

DIALOGANDO SOBRE ÁLGEBRA LINEAR: POSSÍVEIS METODOLOGIAS DE UMA PRÁTICA

Talking about Linear Algebra: Possible Methodologies of a Practice

Katiuscia Costa Barros Teixeira

Ana Carolina Costa Pereira

Francisca Cláudia Fernandes Fontenele

Resumo

A Álgebra Linear fornece competências importantes ao futuro profissional atuando principalmente na construção e análise de modelos matemáticos, teste de hipóteses, otimização de processos, entre vários outros. Entretanto, para atingir essas competências, muitas vezes o professor precisa ter em mãos metodologias variadas que possam alcançar a aprendizagem do aluno. Desse modo, este trabalho tem o intuito de apresentar algumas metodologias utilizadas na disciplina de Álgebra Linear, norteando uma possível prática docente e apontando caminhos metodológicos. Através de uma pesquisa bibliográfica, realizamos um levantamento no qual encontramos artigos, dissertações e teses sobre o tema. Percebemos que existem metodologias voltadas à disciplina de Álgebra Linear que provavelmente poucos professores conhecem; a utilização delas em sala de aula, contudo, dependerá da concepção de ensino que permeia sua escolha pelo docente.

Palavras-chave: Álgebra Linear. Metodologias de Ensino. Educação Superior.

Abstract

Linear Algebra provides important competences for students concerning mathematical modeling, testing and proving hypothesis, op-

timization processes, among others. Having a diverse pool of active methodologies fosters an efficient strategy for instructors to reach a good performance of students learning in that class. This study aims to present some methodologies used in Linear Algebra course, guiding a possible teaching practice and identifying methodological approaches. Through a literature search, we conducted a research in which we found articles, dissertations and theses on the subject. We notice that there are methodologies applied in the linear algebra course and probably few professors know about them; however, the use of these in the classroom will depend on the teaching concept of each that permeates this choice.

Keywords: Linear Algebra. Teaching Methodologies. Higher Education.

Introdução

São comuns em cursos do ensino superior da área de ciências exatas dificuldades relacionadas às disciplinas consideradas do “núcleo básico” do corpo estrutural que compõe o projeto pedagógico. A disciplina de Álgebra Linear é uma delas. Em sua inegável importância ao currículo, ela continua com índices de reprovação elevados, muitas vezes ocasionando queixas por parte dos discentes relativas ao seu nível de abstração.

A Álgebra Linear é uma área que não está somente presente em cursos de licenciaturas e

bacharelados em Matemática, mas percebemos seu potencial em pesquisas dos ramos de engenharia, química, física, entre outros. Ela é considerada um ramo da matemática que surgiu do estudo detalhado de sistemas de equações lineares, sejam elas algébricas ou diferenciais. Conceitos e estruturas fundamentais da matemática como vetores, espaços vetoriais, transformações lineares, sistemas de equações lineares e matrizes também são utilizados na Álgebra Linear.

Sua base está concentrada nos conceitos de espaços vetoriais e, embora apresente uma linguagem simples, os alunos ainda demonstram dificuldades em sua aprendizagem. Celestino, (2000, p.09) apresenta a importância da Álgebra Linear e pesquisas na área:

[...] seu ensino-aprendizagem repousa no fato de que ela hoje se encontra subjacente a quase todos os domínios da Matemática. Dessa forma, é imprescindível que aqueles que pretendem trabalhar com as ciências que utilizam a Matemática, tanto como objeto de seu estudo quanto como instrumento para outros estudos, dominem seus principais conceitos.

Essas dificuldades de aprendizagem em conteúdos de Álgebra Linear podem ser comprovadas através dos estudos de Dorier et al. (2000) e Rogalski (1994) que, na década de 1980, iniciaram investigações em universidades francesas com alunos de primeiro ano, identificando as principais dificuldades dos estudantes, desenvolvendo assim amplo estudo sobre o tema junto a outros pesquisadores.

Analisando nossa realidade, consideramos que é provável que a falta de interesse na Álgebra Linear se deva ao fato de, nas matrizes curriculares de diversos cursos de engenharia, essa disciplina não ser pré-requisito para nenhuma outra. Essa situação pode influenciar o comportamento do estudante, levando-o a questionar sobre a necessidade da Álgebra Linear no currículo de seu curso e induzindo-o a priorizar as demais disciplinas. Não é raro que determinados alunos deixem a Álgebra Linear para o final do curso.

