

Conhecimento especializado para ensinar Cálculo: um panorama da produção do COBENGE 2012-2017**Mathematics Teacher's Specialized Knowledge of Calculus: a landscape of COBENGE production (2012-2017)**

DOI:10.34117/bjdv5n7-010

Recebimento dos originais: 13/05/2019

Aceitação para publicação: 06/06/2019

Jeferson Gomes Moriel Junior

Doutor em Ensino de Ciências e Educação Matemática pela Universidade de Mato Grosso

Instituição: Instituto Federal de Mato Grosso (IFMT, *campus* Cuiabá)

Endereço: Rua das Brisas, 45, Despraiado, Cuiabá – MT, Brasil

Email: jeferson.moriel@cba.ifmt.edu.br

André Pereira de Alencar

Graduando em Engenharia de Controle e Automação pelo Instituto Federal de Mato Grosso

Instituição: Instituto Federal de Mato Grosso (IFMT, *campus* Cuiabá)

Endereço: Rua Zulmira Canavarros, 93, Centro Norte, Cuiabá – MT, Brasil

Email: andre14alencar@gmail.com

RESUMO

O objetivo deste artigo é estabelecer um panorama de conhecimentos especializados que professores podem (ou devem) ter sobre Cálculo Diferencial e Integral, seu ensino e sua aprendizagem a partir das produções do Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia (COBENGE) entre 2012 e 2017. O fundamento teórico é o *Mathematics Teacher's Specialized Knowledge* (MTSK) que caracteriza o conhecimento profissional específico e especializado que possui (ou deve possuir) um professor para ensinar matemática. A metodologia qualitativa inclui análise de conteúdo, leituras sucessivas, comparações sistemáticas e um instrumento de análise MTSK. Os resultados evidenciam um panorama de 147 conhecimentos especializados para ensinar Cálculo a partir de 39 trabalhos, no qual se destacou: (i) forte relação entre MTSK e os artigos temática relativa a aprendizagem discente, (ii) ênfase no ensino com foco no professor, suas propostas, ferramentas e tecnologia, (iii) conhecer o conteúdo matemático é necessário, mas não suficiente para ensinar e fazer aprender Cálculo e (iv) novas pesquisas devem ser feitas para investigar as lacunas identificadas nos artigos em relação alguns subdomínios MTSK.

Palavras-chave: MTSK; Conhecimento especializado de professores de Matemática; COBENGE; Panorama; Cálculo Diferencial e Integral.

ABSTRACT

The aim is to establish a landscape of the specialized knowledge that teachers must (or may have) on Differential and Integral Calculus, their teaching and their learning from the productions of the *Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia* (COBENGE) between 2012 and 2017. The theoretical foundation is the *Mathematics Teacher's Specialized Knowledge* (MTSK) that characterizes the specific and specialized professional knowledge that has (or must possess) a teacher to teach mathematics. The qualitative methodology includes content analysis, successive readings, systematic comparisons and an MTSK analysis tool. The results show a landscape with 147 specialized knowledge to teach Calculus from 39 works, in which it was highlighted: (i) a strong relationship between MTSK and the thematic articles on student learning, (ii) emphasis on teaching with a focus on the teacher, (iii)

know the mathematical content is necessary, but not sufficient to teach and make learn Calculus and (iv) further research should be done to investigate the gaps identified in the articles regarding some MTSK subdomains..

Palavras-chave: MTSK; Mathematics Teacher's Specialized Knowledge; COBENGE; Landscape; Calculus.

1 INTRODUÇÃO

Este artigo aprofunda e avança sobre resultados preliminares apresentados em resumo anteriormente (MORIEL JUNIOR; ALENCAR, 2018). A pesquisa se insere nas atividades do macroprojeto “Conhecimento especializado para ensinar matemática”¹ e faz parte dos nossos esforços junto à *Red Iberoamericana MTSK*² de pesquisadores da Espanha, Portugal, Chile, Brasil, Equador, Peru e México que trabalham com conhecimento especializado de professores de Matemática. Uma das frentes deste projeto é a elaboração de um panorama de conhecimentos especializados para ensinar Cálculo Integral e Diferencial (MORIEL JUNIOR; ALENCAR, 2016; 2017).

