruturam a partir do PPC que está ancorado nas diretrizes curriculares que apresentam as competências e habilidades estabelecidas no perfil do egresso. As disciplinas ofertadas no decorrer do curso são as responsáveis por viabilizar o desenvolvimento das competências e habilidades previstas nas diretrizes e explicitadas no PPC. O desenvolvimento das competências e habilidades está intrinsecamente relacionado à apropriação de conceitos científicos pelo estudante. Um dos conceitos que integra o Programa Curricular dos cursos de Engenharia, e que é o foco nesta produção, é o conceito vetor, já discutido inicialmente em Roncaglio (2015) e em Battisti (2016).

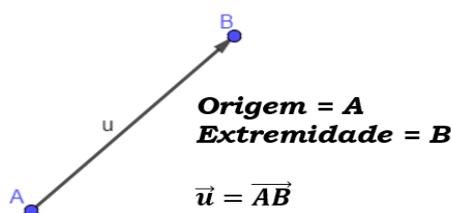
⁶ Estamos considerando as Diretrizes Curriculares de 2002, e não a de 2019, devido o período no qual iniciamos a pesquisa, 2017. E por estarmos considerando o PPC que também está ancorado nas Diretrizes Curriculares de 2002.

Vetor é um conceito matemático explorado em diversas áreas do conhecimento. A Engenharia é uma das áreas que explora tal conceito e o utiliza para representar situações que envolvem grandezas como força, torque e velocidade, além de situações que são relacionadas ao dimensionamento de vigas e treliças, elevadores, guindastes, carregamento, reações de apoio, dentre outras. É considerado para representar grandezas vetoriais as quais não podem ser definidas apenas por um valor numérico, mas que exigem outros elementos, como, intensidade/módulo, sentido e direção.

Uma grandeza vetorial não fica definida apenas por um número real e uma unidade de medida. Para que essas grandezas possam ser determinadas precisamos conhecer seu módulo (comprimento ou intensidade), sua direção e seu sentido. Pode ser representada por um segmento de reta orientado que possui três características importantes, módulo (comprimento, tamanho do vetor), sentido (da origem para a extremidade, por exemplo, de A para B) e direção (ângulo de inclinação que o vetor forma com uma base horizontal). A figura 1, a seguir, apresenta as características da representação geométrica do vetor.

Figura 1.

Características da representação geométrica do vetor.



Tais características da grandeza vetorial indicam que este é um conceito utilizado em situações problemas que envolvem conceitos da física, como a força, por exemplo. Conceitos esses essenciais nos cursos de engenharia, tanto nos cálculos de velocidade e aceleração de um “objeto”, como as forças que agem sobre este “objeto” quantidade de movimento (descrição de um movimento - cinemática) e campo eletromagnético, são descritas por vetores. Desse modo, de acordo com Roncaglio (2015), o entendimento do conceito vetor é de fundamental

importância para os estudantes de engenharia, pois este é um conceito que integra o sistema de relações conceituais dos conteúdos inerentes ao seu processo de formação.

Problemática a ser investigada: explicitação do objetivo e da questão norteadora da investigação

O trabalho como constitutivo do desenvolvimento humano, na perspectiva apresentada por Leontiev (1978), é uma atividade e como tal tem como condição os elementos de uma atividade – a necessidade, o motivo, as ações e operações –, sem os quais este trabalho se torna alienado. Para tanto, considerando a atual situação do mercado de trabalho, cada vez mais complexa e exigindo profissionais competentes e qualificados para atuarem neste contexto, é que estamos investigando o processo de formação do engenheiro. Consideramos como material para análise inicial o PPC de um Curso de Engenharia Civil, no qual inferimos um cauteloso e profundo estudo referente a seu conteúdo. Nesse contexto, temos como foco de análise a mobilização do conceito vetor, conceito este, como explicitado anteriormente, de fundamental importância na formação do Engenheiro.

O presente estudo é um recorte de uma pesquisa maior que está sendo desenvolvida no curso de Doutorado pela primeira autora, com orientação das demais. Tem como objetivo geral identificar, a partir da análise de documentos didáticos (PPC, livro didático, material orientador das aulas e registro de estudantes), e de narrativas de acadêmicos de cursos de Engenharia Civil e de Engenheiros Civis em atuação, elementos que se mostram potenciais na criação de motivos para que os estudantes queiram aprender e que o professor possa mobilizar na organização do ensino do conceito vetor em cursos de engenharia.

Tal objetivo, na presente escrita, é delimitado a partir da questão: em quais disciplinas e de que forma o conceito vetor é mobilizado no programa curricular de um Curso de Engenharia Civil?

Percurso metodológico

A presente produção se constitui a partir do referencial metodológico da Análise Textual Discursiva (ATD) de Moraes e Galiazzi (2016). A primeira etapa da ATD, a unitarização, é o movimento inicial da análise, que exige uma leitura cautelosa e profunda dos dados permitindo marcar as principais unidades significativas. Esta primeira etapa é marcada pela desordem, o momento de desconstrução dos dados, na qual o pesquisador ao analisar os dados realiza várias interpretações. Considerando este movimento é que emergem as unidades significativas.

Inicialmente, realizamos uma busca no Projeto Pedagógico de Curso (PPC) do curso de Engenharia Civil, de uma Universidade do interior do Estado do Rio Grande do Sul. Optamos por esta instituição por ser a instituição na qual a pesquisadora cursou a graduação Licenciatura em Matemática, o mestrado e atualmente realiza o doutorado. Ou seja, a escolha pela referida universidade deve-se a fatores de aproximação com a referida instituição. Além disso, o curso de Engenharia Civil, possui 23 anos, sua primeira oferta foi no primeiro semestre de 1997, e tem conceito 3 no ENADE 2019, o que pode indicar uma representação dos demais curso do Brasil. A busca foi por disciplinas que mobilizam o conceito vetor. Para selecionar as disciplinas consideramos a ementa e buscamos por relações que pudessem indicar, de forma explícita, a utilização do conceito em questão. Feito este primeiro levantamento, realizamos uma análise nos planos de ensino de cada disciplina selecionada com o objetivo de identificar a partir dos conteúdos programáticos a utilização do conceito vetor, e entender a abordagem dada a este conceito em cada uma delas, a partir da descrição da ementa e do conteúdo programático.

Na segunda etapa da ATD, a categorização, é realizado um movimento construtivo, na qual se organiza as categorias de análises. A terceira e última etapa da ATD, o captar o emergente em que a nova compreensão é comunicada e validada. É a construção de um

metatexto pelo pesquisador realizando considerações em relação às categorias de análise que construiu. É uma escrita que busca apresentar de forma clara e objetiva o entendimento do pesquisador em relação a análise dos dados relacionando com a fundamentação que sustenta o estudo. A tabela 1, apresenta a unidade de significado e a categoria considerando o referencial ATD e para melhor examinar a intencionalidade da pesquisa apresentamos ainda, a proposição, definida a partir do *Corpus* analisado.