Historicamente, a Álgebra Linear, como ela é ensinada nos cursos de graduação, prin-

cipalmente a partir de Espaços Vetoriais, é algo recente, comparando com a própria história da Álgebra, que data suas primeiras aparições de antes de Cristo. Essa Álgebra, porém, com um conjunto de regras bem-definidas, só se concretizou no final do século XIX. Segundo Crowe (1993), na antiga Grécia já se encontravam sugestões da utilização dos conceitos mais fundamentais de Álgebra Linear, que é a soma e subtração de vetores. Segundo Coimbra (2008, p.43):

Álgebra Linear teve várias origens. Algumas delas têm ligação com a geometria e outras não têm uma ligação especial com a geometria, como o estudo dos sistemas de equações lineares. A origem “mais” geométrica da Álgebra Linear parece ser o trabalho de Leibniz. Ele criticou os métodos analíticos de Descartes e Fermat e tentou elaborar um cálculo geométrico que permitiria calcular diretamente dos objetos geométricos. Leibniz não alcançou seu objetivo, mas abriu uma nova linha de pesquisa. Mais de um século mais tarde, Grassmann desenvolveu uma teoria em seu livro: *Die lineali Ausdehnungslehre*, que foi sua própria pesquisa de um cálculo geométrico. Sua teoria é muito geral e abstrata, e fornece muito mais do que cálculo geométrico. Mas a despeito de sua generalidade, a origem geométrica está muito presente.

Contudo, a primeira definição axiomática de espaço vetorial foi com Giuseppe Peano (1858-1952), em 1888. A teoria de espaços vetoriais, porém, não foi desenvolvida antes de 1920. Mas sua origem, em relação ao enfoque “geométrico”, aparece primeiramente em trabalhos de Leibniz (1646-1716), que criticou fortemente a matemática analítica de Fermat e Descartes tentando um viés geométrico para o tratamento desses conteúdos.

Matemáticos como Frobenius (1849-1917), Hamilton (1805-1865) Lagrange (1736-1813), Gauss (1777-1855), Cayley (1821-1895), entre outros, contribuíram para a evolução da Álgebra Linear.

Isto posto, neste artigo iniciamos uma conversa sobre sete tipos de metodologias aplicadas na disciplina de Álgebra Linear, como forma de

difundir novas possibilidades para a comunidade acadêmica. Não iremos realizar um estudo empírico nem tampouco comparar categorias ou mesmo estabelecer aquela que melhor pode ser inserida na sala de aula, mas nortear uma possível prática docente e apontar caminhos metodológicos.

Caminho metodológico

Para esse estudo, optamos por uma metodologia de cunho qualitativo centrada em buscar um “estado da arte” ou um “estado do conhecimento”, com a finalidade de saber quais trabalhos nacionais e internacionais versarão sobre as possíveis metodologias utilizadas para o ensino da disciplina de Álgebra Linear. Segundo Ferreira (2002, p.253):

Definidas como de caráter bibliográfico, elas parecem trazer em comum o desafio de mapear e de discutir uma certa produção acadêmica em diferentes campos do conhecimento, tentando responder que aspectos e dimensões vêm sendo destacados e privilegiados em diferentes épocas e lugares, de que formas e em que condições têm sido produzidas certas dissertações de mestrado, teses de doutorado, publicações em periódicos e comunicações em anais de congressos e de seminários. Também são reconhecidas por realizarem uma metodologia de caráter inventariante e descritivo da produção acadêmica e científica sobre o tema que busca investigar, à luz de categorias e facetas que se caracterizam enquanto tais em cada trabalho e no conjunto deles, sob os quais o fenômeno passa a ser analisado.

Para iniciar a pesquisa, decidimos realizar um levantamento no banco de tese da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pois este o maior depósito de dados contendo informações sobre teses e dissertações defendidas junto a programas de pós-graduação do todo o país. Entretanto, ao colocar na busca¹ “Álgebra Linear”, encontramos 234

trabalhos nas diversas áreas de concentração. A partir desses dados, refinamos os resultados direcionando aos que versavam, no resumo e/ou nas palavras-chave, sobre metodologias para o ensino de Álgebra Linear. Dessa forma, selecionamos as dissertações de Rangel (2011) e Fontenele (2013) para iniciarmos a pesquisa.