A escolha do Cálculo se deu em função do cenário de baixo desempenho que muitos estudantes de cursos de engenharia vem apresentando nos últimos anos (CUNHA et al., 2017; FERLIN; CUNHA, 2003; GOMES, 2012; NASSER, 2015; RUBENICH; SANTOS; MORIEL JUNIOR, 2016; SANTOS; MATOS, 2012; SARAVALI, 2005), ao mesmo tempo em que ele é um dos primeiros e principais componentes curriculares para a formação de um engenheiro. Este cenário não é exclusivo do Brasil e tem motivado no mundo todo a realização de estudos visando superar o chamado *fracasso em Cálculo* (WROBEL; ZEFERINO; CARNEIRO, 2013) que inclui não apenas o baixo rendimento, atrasos na conclusão do curso em virtude de reprovações, mas sobretudo a evasão.

Uma das linhas de investigação na busca de soluções para estes problemas é a melhoria na preparação docente. E partindo da premissa de que todo professor de matemática deve construir um conjunto de conhecimentos específicos e especializados para ensinar Matemática tanto no domínio matemático, quanto pedagógico do conteúdo, nos questionamos sobre qual é o conjunto de conhecimentos que um professor deve ter para superar o cenário de dificuldades e erros discentes e fazer com que os alunos aprendam Cálculo. Assim, o objetivo deste artigo é estabelecer um panorama de conhecimentos especializados que professores devem (ou podem) ter sobre Cálculo Diferencial e Integral, seu ensino e sua aprendizagem a

¹ Registrado no IFMT sob n. 15888204-07/PROPES/IFMT e aprovado no Edital Universal 42/2016/FAPEMAT sob coordenação do primeiro autor deste artigo.

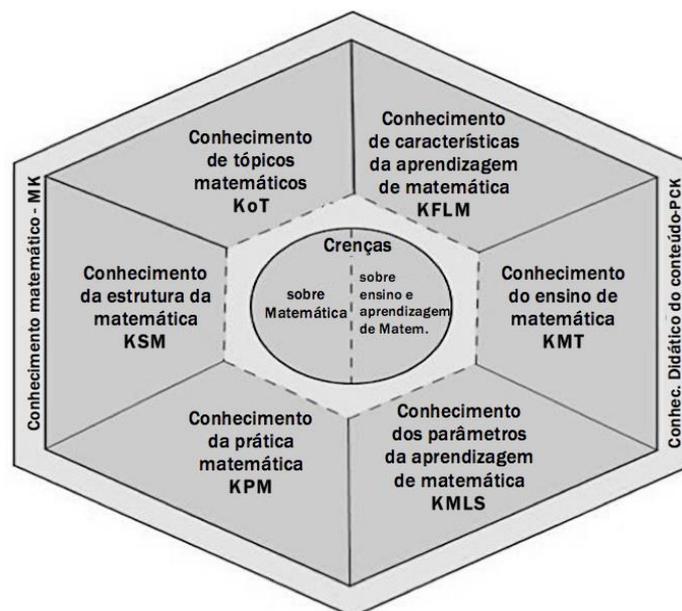
² <http://redmtsk.com>

partir das produções do Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia (COBENGE) entre 2012 e 2017.

2 CONHECIMENTO ESPECIALIZADO DE PROFESSORES DE MATEMÁTICA - MTSK

O fundamento teórico deste trabalho é o *Mathematics Teacher's Specialized Knowledge* (MTSK). Trata-se de um modelo teórico que caracteriza o conhecimento profissional específico e especializado que possui (ou deve possuir) um professor para ensinar matemática (CARRILLO et al., 2014; MORIEL JUNIOR, 2014). Considerando as principais caracterizações, tipologias e modelos feitos por pesquisadores da área e avançando em relação aos limites neles detectados (CARRILLO et al., 2013; CARRILLO; ROJAS; FLORES, 2013; ESCUDERO; FLORES; CARRILLO, 2012; FLORES; ESCUDERO; CARRILLO, 2013; MONTES et al., 2013; MONTES; CONTRERAS; CARRILLO, 2013; MORIEL JUNIOR; CARRILLO, 2014) este modelo foi constituído com dois domínios – Conhecimento matemático (MK) e Conhecimento didático do conteúdo (PCK) –, estando cada um deles dividido em três subdomínios, os quais detalhamos a seguir (Fig. 1, utilizamos as siglas originais da língua inglesa). Tais subdomínios descrevem como compreender o conhecimento específico e especializado de um professor de matemática e servem como categorias de análise em investigações.