Tabela 1.

Unidades de Análise, Categorias e Proposições do Corpus.

Unidade de significado	Categoria de análise	Proposição
<ul style="list-style-type: none"> - Propriedades dos vetores no plano e no espaço, suas operações, representações algébricas, geométricas e aplicações; - Princípios fundamentais da: cinemática, dinâmica, conservação da energia e do momento linear; - Princípios fundamentais da mecânica geral, do solo e dos fluídos; - Análise dimensionamento e detalhamento de estruturas; Comportamento mecânico dos corpos deformáveis. 	Identificação do conceito vetor nas ementas e conteúdo programático das disciplinas.	Força, conceito mobilizador do conceito vetor

Identificação do conceito vetor nas ementas e conteúdo programático das disciplinas

A categoria de análise tem como objetivo apresentar as disciplinas do curso de engenharia nas quais o conceito vetor é mobilizado. Além disso, a partir da análise de tais disciplinas, considerando ementa, conteúdo e bibliografia, buscamos trazer elementos que podem ser essenciais na formação profissional do engenheiro.

Iniciamos esta escrita apresentando o objetivo geral do curso de Engenharia Civil, foco do nosso estudo, que de acordo com o PPC é,

[...] habilitar Engenheiros (as) Civis para que exerçam a profissão de forma qualificada e com senso crítico e de cidadania, praticando as seguintes atitudes, durante sua vida profissional: Compromisso com a ética profissional; Responsabilidade social, política e ambiental; Espírito empreendedor: postura proativa e inovadora; Compreensão da necessidade de busca permanente de atualização profissional (PPC, 2017, p. 8).

Considerando a plena formação acadêmica para o exercício profissional, de acordo com o PPC, o curso está estruturado de forma a oportunizar ao estudante uma sólida formação teórica e prática. Tal processo formativo deve viabilizar o desenvolvimento das seguintes competências e habilidades:

- ✓ Conceber e analisar sistemas, produtos e processos, utilizando modelos adequados;
- ✓ Desenvolver inovações para a resolução de problemas de engenharia;
- ✓ Planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos de engenharia;
- ✓ Operar e manter sistemas;
- ✓ Dominar infotecnologias e de outras ferramentas para o exercício da prática profissional;
- ✓ Dominar a comunicação oral e escrita;
- ✓ Ter visão crítica de ordens de grandeza na solução e interpretação de resultados;
- ✓ Leitura, interpretação e expressão por meios gráficos;
- ✓ Desenvolver atividades práticas, analisar e interpretar resultados;
- ✓ Compreender os problemas administrativos, legais, socioeconômicos e culturais e do meio ambiente;
- ✓ Empreender tanto enquanto colaborador em instituições de sua área de atuação quanto como profissional autônomo e montar seu próprio negócio;
- ✓ Atuar em equipes multidisciplinares;
- ✓ Compreender e aplicar a ética e responsabilidade profissional e cidadã;
- ✓ Atuar com visão crítica e reflexiva com consciência das consequências desta atuação para a sociedade e para o meio ambiente (PPC, 2017, p. 9).

São diversas competências e habilidades que o egresso do curso necessita desenvolver ao longo do processo de formação profissional, para tanto, precisa se apropriar de conhecimentos teóricos e práticos que são tratados nas disciplinas que compõem e estruturam o curso. Tais conhecimentos configuram-se como condição, tanto na formação quanto na atuação profissional, pois, para “Leontiev (s/d), são as condições, isto é, a situação concreta, seja de cunho material ou mental [...], que determinam por meio de quais estruturas as ações se realizam” (Battisti, 2016, p. 168), viabilizando que o egresso não só se coloque, mas concretize por meio de ações e operações a atividade de estudo no decorrer de sua formação, bem como a atividade trabalho ao atuar profissionalmente.

A atividade se concretiza por meio das ações e operações as quais estão relacionadas às condições com que ocorrem, sejam elas de ordem física ou cognitiva. Sendo assim, a concretização da atividade trabalho para o engenheiro está diretamente relacionada ao desenvolvimento de competências e habilidades específicas da área, as quais são desenvolvidas no decorrer do processo de formação acadêmica, e consideram a apropriação dos conceitos científicos pelo futuro engenheiro por meio da atividade de estudo. A apropriação dos conceitos discutidos nas disciplinas do currículo do curso cria condições para que os estudantes desenvolvam de forma efetiva as competências e habilidades esperadas de um egresso, proporcionando processo formativo de excelência com potentes ferramentas cognitivas para o desenvolvimento de sua atividade de trabalho.

Força, conceito mobilizador do conceito vetor

Representações, procedimentos e operações envolvendo o conceito vetor na Engenharia Civil são mobilizados em diversos contextos como dimensionamento de vigas e treliças, elevadores, reações de apoio, em situações nas quais existe forças envolvidas, o que torna o mesmo de fundamental importância na formação profissional do engenheiro, e conseqüentemente, para sua atividade principal – o trabalho. É um objeto matemático mobilizado para representar grandezas que exigem módulo, sentido e direção para serem definidas, ou seja, é um objeto matemático representante de grandezas vetoriais, dentre as quais a grandeza força.

A apropriação do conceito vetor possibilita o desenvolvimento de competências e habilidades necessárias para a atuação no mercado de trabalho, permitindo um processo formativo mais eficaz, ou seja, a apropriação de vetor permite um conhecimento teórico que amplia as condições do estudante em interpretar, raciocinar e operar em situações em que esse conceito precisa ser mobilizado. O entendimento em relação ao conceito vetor pode constituir-

se numa ferramenta cognitiva potencial de análise e síntese e traçar estratégias de resolução de problemas de Engenharia, o que pode ser um diferencial no mercado de trabalho.

A tabela 2 apresenta doze disciplinas do curso de Engenharia Civil, as quais a partir da análise das ementas e do conteúdo programático discutem ou mobilizam o conceito vetor. A ordem de apresentação das disciplinas seguiu a mesma ordem de apresentação disposta no PPC.

Tabela 2.