Em contrapartida, observamos que essa temática é bastante estudada em trabalhos internacionais. Para a seleção desse estudo, consultamos as referências bibliográficas dessas dissertações, que apontaram alguns trabalhos sobre o assunto (STEWART; THOMAS, 2009; LAPP; NYMAN; BERRY, 2010; WANG; POSEY, 2011). Outras fontes foram encontradas em pesquisas no Google Acadêmico (BEITES; NICOLÁS, 2013; NANES, 2014; TEIXEIRA; MOTA, 2016).

É importante ressaltar que só foram selecionados trabalhos que fornecessem aplicações de metodologias vinculadas ao ensino de Álgebra Linear. Outros estudos que envolvessem a temática, mas não utilizavam uma metodologia ativa, foram descartados.

Metodologias empregadas na disciplina de Álgebra Linear

Em face das causas ligadas ao alto índice de reprovação nas disciplinas do ciclo básico dos cursos de Engenharia, torna-se cada vez mais evidente a necessidade de mudanças nas formas de ensinar e aprender. Nesse aspecto, o uso de metodologias diferenciadas torna-se de vital importância nesse processo de ensino e aprendizagem. As metodologias ativas são estratégias de ensino centradas no estudante, que deixa o papel de receptor passivo e assume o de agente e principal responsável pela sua aprendizagem.

Em nossa pesquisa, identificamos algumas metodologias ativas que vêm sendo adotadas por docentes com o intuito de promover uma aprendizagem mais significativa para os discentes, a saber: Modelagem Matemática, Sequência Fedathi, Mapa Conceitual, Aprendizagem Baseada na Solução de Problemas (do inglês Problem-based Learning – PBL), Aprendizagem por Pesquisa (Inquiry-based Learning – IBL), Aprendizagem Baseada em Equipe (Team-based Learning – TBL), e Peer Instruction. A seguir, apresentamos um recorte dessas estratégias e de como foram abordadas pelos autores.

¹ Busca realizada nos dias 10 e 11 de agosto de 2016.

Modelagem Matemática (MM)

Segundo Bassanezi (2002, p.16), “A Modelagem Matemática consiste na arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e resolvê-los, interpretando suas soluções na linguagem do mundo real”. Num processo de Modelagem Matemática, existem as etapas de experimentação, visualização, interpretação e previsão. Essa metodologia configura-se uma estratégia pedagógica e dinâmica que ajuda os alunos além da compreensão da relação entre teoria e prática, motivá-los a ter uma aprendizagem significativa e não mecânica.

Em sua dissertação de mestrado, Rangel (2011) investigou as contribuições da elaboração de Projetos de Modelagem Matemática focando no ensino de sistemas lineares para professores em formação em um curso de Licenciatura em Matemática. O autor apresentou um detalhamento das atividades desenvolvidas durante sua pesquisa, descrevendo o contexto em sala de aula. Por fim, analisou os dados obtidos por meio de um questionário aplicado aos participantes.

Sequência Fedathi (SF)

A Sequência Fedathi (SF) constitui uma proposta metodológica de ensino que vem como suporte no procedimento de orientação para a mediação do professor em sala de aula. Foi criada na década de 1990, na Universidade Federal do Ceará, a partir de estudos do Grupo Fedathi, que buscava alternativas para a melhoria do ensino de Matemática. Apesar de pensada inicialmente para uso no ensino de Matemática, atualmente também tem sido utilizada em outras disciplinas e áreas ligadas ao ensino. Em Sousa et al. (2013), encontra-se uma coletânea com os principais trabalhos desenvolvidos sobre ela.

Uma aula elaborada pela SF abrange quatro momentos: tomada de posição, maturação, solução e prova. Na fase tomada de posição, o professor expõe o problema a ser resolvido pelos alunos. Logo após, na etapa de maturação, os alunos são instigados a refletir e buscar estratégias para solucionar o problema, sem ajuda direta do professor, que evitará dar respostas prontas. Na solução, os alunos são convidados a apresentar as possíveis soluções. Nesse momento, o docente levanta questionamentos, faz comparações

entre as respostas dadas e instiga discussões em classe. Na última fase, o professor formaliza matematicamente o resultado, faz generalizações dos conceitos apresentando definições formais e teoremas.