Figura 1. Domínios e subdomínios do modelo MTSK



Fonte: Original (CARRILLO et al., 2014) traduzido (MORIEL JUNIOR; WIELEWSKI, 2017)

Apresentamos a seguir os subdomínios e categorias do modelo MTSK, conforme descrito na literatura (CARRILLO et al., 2014; CARRILLO; CONTRERAS, 2017; CARRILLO; CONTRERAS; MONTES, 2015; CARRILLO et al., 2017; CARRILLO-YAÑEZ et al., 2018; MORIEL JUNIOR; WIELEWSKI; CARRILLO, 2017). No domínio do conhecimento matemático (MK) está o subdomínio *conhecimento de tópicos* (KoT) que inclui conteúdos matemáticos a serem ensinados (incluindo uma fundamentação conceitual profunda) e seus diferentes aspectos (incluindo definições, interpretações e propriedades de conceitos, uma ou mais demonstrações de um tópico específico, justificativas para procedimentos algorítmicos, exemplos e contraexemplos, modelos realísticos, situações de aplicação e usos extramatemáticos). O segundo é o *conhecimento da estrutura matemática* (KSM), no qual se incluem conexões entre tópicos (avançados e elementares, prévio e futuros, de diferentes áreas matemáticas, etc., exceto as de fundamentação previstas em KoT) que permitem reconhecer certas estruturas da Matemática, bem como, vê-la como um sistema de elementos integrados (VASCO; MORIEL JUNIOR; CONTRERAS, 2017). O terceiro de seus subdomínios é o *conhecimento da prática matemática* (KPM), englobando maneiras de proceder em Matemática, incluindo modos de criar ou produzir na área (conhecimento sintático), aspectos da comunicação matemática, raciocínio e prova, elementos que estruturam uma demonstração, modos de definir e usar definições, de selecionar representações, de argumentar, de generalizar, explorar e, ainda, de como as relações de KSM são estabelecidas, conhecimento muito útil para avaliar a correção de argumentações e resoluções criadas pelos estudantes.

No domínio do conhecimento didático do conteúdo (PCK) está o subdomínio *conhecimento de características da aprendizagem de Matemática* (KFLM) que inclui como os alunos aprendem os conteúdos matemáticos (modelos e teorias formais ou informais), as características desse processo de compreensão, erros comuns e suas fontes prováveis, dificuldades, obstáculos e a linguagem normalmente usada pelos aprendizes ao lidar com cada conceito (CARRILLO et al., 2014). O segundo subdomínio é o *conhecimento do ensino de matemática* (KMT) que diz respeito a materiais, recursos, modos de apresentar um conteúdo e suas respectivas características (limitações/potencialidades existentes em si mesmos) que permitam ao professor optar por uma estratégia para ensinar determinado conteúdo (incluindo organizar uma série de exemplos ou criar analogias e metáforas). Por exemplo, conhecer a estratégia de ensinar frações utilizando uma figura geométrica (circular ou retangular, por exemplo) ou um modelo (como pizzas ou chocolates) e saber que isto é (mais) adequado para

desenvolver a interpretação parte-todo (MORIEL JUNIOR, 2014). Também inclui o conhecimento (formal ou informal) de elementos teóricos sobre o ensino de Matemática, por exemplo, sobre a resolução de problemas. Por fim, o terceiro subdomínio é o *conhecimento dos parâmetros da aprendizagem de Matemática* (KMLS) que se refere a especificações curriculares envolvendo o que está previsto em cada etapa da educação escolar em termos de conteúdos e competências (conceituais, procedimentais, atitudinais e de raciocínio matemático nos diversos momentos educativos), normas mínimas e as formas de avaliação que possibilitam a progressão de um ano para outro.

3 METODOLOGIA

A pesquisa é uma investigação qualitativa (BOGDAN; BIKLEN, 1991) de cunho analítico-descritiva, cuja obtenção de dados se deu por meio de pesquisa documental para a construção de meta-análise (BICUDO, 2014), envolvendo todos os artigos nos bancos de dados de anais do COBENGE, do ano de 2012 até 2017 que relacionam Cálculo, seu ensino e aprendizagem. O critério de inclusão no *corpus* do nosso estudo foi a existência de conhecimento especializado de professores de Matemática e aqueles que não apresentassem nem indício nem evidência de MTSK era retirado do *corpus* (ESCUDERO et al., 2015; MORIEL JUNIOR; CARRILLO, 2014). Identificamos conhecimentos MTSK em 39 artigos dentre os 93 publicados no COBENGE entre 2012 e 2017, distribuídos irregularmente ao longo dos anos (cf. Tabela 1).

Tabela 1. Distribuição de artigos com MTSK por ano do COBENGE de 2012 a 2017

Ano	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Total
Quantidade de artigos	8	13	5	1	5	7	39

Fonte: Dados organizados pelo autor.