Disciplinas que foram consideradas neste estudo (PPC, 2017)

Disciplina	Semestre/Horas	Ementa	Conteúdo Programático
Geometria Analítica e Vetores	1º/60	Aborda os elementos fundamentais da geometria analítica no plano e espaço, utilizando a estrutura vetorial na abordagem dos conceitos de segmento de reta orientado, de distâncias, ângulos, áreas, volumes, equações da reta e equações do plano. Introduz o estudo das cônicas. Capacita o estudante para utilizar as propriedades dos vetores no plano e no espaço, bem como suas operações, representações algébricas, geométricas e aplicações.	VETORES: Definições; Operações com Vetores; Ângulo entre Vetores; Decomposição no Plano e no Espaço; Expressão Analítica; Produto Escalar; Produto Vetorial; Produto Misto; A RETA: Equações Paramétrica, Vetorial e Simétrica; Retas Paralelas e Ortogonais; Ângulo entre Duas Retas; Posições Relativas de Duas Retas; Intersecção de Duas Retas; O PLANO: Equações Vetorial e Paramétricas; Equação Geral e Vetor Normal; Planos Paralelos e Perpendiculares; Ângulo entre Planos; DISTÂNCIAS: Distância entre Dois Pontos; Distância de um Ponto a uma Reta; Distância entre Duas Retas; Distância de um Ponto a um Plano; Distância entre Dois Planos; Distância de uma Reta a um Plano; Cônicas: Elipse; Hipérbole; Parábola.
Física I	2º/60	Aborda a mecânica clássica. Tematiza os princípios fundamentais da: cinemática, dinâmica, conservação da energia e do momento linear a partir da construção de seus modelos, em suas diferentes linguagens. Habilita para utilizar os conceitos da mecânica clássica na compreensão dos fenômenos relacionados com a área de formação.	Movimento Unidimensional: Definições e grandezas da cinemática; Velocidade média e velocidade instantânea; Aceleração média e aceleração instantânea; Movimento Uniforme; Movimento Uniformemente Variado. Movimento Bidimensional: Movimento Circular Uniforme; Relação entre a cinemática linear e angular. Lançamento de projéteis; Dinâmica da partícula: Leis de Newton Aplicação das leis de Newton; Teorema Trabalho - Energia: Trabalho de uma força constante; Trabalho de uma força variável; Energia Cinética; Teorema do trabalho-energia; Aplicações. Conservação da Energia Mecânica: Energia Potencial; Energia Mecânica; Conservação da Energia

			Mecânica; Aplicações do princípio de conservação da energia. Sistemas de Partículas Centro de Massa Momento Linear Conservação do Momento Linear Colisões.
Mecânica Geral I	3º/60	Aborda os princípios e conceitos fundamentais da mecânica geral. Tematiza a estática dos pontos materiais, estuda os corpos rígidos: sistemas equivalentes de forças, equilíbrio dos corpos rígidos, forças distribuídas, propriedades geométricas das áreas (centróides e baricentros); momentos de inércia, esforços e diagramas de esforços. Habilita o estudante a relacionar fenômenos naturais com os princípios e leis físicas que os regem bem como a utilizar a representação matemática como instrumento de análise.	Introdução à mecânica: conceitos e princípios fundamentais; Forças, grandezas vetoriais e Sistemas equivalentes de forças; Propriedades das superfícies planas; Equilíbrio dos corpos rígidos; Análise Estrutural, Estudo de Treliças e Vigas.
Resistência dos Materiais I	4º/60	Aborda o comportamento mecânico dos corpos deformáveis usando as ferramentas da resistência dos materiais. Estuda treliças isostáticas e os princípios fundamentais: Saint Venant e sobreposição de efeitos, tensões e deformações devido à carga axial, à torção e à flexão pura. Habilita para a realização das operações básicas de análise de integridade estrutural e de projeto de componentes como barras e vigas submetidas a esforço de tração, flexão e torção.	Introdução a resistência dos materiais: revisão sobre vinculações, carregamentos, método das seções, reações de apoio e diagramas de esforços internos; Tensão e deformação: conceitos de tensão e deformação e sua formulação básica; Esforço normal axial: tensão e deformação aplicadas a barras submetidas a esforço normal; Cisalhamento convencional: tensão e deformação aplicadas a ligações submetidas a cisalhamento simples; Torção: tensão e deformação aplicadas a barras submetidas a momentos torsores; Flexão: tensão e deformação aplicadas a barras submetidas a momentos fletores.
Análise Estrutural I	5º/60	Trabalha os princípios da análise estrutural isostática, compreendendo: carregamentos em estruturas; vínculos; reações de apoio; vigas Gerber; pórticos planos; treliças e grelhas. Com vistas a capacitar o aluno no entendimento do comportamento de estruturas de diversas naturezas quando submetidas a esforços externos, a partir do cálculo dos esforços internos e dos diagramas	Conceitos fundamentais: revisão sobre vinculações, carregamentos, método das seções, reações de apoio e diagramas de esforços internos; Vigas isostáticas: reações de apoio e diagramas de esforços internos em vigas horizontais e inclinadas; Vigas isostáticas do tipo Gerber: reações de apoio e diagramas de esforços internos em vigas compostas; Pórticos planos isostáticos: reações de apoio e diagramas de esforços internos em pórticos simples, triarticulados e compostos; Grelhas isostáticas: reações de apoio e diagramas de

		gerados em seus elementos estruturais.	esforços internos em grelhas engastadas e triapoiadas; Treliças isostáticas: reações de apoio e diagramas de esforços internos em treliças através do método das seções e do método dos nós.
Hidráulica	5º/60	Aborda as aplicações dos princípios básicos dos fenômenos de transporte aos problemas de engenharia hidráulica e ao escoamento em condutos forçados e canais, abrangendo noções sobre funcionamento das máquinas hidráulicas. Habilita o estudante a dimensionar as redes de água levando-se em conta a altura manométrica e perdas de carga, para aplicação prática em projetos específicos.	Condutos forçados: fórmulas empíricas para o cálculo da perda de carga em tubulações perda de carga localizada sistemas hidráulicos bombas e estações elevatórias bombas e estações elevatórias condutos livres ou canais hidrometria.
Mecânica dos Solos I	6º/60	Estuda os princípios e conceitos fundamentais da mecânica dos solos ligando a aspectos de interesse prático da engenharia. Estuda desde os processos de formação, caracterização e classificação do solo até o cálculo de tensões e deformações em maciços terrosos. Capacita o estudante a identificar, especificar e classificar os diversos tipos de solo para fins de engenharia, bem como compreender e aplicar os princípios e leis que regem o comportamento dos solos.	Definições preliminares, formação dos solos: solos residuais e sedimentares; Minerais argílicos; Composição e fases dos solos; Índices físicos – Limites de Atterberg; Ensaio de caracterização de amostras deformadas de solos; Classificação dos solos; Compactação e Índice de Suporte Califórnia; Tensões geostáticas, tensões efetivas e capilaridade; Distribuição de tensões em maciços de terra; Recalques – Teoria da Elasticidade; Recalques – Teoria do Adensamento; Evolução do recalque com o tempo; Resistência ao cisalhamento e comportamento típico de solos coesivos e friccionais; Aterro sobre solos moles.
Fenômenos de Transporte	6º/60	Aborda a mecânica dos fluidos e a transferência de calor, aprofundando o estudo dos fenômenos de transporte. Para isso, estuda fundamentos dos fenômenos de transportes; estática dos fluidos; cinemática dos fluidos; equações fundamentais para o escoamento de fluidos; orifícios, bocais e vertedores, assim como a transmissão de calor utilizando os mecanismos de condução, convecção e radiação. Habilita o estudante para resolver problemas práticos em mecânica dos fluidos e transferência de calor, equacionando situações reais	Fundamentos dos Fenômenos de transportes: Revisão de unidades, definições, classificação e propriedade dos fluidos; Estática dos Fluidos: Tensão de Cisalhamento; Viscosidade Absoluta; Viscosidade Cinemática; Massa Específica; Peso Específico; Densidade Relativa; Pressão em fluido estático; Teorema de Stevin; Medida da pressão em um fluido: Manometria; Princípios de Pascal; Empuxo; Princípio de Arquimedes; Força hidrostática sobre superfícies planas e curvas submersas; Cinemática dos Fluidos: Regimes ou Movimentos Variados e Permanentes; Escoamento Laminar e Turbulento; Trajetórias e linhas de corrente; Escoamento Unidimensional ou Uniforme na