Com base nessa metodologia, encontramos em Fontenele (2013) um estudo sobre a presença de alavancas meta² em aulas de Álgebra Linear mediadas segundo seus pressupostos, tendo como foco a construção da noção de base de um espaço vetorial.

Mapas Conceituais (MC)

Baseado na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (1963; 1968), foi desenvolvido por Novak e Gowin (1984) a construção e a teoria dos Mapas Conceituais como ferramenta para organizar e representar conhecimento. A construção de um mapa conceitual parte da ideia de representar um conjunto de conceitos relacionados através de diagramas de significados. Elege-se um conceito principal e, a partir daí, envolvem-se os conceitos que estão relacionados com o conceito principal. No mapa conceitual, os conceitos aparecem dentro de figuras geométricas, enquanto as relações entre os conceitos são especificadas através de frases de ligação nas linhas que unem os conceitos. Na construção de um mapa conceitual, o aluno é capaz de evidenciar significados atribuídos a conceitos e suas conexões no contexto de um corpo de conhecimentos.

Lapp, Nyman e Berry (2010) analisaram as conexões de conceitos de Álgebra Linear em um curso de graduação a partir de mapas conceituais construídos pelos próprios alunos. Os autores descreveram a aplicação do mapa conceitual em sala de aula e analisaram as informações obtidas pelos mapas. Já Stewart e Thomas (2009) utilizaram mapa conceitual como uma das ferramentas de investigação das

² As “alavancas meta” têm sido utilizadas no ensino de Álgebra Linear para auxiliar o professor na abordagem de conceitos abstratos. Referem-se ao uso, no ensino, de informação ou conhecimento SOBRE matemática que podem levar os estudantes a refletir, conscientes ou não, tanto sobre seu próprio aprendizado na atividade matemática quanto sobre a própria natureza da matemática. Em Dorier et al. (2000), há mais esclarecimentos sobre o tema.

dificuldades encontradas pelos alunos sobre diversos conceitos de Álgebra Linear.

Aprendizagem Baseada na Solução de Problema (ABSP)

Outra estratégia que encontramos difundida na Álgebra Linear é a Aprendizagem Baseada na Solução de Problema. O conceito de PBL enfatiza o trabalho em equipe em que os alunos buscam resolver problemas do mundo real. Essa metodologia explora as habilidades dos alunos de investigação, interpretação, tomada de decisão, pesquisa, interação e cooperação entre colegas. O docente apresenta o caso para os grupos deixando que eles interpretem, discutam e encontrem as possíveis soluções. O professor exerce o papel de mediador, facilitando as discussões e direcionando as soluções em classe.

No artigo, Isik, Kaplan e Isik (2011) investigaram a aplicabilidade e os benefícios da PBL em Álgebra Linear. Os autores implementaram a metodologia PBL num grupo experimental e a metodologia tradicional em outro grupo com o objetivo de averiguar se existe diferença no desempenho dos estudantes.

Aprendizagem por Pesquisa (AP)

A metodologia Aprendizagem por Pesquisa é baseada nas teorias de aprendizagem construtivista centrada no aluno que enfatiza o desenvolvimento das habilidades de pensamento crítico. Na Aprendizagem por Pesquisa, o aluno formula uma questão ou uma hipótese, recolhe e pesquisa informação sobre o tópico escolhido; analisa e discute as informações encontradas e determina a solução fazendo comparações de resultados e criando previsões futuras de estudo. Nesse processo, o professor deve incentivar o pensamento crítico dos alunos conduzindo-os na busca das respostas e de novos questionamentos.

No artigo de Wang e Posey (2011) foi implementada a metodologia enfatizando a aprendizagem pela descoberta, o pensamento analítico e a criatividade individual. O material do curso foi desenvolvido combinando os conceitos teóricos e práticos da Álgebra Linear com provas e algoritmos. Os alunos eram incentivados a expressar seus pontos de vistas e apresentar as

diferentes abordagens na construção da solução para os demais colegas.