		através das equações de conservação e fenomenológicas, adequando os casos ilustrados a novas situações.	Seção; Vazão; Equação da Continuidade para Regime Permanente; Velocidade e aceleração nos escoamentos de Fluidos; Equação da Energia Para Regime Permanente; Tipos de Energia Mecânica Associadas a um Fluido; Equação de Bernoulli; Orifícios, bocais e vertedores; Transmissão de Calor: Condução; Convecção; Radiação; Lei de Fourier; Analogia entre fluxo de calor e corrente elétrica; Transferência de Calor através de Superfícies Planas, Cilíndricas e Esféricas; Mecanismo Combinado de Transferência de Calor; Transferência de Calor em Aletas.
Estruturas de Concreto Armado I	7º/60	Introduz o estudo do concreto armado a partir da abordagem conceitual e histórica da utilização do material em estruturas correntes. Apresenta os conteúdos referentes aos estados limites últimos para solicitações normais e forças cortantes, bem como os estados limites de serviço. Aborda aspectos como aderência, ancoragens e emendas. Trata do projeto, do cálculo e do detalhamento de vigas e tirantes de concreto armado. Habilita o estudante a conceber estes elementos estruturais de forma segura e econômica.	Introdução ao estudo do concreto armado; Elementos estruturais; Dimensionamento de uma estrutura; Estudo da flexão simples; Vigas de concreto armado; Cisalhamento: cálculo da armadura transversal; Detalhamento da armadura longitudinal.
Estrutura de Aço	7º/60	Trabalha noções de análise, dimensionamento e detalhamento de estruturas de aço a partir das prescrições das normas brasileiras pertinentes, contemplando as propriedades mecânicas e físicas do aço; o dimensionamento de peças à tração, compressão, flexão simples, flexão biaxial e flexo-compressão; as ligações em estruturas metálicas e a ação de ventos em edificações. Habilitando o estudante para elaborar e executar projetos de estruturas em aço.	Conceitos preliminares e critérios de projeto; Ações e segurança estrutural; Análise estrutural; Tração; Compressão; Flexão simples e resistência ao esforço cortante; Flexão composta e esforços combinados; Ligações metálicas; Ligações soldadas; Ligações parafusadas; interfaces aço e concreto; Projeto e detalhamento de estrutura metálica.
Fundações	8º/60	Estuda as etapas para solução de um problema de fundações, desde as sondagens geotécnicas até controle e reforço de fundações à luz das técnicas	Introdução; projeto de fundações; investigação do subsolo (cpt, spt, vane, pressiômetro e dilatômetro); dimensionamento de fundações superficiais (capacidade de carga,

		mais recentes e das tecnologias disponíveis no Brasil. Estuda também o rebaixamento do lençol freático em escavações. Habilita o estudante a aplicar os conceitos básicos de mecânica dos solos e através do emprego de materiais como concreto, aço e madeira, além de outros, projetar estruturas de fundações e de proteção de escavação.	recalques e pré-dimensionamento estrutural); dimensionamento de fundações profundas (capacidade de carga, recalques, pré-dimensionamento estrutural e processos executivos); patologias das fundações; dimensionamento de reforço de fundações; provas de carga (estática e dinâmica); rebaixamento do lençol freático.
Estrutura de Madeira	8º/60	Trabalha noções de análise, dimensionamento e detalhamento de estruturas de madeira a partir das prescrições das normas brasileiras pertinentes, contemplando as propriedades mecânicas e físicas da madeira para construção; o dimensionamento de peças à tração, compressão, flexão simples e flexo-compressão; e as ligações em estruturas de madeira. Habilita o estudante para elaborar e executar projetos de estruturas em madeira.	A madeira como material de construção: propriedades mecânicas e físicas. Normas para estruturas de madeira. Dimensionamento de peças tracionadas; Dimensionamento de peças comprimidas; Dimensionamento de peças submetidas à flexão; Dimensionamento de peças sujeitas à flexão biaxial e flexo-compressão; Ação estática do vento em telhados; Projeto de estrutura de madeiras.

A partir dos dados identificados das disciplinas selecionadas, destacamos a disciplina Geometria Analítica e Vetores, da área da Matemática, que discute e introduz o conceito vetor no curso de Engenharia. Esta disciplina trabalha com as propriedades e as operações em relação ao vetor. Nesta, o estudante precisa entender o significado das operações e o motivo pelo qual se opera para que possa apropriar-se do mesmo em nível conceitual e desenvolver habilidades para utilizá-lo em diferentes situações (Roncaglio, 2015). Na referida disciplina, vetor é tratado como um objeto matemático.

Matematicamente, vetor pode ser definido como:

[...] determinado por um segmento orientado AB é o conjunto de todos os segmentos orientados equipolentes a AB [...]. Um mesmo vetor é determinado por uma infinidade de segmentos orientados, chamados representantes desse vetor, e todos equipolentes entre si. Assim, um segmento determina um conjunto que é o vetor, e qualquer um destes representantes determina o mesmo vetor. Portanto, com origem em cada ponto do espaço, podemos visualizar um representante de um vetor. Usando um pouco mais nossa capacidade de abstração, se considerarmos todos os infinitos segmentos orientados de origem comum, caracterizaremos, através de representantes, a totalidade

dos vetores do espaço. Ora, cada um destes segmentos é um representante de um só vetor. Consequentemente, todos os vetores se acham representados naquele conjunto que imaginamos. As características de um vetor são as mesmas de qualquer um de seus representantes, isto é: o módulo, a direção e o sentido do vetor são o módulo, a direção e o sentido de qualquer um de seus representantes (Steinbruch; Winterle, 1987, p. 4-5).

A partir da análise do Projeto Pedagógico do Curso, Geometria Analítica e Vetores está no primeiro semestre do curso e trata de um conceito que é mobilizado e serve de base em outras disciplinas do curso. Proporciona, muitas vezes, o primeiro contato dos estudantes com o conceito vetor, com seus elementos de constituição, com suas propriedades e sua representação. É responsável por definir o conceito e seus elementos de formação - módulo, sentido e direção – assim como suas propriedades operatórias. Trata de elementos fundamentais da geometria analítica no plano e espaço, considerando a estrutura vetorial na abordagem de conceitos como: segmento de reta orientado; distâncias, ângulos, áreas, volumes, equações da reta e equações do plano. Nesse contexto, a referida disciplina explora noções fundantes do conceito vetor e operações com vetores, capacitando o acadêmico a utilizar as propriedades dos vetores e suas operações, no plano e no espaço tridimensional, em representações algébricas e geométricas. Conforme Roncaglio (2015) e Battisti (2016), o trabalho com a representação gráfica e geométrica de vetor é essencial no processo de significação do conceito. Pelas características e por ser uma forma de representar grandezas vetoriais, o conceito vetor pode se constituir como uma ferramenta matemática potente e essencial na formação do engenheiro.

A disciplina Física I aborda conceitos fundamentais da mecânica clássica, trazendo os princípios fundamentais da cinemática (estudo dos movimentos) e da dinâmica (estudo das forças – as Leis de Newton). Nessa disciplina o conceito vetor é amplamente explorado, uma vez que discute e mobiliza diversas grandezas vetoriais, ou seja, grandezas que, para serem definidas, necessitam de módulo, sentido e direção, como força, deslocamento, velocidade e aceleração. Dentre estas, destacamos a grandeza força.

A linguagem dos vetores empresta ao conceito de força sua estruturação para que ele possa ser definido enquanto conceito físico. A flecha colocada acima da letra indica que se trata de uma grandeza com direção e sentido. A linguagem vetorial dispõe de uma gramática, sintaxe e ortografia próprias que são os axiomas, teoremas, lemas, regras de aplicação etc. Um conceito como a Força, ao ser identificado à grandeza vetorial, passa a se submeter a todas as suas regras de linguagem. Torna-se difícil expressá-lo de outra forma, por exemplo, através da linguagem escrita comum (Pietrocola, 2002, p. 105).

Na disciplina Física I, na qual o conceito vetor é mobilizado para representar grandezas vetoriais, como é o caso do conceito Força, o estudante precisa ser capaz, identificar tal grandeza, seus elementos de formação, suas propriedades, e o significado de suas operações, ou seja, aqui o estudante utiliza os conhecimentos teóricos adquiridos em relação a tal conceito e o mobiliza como uma ferramenta para representar, interpretar, analisar, coletar dados e resolver situações em diferentes contextos. Nesse contexto, o conceito vetor, como objeto matemático, se torna uma ferramenta cognitiva potente na representação e resolução de problemas que envolvem grandezas vetoriais, como é o caso da grandeza vetorial Força, muito utilizada nesta disciplina.

Força é uma das principais grandezas físicas mobilizada em nosso cotidiano. É aplicada em diversos contextos, geralmente associada, de forma intuitiva, a ideia de empurrar, arrastar, puxar e quebrar. Na física, este conceito está intimamente relacionado ao estado de repouso ou movimento de um corpo, ou seja, quando uma força é aplicada em um determinado corpo, este poderá sofrer uma aceleração (gerando um movimento, uma velocidade), ou uma deformação.

Ao tratar do conceito força, no contexto de uma formação em nível superior, é essencial que sejam consideradas tratativas teóricas por meio de leis da física que regem tal conceito. As Leis de Newton são utilizadas para descrever a dinâmica dos corpos, ou seja, as causas que alteram o estado de movimento de um corpo. São elas: a Lei da Inércia ou o Princípio da Inércia; o Princípio Fundamental da Dinâmica; e o Princípio da Ação e Reação (Carron & Guimarães, 2003).

Para Merian e Kraige (2013, p. 4), força é a ação de um corpo sobre outro, ou seja, “[...] uma força tende a mover um corpo na direção de sua ação. A ação de uma força é caracterizada por seu valor, pela direção de sua ação e pelo seu ponto de aplicação”. Os autores destacam força como uma grandeza vetorial que necessita de um módulo (intensidade da força), uma direção e um sentido, cuja representação se faz por meio do conceito vetor e de suas propriedades.

[...] As forças podem, também, provocar deformações nos objetos sobre os quais elas agem. Mas, quaisquer que sejam os seus efeitos, devemos entender força como resultado da interação entre dois corpos. [...] Assim, uma força pode produzir um, ou mais, dos seguintes efeitos:

- Deformação de um corpo;
- Alteração do estado de movimento ou de repouso de um corpo;
- Equilíbrio de um corpo sujeito a outras alterações;

A aplicação de uma força sempre acontece em uma determinada direção e sentido e com uma determinada intensidade (Carron & Guimarães, 2003, p. 42).

Diferentemente do contexto matemático, na física e conseqüentemente nas engenharias existem três tipos de vetores que são necessários serem definidos devido a especificação física e o contexto no qual este o vetor está sendo mobilizado, ou seja, são entendimentos estruturantes para compreensões em contextos específicos da física. São eles: vetor fixo, vetor deslizante e vetor livre.

Em caso de força concentrada há sempre um ponto de aplicação, quando então se diz *vetor fixo* ou *vetor vinculado* (a um ponto). Contudo, em análise de corpo rígido sob esse tipo de força, como nada se altera ao deslocar a força segundo a sua *linha de ação* ou *reta de suporte*, diz-se *vetor deslizante*. Esse é o *princípio da transmissibilidade de força em corpo rígido*, que estabelece ser irrelevante a posição da força na correspondente linha de ação.