Aprendizagem Baseada em Equipe (ABE)

Aprendizagem Baseada em Equipe é uma metodologia pedagógica que incentiva os alunos a se apropriarem de sua própria aprendizagem através de desenvolvimento de atividades em equipes. Essas equipes são divididas permanentemente durante o curso. Um material de estudo é distribuído para os alunos com o objetivo de que estudem em casa e venham preparados para as aulas. A aula, então, inicia com um teste individual sobre os pontos-chaves das atividades passadas para casa; em seguida, o mesmo teste é submetido às equipes. Completada essa fase, o instrutor incentiva as equipes a discutirem acerca das perguntas que erraram, fazendo argumentos válidos. Esse processo de apelação incentiva os alunos a avaliarem o material, avaliarem a sua compreensão, e defenderem a escolha que fizeram. Por fim, o instrutor faz uma breve apresentação para esclarecer quaisquer equívocos que se tornaram aparentes durante o teste de equipe e dos apelos.

Nanes (2014) apresentou uma adaptação da TBL no curso de Álgebra Linear, relatando as componentes padrão da TBL e as alterações realizadas dessas componentes para as necessidades da disciplina em questão.

Peer Instruction (PI)

A metodologia *Peer Instruction* foi desenvolvida por Eric Mazur,³ em 1990, professor de Física da Universidade de Harvard. É baseada na construção de questões conceituais de múltipla escolha que são lançadas durante as aulas por meio de sistema de votação. Uma aula via *Peer Instruction* é dividida em pontos-chaves do conteúdo a ser abordado. Para cada ponto-chave, uma breve explicação é dada pelo professor, que logo em seguida expõe um teste conceitual do assunto exposto. Os estudantes são encorajados a refletir individualmente sobre a solução e, após um determinado tempo, acontece a primeira votação. Dependendo da porcentagem de acertos, o professor pede aos alunos que discutam suas

³ Para mais detalhes, ver Mazur (1997).

respostas com os colegas e tentem convencê-los de suas respostas. Após alguns minutos, a segunda votação é realizada. Se a maioria dos estudantes escolher a resposta correta, o professor pode passar para o próximo tópico. Do contrário, o professor discute a questão analisando item por item. Esse método enfatiza a participação dos alunos em sala de aula, cooperação entre eles e assimilação dos conceitos de forma mais significativa e dinâmica.

Beites e Nicolás (2013) apresentaram um material didático para o ensino da disciplina Álgebra Linear através da metodologia de ensino PI e descreveram sua aplicação em sala de aula. As questões conceituais utilizadas em sala de aula foram apresentadas e analisadas de acordo com o nível de dificuldades encontradas pelos alunos durante o processo de votação. Por fim, os autores coletaram e analisaram as opiniões dos alunos sobre o método.

Teixeira e Mota (2016) apresentaram uma combinação da metodologia *Peer Instruction* e da estratégia de ensino-aprendizagem Seminário⁴

apoiados pela Engenharia Didática⁵ visando estimular uma aprendizagem mais significativa dos conteúdos inerentes à disciplina de Álgebra Linear para os cursos de Engenharia. Em seu artigo, foram apresentados os métodos avaliativos e a descrição da aplicação da metodologia proposta. No final da experiência, foi administrado o questionário de avaliação *Student Evaluation of Educational Quality*⁶ (SEEQ) como forma de investigar a opinião dos alunos sobre o método.

Segue, a seguir, o resumo dos trabalhos que envolvem a disciplina de Álgebra Linear e as possíveis metodologias empregadas para seu ensino (Quadro 1):

Além das estratégias descritas acima, encontramos em diversas fontes de pesquisas a inclusão de recursos tecnológicos no ensino de Álgebra Linear, tais como GeoGebra (DALMOLIN; BONALDO; MATHIAS, 2012; RICHIT; FARIAS; MISKULIN, 2013), Matlab (NOBRE, 2005; PARMEGIANI, 2011), Octave (TEIXEIRA, 2010), Cabri-Géomètre (KARRER, 2006; FRANÇA, 2007), entre outros. O uso desses recursos

Quadro 1 – Síntese dos trabalhos sobre Álgebra Linear e suas metodologias.