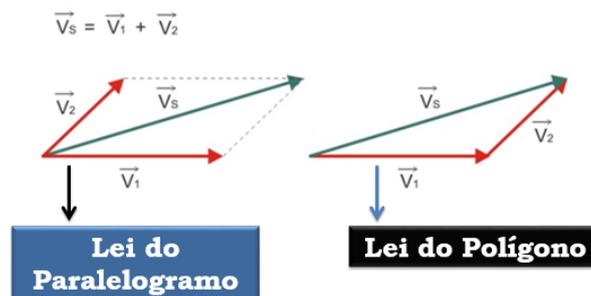
Quando um vetor está associado a uma direção, mas não a uma linha de ação, diz-se *vetor livre*. Esse é o caso do vetor que caracteriza a translação de um corpo rígido, quando então um único vetor define o deslocamento de todas as partículas do corpo (Soriano, 2013, p. 14).

No contexto da física e nas engenharias estes três tipos de vetores são de fundamental importância, uma vez que a mobilização destes vetores se faz em situações e/ou contextos distintos. Outro aspecto importante que vale a pena ser destacado é a distinção entre a mobilização do vetor na matemática, na física e conseqüentemente nas engenharias, como é o

caso, por exemplo, da operação soma de vetores. Na matemática esta operação acontece por meio de duas leis, a lei do polígono e a lei do paralelogramo. São procedimentos utilizados para adicionar vetores representados geometricamente. Os vetores resultantes são exatamente iguais, e não existe uma indicação quanto a utilização de uma lei/regra ou outra para resolver determinada situação. Já na física, os procedimentos são os mesmos, porém existe um contexto, no qual, um procedimento é mais indicado do que outro. No contexto da física em situações que envolvem deslocamento é mais indicado a utilização da lei do polígono, já em situações que envolvem força, o procedimento mais indicado é a lei do paralelogramo. A Figura 1, a seguir, apresenta a representação geométrica das leis/regras de soma de vetores.

Figura 1.

Representação geométrica das leis de soma de vetores.



A diagonal \vec{V}_s de ambas as leis representam a resultante. “Este método, de encontrar a resultante, é denominado **lei do paralelogramo** para a adição de forças. Essa lei é baseada em evidência experimental: não pode ser provada ou deduzida matematicamente”. (Beer; ET. AL., 2012, p. 17). O conceito vetor é o mesmo na matemática, na física e nas engenharias, porém existem particularidades das áreas que precisam ser consideradas e explicitadas no trabalho com este conceito na disciplina de Geometria Analítica e Vetores, quando discutida em um programa curricular dos cursos de engenharia, além daquelas disciplinas que mobilizam o conceito vetor no decorrer do curso.

A disciplina Mecânica Geral I, aborda princípios e conceitos fundamentais da mecânica geral. A mecânica, para Meriam e Kraige (2013, p. 3), “[...] é a ciência que lida com os efeitos de força sobre os objetos.” Seus princípios

[...] têm ampla aplicação na engenharia, por serem centrais na pesquisa e no desenvolvimento nos campos das vibrações, estabilidade e resistência das estruturas e máquinas, robótica, projeto de foguetes e naves espaciais, controle automático, desempenho de motores, escoamento de fluidos, máquinas e equipamentos elétricos, e comportamento molecular, atômico e subatômico. (*Ibidem*).

A mecânica descreve e prevê as condições de repouso ou movimento sujeito à ação de forças, subdividido em três áreas, mecânica dos corpos rígidos, mecânica dos corpos deformáveis e mecânica dos fluidos. O conteúdo da Mecânica, de acordo com os referidos autores “[...] é dividido de um modo lógico em duas partes: **estática**, que trata do equilíbrio de corpos sob a ação de forças, e **dinâmica**, que trata do movimento de corpos.” (*ibidem*, grifos das autoras).

O conteúdo programático da disciplina Mecânica Geral I considera, principalmente conceitos da estática, tais como: forças, grandezas vetoriais e sistemas equivalentes de forças; propriedades das superfícies planas; e equilíbrio dos corpos rígidos. Tais conceitos são necessários na análise de estruturas e no estudo de treliças e vigas. A análise permite indicar que estruturas, treliças e vigas, nesta disciplina, podem configurar-se como contextos que apresentam situações capazes de possibilitar o estabelecimento de relações de fenômenos naturais com princípios e leis físicas, no qual conceitos da matemática, de forma especial vetor com suas diferentes representações, são utilizados como procedimento de resolução.

Na disciplina Mecânica Geral I, tudo gira em torno do conceito força, uma das grandezas vetoriais mais conhecidas e fundamentais. Esta é a primeira disciplina específica do curso de engenharia que mobiliza o conceito vetor, e o faz a partir da grandeza vetorial força. É a primeira disciplina específica dos cursos de Engenharia que utiliza a linguagem vetorial para representar situações no contexto da prática profissional do Engenheiro.

É uma disciplina que pode promover no estudante o desenvolvimento de sua capacidade de analisar qualquer problema de forma simples e lógica por meio dos princípios básicos da mecânica, utilizando a análise vetorial como uma ferramenta. Mecânica geral I dá suporte para o futuro engenheiro resolver problemas do tipo: definição de quantos pilares e vigas são necessários em uma estrutura para que essa suporte uma determinada carga? Ou ainda, no processo de execução de uma obra como elevar cargas por alturas muito elevadas? Tais questionamentos são do campo de atuação do Engenheiro no qual ele necessita mobilizar conhecimentos teóricos explorados nesta disciplina, que fundamentam sua futura atuação profissional.

Na disciplina de Resistência dos Materiais I, a ênfase é o comportamento mecânico dos corpos deformáveis – área da mecânica –, no qual destacamos três reações dos materiais quando submetidos a certo nível de esforço, são elas, a tração, a flexão e a torção, as quais causam deformações nos materiais. Força é a grandeza vetorial responsável “por provocar deformações nos objetos sobre os quais ela age (Carron & Guimarães, 2003). Para que haja representação e análise das situações é necessário utilizar grandezas vetoriais para encontrar uma solução aos problemas propostos. Assim sendo, o conceito vetor se apresenta como uma ferramenta que auxilia na representação e análise das situações, utilizando suas propriedades operatórias para dar significado ao resultado encontrado.

A disciplina de Análise Estrutural I, estuda as estruturas, consistindo no estudo da determinação dos esforços e das deformações a que elas ficam submetidas quando solicitadas por agentes externos (cargas, variações térmicas, movimento de seus apoios, dentre outros) (Sussekind, 1994). Aqui são consideradas as condições básicas para um modelo estrutural, as condições de equilíbrio e de compatibilidade entre deslocamentos e deformações. É uma disciplina que se preocupa em possibilitar ferramentas cognitivas que garantam a segurança das estruturas, com correto dimensionamento dos elementos que são estruturais (vigas, pilares

e lajes), o que exige entendimento em relação às cargas, os esforços, as forças (concentradas ou distribuídas), momentos (fletores e torçores) e tensões, que são gerados ao longo de uma estrutura. As grandezas fundamentais nesta disciplina são força e momento, sendo o objetivo, desenvolver a capacidade no estudante de analisar estruturas submetidas a forças, assim como vigas e treliças isostáticas, determinando seus esforços internos. Sendo assim, o conceito vetor é mobilizado por meio da grandeza vetorial força na representação geométrica, possibilitando a análise e interpretação das forças aplicadas, assim como nas aplicações das propriedades operatórias envolvendo forças.

Hidráulica, busca resolver problemas de escoamento em condutos forçados e canais, ou seja, aqui o estudante aprende a dimensionar as redes de água de forma eficiente, estudando o comportamento dos fluidos estando ele em repouso ou em movimento. Os conceitos discutidos nesta disciplina possibilitam aos estudantes desenvolver a capacidade de projetar o abastecimento de água de uma casa, fábrica ou de uma cidade, assim como de redes de esgoto. As análises em relação aos problemas de escoamentos e dimensionamento são realizadas considerando equações vetoriais. Ou seja, aqui as propriedades matemáticas do conceito vetor são mobilizadas por meio das operações envolvendo cálculo de velocidade de escoamento, de vazão, de fluxo do fluido e de pressão (envolvendo forças, gera uma força).

A disciplina de Mecânica dos Solos I, discute os princípios e conceitos fundamentais da mecânica dos solos, ou seja, estuda o comportamento mecânico – tensões e deformações, do solo quando submetido a tensões considerando ou não a interferência estática ou dinâmica na presença de água (Floriano, 2016). Está presente em praticamente todas as situações envolvendo obras civis, como por exemplo, obras de fundações, em alicerces de casas, prédios, estádios, galpões, entre outros, escavações para construção de aterros, túneis, rodovias, barragem e nas mais diversas situações e tipos de obras, nas quais é necessário conhecer o solo, suas características e propriedades. Esta disciplina mobiliza vetor por meio da representação

de forças em situações envolvendo alicerces, por exemplo, além de utilizar as propriedades operacionais em situações envolvendo pressão de contato (uniforme ou pontual), e em distribuição de tensão.

A disciplina de Fenômenos de Transporte, tem como foco o estudo da mecânica dos fluidos – área da mecânica – e a transferência de calor, é a parte da física que trata do efeito de forças em fluidos, aprofundando o estudo dos fenômenos de transporte, novamente a grandeza força se apresenta como essencial. Aqui o vetor é mobilizado em situações nas quais se estuda a transferência de calor por paredes, sendo necessário a orientação do fluxo energético pela ou pelas paredes, o conceito vetor se faz necessário para expressar o resultado entre a diferença de temperatura existente entre os meios (interno e externo), criados pela divisão/paredes. Além disso, vetor é utilizado para interpretar e equacionar associação de paredes, em série e paralelo, e simplificar a resolução de situações reais. Utiliza as propriedades de constituição de um vetor, módulo, sentido e direção, além das propriedades operatórias.

A disciplina de Estruturas de Concreto Armado I, aborda dimensionamento de estrutura, estudo da flexão simples e vigas de concreto armado. Além disso, trata do cálculo e do detalhamento de vigas e tirantes de concreto armado, os quais exigem a decomposição de forças. Aqui é essencial a compreensão de vetor, como objeto matemático, especialmente, em representações algébrica e geométrica, para, entre outras tratativas, viabilizar discussões relacionadas à decomposição de forças.

As disciplinas de Estrutura de Aço e Estrutura de Madeira discutem noções de análise de estrutura, envolvendo dimensionamento e detalhamento de estruturas, analisando as propriedades mecânicas e físicas de cada estrutura. O entendimento de tais propriedades pode desenvolver nos estudantes a capacidade/habilidade para dimensionar tais estruturas. Conceitos como dimensionamento, tração, compressão e flexão são conceitos essenciais em ambas as disciplinas, as quais podem causar deformações nos materiais. Para tanto, mobiliza vetor por

meio da representação da grandeza vetorial força na representação das estruturas e na distribuição das vigas.

Fundações é uma disciplina que estuda as etapas para a solução de um problema de fundações, ou seja, toda obra de engenharia necessita de uma base sólida para ser apoiada, porém os solos situados sob as fundações se deformam e, conseqüentemente sofrem recalques (deslocamentos) devido ao acréscimo de tensões que corresponde a uma deformação no solo. Deste modo, é fundamental que tais deslocamentos não ultrapassem os limites admissíveis que cada edificação pode suportar. Esta disciplina necessita que o estudante mobilize os conceitos tratados na disciplina de Mecânica dos Solos, além de projetar estruturas de fundações e de proteção de escavação.

Considerações finais

Esta escrita é um recorte de uma pesquisa maior, que tem como objetivo geral identificar, a partir da análise de documentos didáticos e de narrativas de acadêmicos de cursos de Engenharia Civil e de Engenheiros Civis em atuação, elementos potenciais na criação de motivos para que os estudantes queiram aprender e que o professor pode considerar na organização do ensino do conceito vetor em cursos de engenharia. Este objetivo, na presente escrita, é delimitado a partir da questão: Em quais disciplinas e de que forma o conceito vetor é mobilizado no programa curricular de um Curso de Engenharia Civil?

O curso de Engenharia Civil, configura-se como uma condição para a formação e atuação do engenheiro no mercado de trabalho. A partir da Teoria da Atividade, entendemos a atividade trabalho como constitutivo do ser humano. Como atividade permite o desenvolvimento do homem, e é por meio dessa atividade que nos tornamos o que somos hoje em termos de desenvolvimento humano, social, tecnológico, cultural, político e econômico. Para atuar como profissionais, no contexto considerado, necessitamos desenvolver competências e habilidades por meio da apropriação de conhecimentos teóricos que nos dão

suporte cognitivo para analisar, identificar problemas, traçar estratégias e solucioná-los. Competências e habilidades essas, que como indicadas no decorrer desta escrita, são desenvolvidas no processo da formação acadêmica, por meio da apropriação de conceitos teóricos discutidos/tratados nas diferentes disciplinas que constituem o programa curricular dos cursos da educação superior. Conceitos estes, essenciais na formação profissional, assim como é o caso do conceito vetor na profissão do Engenheiro Civil.

Neste sentido, considerando o entendimento de força apresentado anteriormente, entendemos que tal conceito é fundamental no processo de formação do engenheiro, uma vez que está presente em diversas disciplinas que sustentam o curso e serve de base para o entendimento de diferentes situações de trabalho do Engenheiro. Ou seja, é um conceito que está intimamente relacionado com a ideia de movimento, de velocidade, de aceleração, de tensão, torção, flexão e deformação dentre outras que envolvem o conceito força. Todas as disciplinas identificadas aqui, mobilizam o conceito vetor, através da grandeza vetorial força, ou de ações e reações causadas por uma força. Desta forma, marcamos novamente a importância do conceito vetor, e destacamos que tal conceito é mobilizado no programa curricular do Curso de Engenharia Civil, em análise, a partir do conceito força.