TÍTULO DO TRABALHO	AUTOR/ANO	TIPO	METOD.
Projetos de modelagem matemática e sistemas lineares: contribuições para a formação de professores de Matemática	Rangel (2011)	Dissertação	MM
A Sequência Fedathi no ensino da Álgebra Linear: o caso da noção de base de um espaço vetorial	Fontenele (2013)	Dissertação	SF
Student connections of linear algebra concepts: An analysis of concept maps	Lapp, Nyman e Berry (2010)	Artigo (revista)	AS/MC
Linear algebra snapshots through APOS and embodied, symbolic and formal worlds of mathematical thinking	Stewart e Thomas (2009)	Anais de eventos	AS/MC
An Inquiry-Based linear algebra class	Wang e Posey (2011)	Artigo (revista)	AP
Modified approach to Team-Based Learning in linear algebra courses	Nanes (2014)	Artigo (revista)	ABPE
Peer Instruction in linear algebra	Beites e Nicolás (2013)	Artigo (revista)	PI
Active methodologies for teaching linear algebra in an engineering course	Teixeira e Mota (2016)	Artigo (revista)	PI/ Seminário

Fonte: elaborado pelas autoras.

⁴ A estratégia Seminário trata-se de estudo de um tema a partir de fontes diversas a serem estudadas e sistematizadas pelos participantes, visando construir uma visão geral, como diz a palavra, “fazer germinar” as ideias (ANASTASIOU; ALVES, 2012, p.97).

⁵ A metodologia Engenharia Didática foi desenvolvida por Artigue (1988) em meados da década de 1980 e foi inspirada no trabalho do engenheiro no sentido da concepção, planejamento e execução de um projeto.

⁶ Para mais informações, ver Marsh (1982b).

auxilia os alunos na visualização tridimensional, proporcionando uma aula mais dinâmica, em particular aos alunos da área de Engenharia.

Entretanto, essa integração tecnológica não é suficiente no processo de ensino. Para Vasconcellos (1996), é fundamental a mediação docente, que prepara e dirige as atividades e as ações necessárias e buscadas nas estratégias selecionadas, levando os alunos ao desenvolvimento de processos de mobilização, construção e elaboração da síntese do conhecimento.

Notas finais

Neste artigo, apresentamos oito trabalhos que aplicam metodologias ativas no ensino da disciplina de Álgebra Linear e relatamos como essas estratégias foram abordadas em sala de aula, com o objetivo de fornecer possíveis recursos que possam contribuir na preparação das aulas.

Não existe uma maneira certa para ensinar Álgebra Linear; cada professor sabe como ensinar no sentido de que todos eles têm planos e são detentores do conhecimento. Entretanto, eles precisam entender melhor como os alunos aprendem e quais métodos são apropriados para essa aprendizagem. O desafio consiste em superar a postura convencional do educador, centrada no uso de aulas expositivas e passar a adotar uma nova postura centrada no aluno, em que o professor assume o papel de estimulador, orientador e mediador.

Dessa forma, esperamos que este artigo tenha proporcionado uma reflexão sobre a prática docente e que as referências possam fornecer recursos para um estudo mais aprofundado.

Referências

- ANASTASIOU, L. G. C.; ALVES, L. P. (Orgs.). *Processos de ensinagem na universidade: pressupostos para as estratégias de trabalho em aula*. Joinville: Univille, 2012.
- ARTIGUE, M. *Ingénierie didactique. Recherches en Didactique des Mathématiques*. Grenoble: La Pensée Sauvage-Éditions, v.9.3, p.281-308, 1988.
- AUSUBEL, D. P. *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.
- AUSUBEL, D. P. *The psychology of meaningful verbal learning*. New York: Grune & Stratton, 1963.
- BASSANEZI, R. C. *Ensino-aprendizagem com modelagem matemática: uma nova estratégia*. São Paulo: Contexto, 2002.
- BEITES, P. D.; NICOLÁS, A. P. *Peer Instruction in linear algebra*. Proceedings of ICERI2013 Conference, Seville, Spain, 2013.
- CELESTINO, M. R. *Ensino-aprendizagem da Álgebra Linear: as pesquisas brasileiras na década de 90*. 2000. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – PUC, São Paulo, 2000.
- COIMBRA, J. L. *Alguns aspectos problemáticos relacionados ao ensino-aprendizagem da Álgebra Linear*. 2008. 77f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemáticas) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2008.
- CROWE, M. J. *A history of vector analysis*. New York: Doven, 1993.
- DALMOLIN, D.; BONALDO, L.; MATHIAS, C. V. *Transformações lineares no plano e o software GeoGebra*. III Escola de Inverno de Educação em Matemática. Universidade Federal de Santa Maria. Rio Grande do Sul, 2012.
- DORIER, J. L. et al. The Meta Lever. In: DORIER, J. L. (Ed.). *On the teaching of Linear Algebra*. Grenoble, France: Kluwer Academic Publishers, 2000.
- FONTENELE, F. C. F. *A Sequência Fedathi no ensino da Álgebra Linear: o caso da noção de base de um espaço vetorial* 2013. 94f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.
- FRANÇA, M. V. D. *Conceitos fundamentais de Álgebra Linear: uma abordagem integrando geometria dinâmica*. 2007. 139f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2007.
- KARRER, M. *Articulação entre Álgebra Linear e Geometria: um estudo sobre as transformações lineares na perspectiva dos Registros de Representação Semiótica*. 2006. 434f. Tese (Doutorado em Educação de Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2006.
- LAPP, D. A.; NYMAN, M. A.; BERRY, J. S. Student connections of linear algebra concepts: An analysis of concept maps. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, v.41, n.1, p.1-18, 2010.
- MARSH H. W. SEEQ: A reliable, valid, and useful instrument for collecting students' evaluations of university teaching. *British Journal of Educational Psychology*, v.52 (1), p.77-95, Fev. 1982b.
- MAZUR, E. *Peer Instruction – A user's manual*. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 1997.
- NANES, K. M. *A modified approach to team-based learning in linear algebra courses*. *International*