A partir das análises realizadas no PPC do curso de Engenharia Civil, com foco nas ementas e conteúdos programáticos, identificamos doze disciplinas que mobilizam o conceito vetor. São disciplinas, que juntamente com outras constituem o currículo do curso, são base e possibilitam a apropriação de um arcabouço de conhecimentos teóricos e práticos que podem colocar o egresso do curso na condição de trabalhador - engenheiro, a partir do desenvolvimento das habilidades e competências necessárias à profissão.

A disciplina de Geometria Analítica e Vetores introduz o conceito vetor e o faz considerando uma abordagem matemática, a partir das definições e propriedades das operações com vetor, as demais disciplinas mobilizam o conceito vetor por meio da grandeza vetorial

força que está intimamente relacionada com as áreas da mecânica – mecânica dos corpos rígidos, mecânica dos corpos deformáveis e a mecânica dos fluidos. Ou então mobilizam quando se utilizam das propriedades operatórias de vetor.

A forma como o conceito vetor é apresentado nas disciplinas de física, de engenharia e de matemática são diferentes. Na matemática o conceito é tratado prioritariamente no contexto matemático, o chamado vetor livre, como já apresentado no estudo realizado por Roncaglio, (2015). Na física e conseqüentemente nas disciplinas que exploram o conceito vetor nos cursos de engenharia, este é apresentado/mobilizado considerando outros dois tipos de situações, Beer et. al (2012), contribuem ao indicar que,

Um vetor usado para representar uma força que atua sobre uma dada partícula tem um ponto de aplicação bem definido, a saber, a partícula propriamente dita. Diz-se que tal vetor é *fixo*, ou *ligado*, e não pode ser deslocado sem que se modifiquem as condições do problema. Outras quantidades físicas, entretanto, como momentos binários são representadas por vetores que podem se mover livremente no espaço são denominados vetores livres. Ainda outras quantidades, como forças atuantes sobre um corpo rígido, são representadas por vetores que podem ser deslocados, ou deslizados, ao longo de suas linhas de ação, denominados vetores *deslizantes*. (p. 19-20).

Sendo assim, podemos dizer que a forma como o conceito vetor nas disciplinas que constituem o PPC do curso de Engenharia Civil, depende do contexto que está sendo considerado, se for na disciplina matemática Geometria Analítica e Vetores, o contexto é puramente matemático, o vetor é tratado como um vetor livre, o qual pode assumir qualquer posição no plano ou no espaço, pode ter representantes em qualquer lugar no plano ou no espaço. Já quando mobilizado na física ou nas disciplinas específicas, vetor é mobilizado por meio da grandeza vetorial força ou então em cálculos envolvendo equações vetoriais, e que podem ser divididos em dois tipos, em vetor fixo e vetor deslizante.

Referências

Araújo, E. S (2003). *Da formação e do formar-se: a atividade de aprendizagem docente em uma escola pública*. [Tese de doutorado – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo]. <https://repositorio.usp.br/item/001305956>

- Asbahr, Flávia da Silva Ferreira (2005). A Pesquisa sobre a Atividade Pedagógica: contribuições da Teoria da Atividade. *Revista Brasileira de Educação*, nº 29, p. 108-118. <https://www.scielo.br/pdf/rbedu/n29/n29a09.pdf>
- Brasil. Conselho Nacional de Educação (CNE) (2002). Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES112002.pdf>.
- Battisti, Isabel K. *Mediações na Significação do Conceito de Vetor com Tratamento da Geometria Analítica em Aulas de Matemática*. [Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Educação nas Ciências, UNIJUÍ, 2016.
- BEER, Ferdinand P. et. al. *Mecânica Vetorial para Engenheiros*. Volume 1 Estática. 11 edição. AMGH Editora Ltda: Porto Alegre, RS, 2012.
- Carron, Wilson; Guimarães, Osvaldo (2003). *Física: volume único*. 2. Ed. São Paulo: Moderna.
- Floriano, Cleber. *Mecânica dos Solos*. Porto Alegre: SAGAH, 2016.
- Leontiev, Alexis N.(1978a) *O Desenvolvimento do Psiquismo*. Livros Horizontes, 1978a.
- Leontiev, Alexis N. (1978b). *Actividade, Consciência e Personalidade*. Tradução: Maria Silvia Cintra Martins. <http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/ma000004.pdf>.
- Leontiev, Alexis N.(1988). *Uma Contribuição à Teoria do Desenvolvimento da Psique Infantil*. In: Vigotsky, L. S.; Luria, A. R.; Leontiev, A. N. *Linguagem, Desenvolvimento e Aprendizagem*. São Paulo: Ícone: Editora da Universidade de São Paulo, p. 59-83.
- Meriam, J. L.; Kraige, L. G. (1999/2013). *Mecânica para engenharia: estática*. Rio de Janeiro: LTC, v. 1.
- Pietrocola, Maurício. (2002) A Matemática como Estruturante do Conhecimento Físico. *Cad. Cat. Ensino de Física.*, v. 19, n. 1: p. 89-109.
- Projeto pedagógico de curso (PPC Engenharia Civil) (2017). *Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUÍ*.
- Rios, Camila Fernanda Moro; Rossler, João Henrique (2017). Atividade principal e periodização do desenvolvimento psíquico: contribuições da psicologia histórico-cultural para os processos educacionais. *Perspectivas em Psicologia*, vol. 14 – nº 2 – p. 30-41. <https://www.redalyc.org/pdf/4835/483555396003.pdf>.
- Roncaglio, Viviane (2015). *Registros de Representação Semiótica: atividades de conversão e tratamento em vetores e suas operações a partir da argumentação de estudantes de engenharia*. [Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Educação nas Ciências, UNIJUÍ]. <https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/4978/Viviane%20Roncaglio.pdf?sequence=1&isAllowed=y> .
- Roncaglio, Viviane; Nehering, Cátia M (2019). *Registros de Representação Semiótica: conversão e tratamento em vetores*. 1.ed. – Curitiba: Appris.
- Soriano, Humberto Lima (2013). *Estática das Estruturas*. 3ª edição revista e ampliada. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2013.
- Steinbruch, Alfredo; Winterle, Paulo (1987). *Geometria analítica*. São Paulo: Person Makron Books, 1987.
- Sussekind, José Carlos (1994). *Curso de Análise Estrutural*. 12 ed. - São Paulo: Globo.

Recebido em: 06/07/2020

Aprovado em: 24/10/2020