Journal of Mathematical Education in Science and Technology, 2014.

NOBRE, M. *O uso do software Matlab para o estudo de alguns tópicos de Álgebra Linear*. 2005. 16f. Monografia (Graduação em Matemática) – Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2005.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. *Aprender a aprender*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1984.

PARMEGIANI, R. *Explorando as transformações lineares no plano com o uso do Matlab*. XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. Blumenau/SC, 2011.

RANGEL, W. S. A. *Projetos de modelagem matemática e sistemas lineares: contribuições para a formação de professores de Matemática*. 2011. 139f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2011.

RICHT, A.; FARIAS, M. M. R.; MISKULIN, R. G. S.; CABRAL, L. F. *Articulação entre Álgebra Linear e tecnologias digitais: perspectivas de exploração matemática no software GeoGebra*. VII CIBEM. Montevideo. Uruguay. 2013.

ROGALSKI, M. L'enseignement de l'algebre lineaire en premiere annee de DEUG A. *Gazette Des Mathématiciens*, n.60, avril 1994.

SOUSA, F. E. E. et al. (Org.). *Sequência Fedathi: uma proposta pedagógica para o ensino de Ciências e Matemática*. Fortaleza, CE: Edições UFC, 2013.

STEWART, S.; THOMAS, M. *Linear algebra snapshots through APOS and embodied, symbolic and formal worlds of mathematical thinking*. Proceedings of the 32nd annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia, v.2, Palmerston North, New Zealand: Merga, 2009.

TEIXEIRA, Kátiuscia Costa Barros; MOURA, Joao Cesar Mota. Active Methodologies for Teaching Linear Algebra in an Engineering Course. *Ieee Latin America Transactions*, [s.l.], v.14, n.2, p.837-843, Feb. 2016. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/tla.2016.7437230>.

TEIXEIRA, S. R. *Octave – uma introdução: primeiros contatos com o ambiente de programação numérica Octave*. 2010. XXVI Semana da Matemática. Universidade Estadual de Londrina, Londrina/PR, 2010.

VASCONCELLOS, C. S. *Construção do conhecimento em sala de aula*. Cadernos Pedagógicos do Libertad. São Paulo: Libertad, p.2, 1996.

WANG, H.; POSEY, L. *An Inquiry-Based linear algebra class*. US-China Education Review, p.489-494, 2011.

Kátiuscia Costa Barros Teixeira – Docente do departamento de matemática da University of Central Florida. E-mail: Kátiuscia.teixeira@ucf.edu

Ana Carolina Costa Pereira – Docente do curso de Licenciatura em Matemática da Universidade Estadual do Ceará/UECE e do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará. E-mail: carolina.pereira@uece.br

Francisca Cláudia Fernandes Fontenele – Docente do curso de Licenciatura em Matemática da Universidade Estadual Vale do Acaraú/UVA. E-mail: claudiafontenele05@gmail.com