Para tal seleção, os artigos foram analisados por meio da técnica da análise de conteúdo (KRIPPENDORFF, 1990) a partir de leituras sucessivas e comparações sistemáticas entre as unidades de análise e as definições e categorias do modelo teórico MTSK (cf. seção anterior). Os dados foram organizados considerando os trechos dos artigos, domínio, subdomínio e categoria MTSK ao qual o conhecimento se refere por meio do instrumento de análise apresentado no Quadro 1. Em seguida, os artigos foram classificados segundo a temática principal que eles abordavam, considerando classificações anteriores (GOMES, 2012; WROBEL; ZEFERINO; CARNEIRO, 2013).

Quadro 1. Instrumento de Análise MTSK

TRECHO DO ARTIGO Manifestação	ANÁLISE DO PESQUISADOR		
	Conhecimento...	associado a...	que consiste em...
Trecho do episódio (Artigo, ano, linha ou página)	[subdomínio]	[categoria]	[Síntese do conhecimento]
<i>[Exemplo]</i> A implementação do material realizada em flash dificulta o processo de gravação das produções dos alunos o que levou o grupo de professores a criar, em documento do Word, denominado Caderno de Exercícios, acessado pelo aluno a partir de links. Com design atraente o Caderno contém desafios, problemas a serem resolvidos, gráficos a serem construídos no Winplot e reproduzidos no Caderno, além de locais nos quais o aluno é incentivado a explicar e justificar determinadas questões. (KESSLER, 2009, p. 7)	do ensino de matemática (KMT)	ferramenta didática	um material digital no formato de hipertexto contendo uma sequência de situações-problema, desafios e informações associados ao conceito de derivada e um 'Caderno de exercícios', nos quais os alunos são levados a interagir e exercitar a explicação/justificação

Fonte: Moriel Junior (2018)

4 RESULTADOS

As categorias emergentes do *corpus* deste estudo relacionadas às *temáticas* do artigos do COBENGE 2012 a 2017 sobre Cálculo, seu ensino e aprendizagem são:

- Análise de efetividade de proposta metodológica (dez artigos: 2, 6, 12, 21, 26, 27, 29, 35, 36 e 37)
- Estratégia de ensino ou proposta metodológica (nove artigos: 1, 5, 8, 19, 24, 25, 34, 38 e 39)
- Conhecimento discente, análise de dificuldades/erros de aprendizagem, causas de reprovação (cinco artigos: 4, 7, 10, 17 e 33)
- Recursos e materiais didáticos para Cálculo (cinco artigos: 3, 13, 16, 22 e 31)
- Contextualização dos conteúdos (quatro artigos: 11, 15, 20 e 28)
- Nivelamento para recuperar deficiências do ensino médio (três artigos: 18, 30 e 32)
- Propostas metodológicas diferenciadas para lidar com reprovação em Cálculo (dois artigos: 14 e 23)
- Importância do Cálculo para a formação e profissão em Engenharia (um artigo: 9)

Analisando a distribuição de artigos por temática abordada, os resultados indicam uma intenção *explícita* da maioria dos artigos (61%) em apresentar estratégias ou analisar a efetividade de propostas para melhorar o ensino e o baixo rendimento discente nas disciplinas de Cálculo. Tal preocupação está associada com o cenário de combate ao elevado nível de

dificuldade e retenção de discentes na disciplina (CUNHA et al., 2017; FERLIN; CUNHA, 2003; GOMES, 2012; NASSER, 2015; RUBENICH; SANTOS; MORIEL JUNIOR, 2016; SANTOS; MATOS, 2012; SARAVALI, 2005). Outra parte significativa do *corpus* (21%), focaliza no aluno e suas dificuldades associadas a uma formação básica inadequada. Isto se justifica uma vez que nos últimos 20 anos apenas 13% dos alunos terminaram o ensino fundamental dominando conceitos úteis ao trabalho com expressões algébricas (como operações com frações) e no ensino médio este número cai para 10% (INEP, 2014; 2016; 2017). De modo geral, os resultados estão em consonância com preocupações sobre o ensino e aprendizagem de Cálculo identificadas na literatura, dentre as quais destacamos: 1. melhoria da qualidade de ensino de matemática nos cursos de engenharia; 2. despertar a motivação dos alunos e docentes em disciplinas de matemática; 3. identificar causas do insucesso nas disciplinas de matemática; 4. implementação de mudanças metodológicas; 5. utilização de aplicativos computacionais como ferramentas para ensinar e aplicar matemática (NEHIRING; PIVA; KINALSKI, 2007).

A análise de conhecimentos especializados (MTSK) evidencia um predomínio de conhecimentos pedagógicos do conteúdo (71%) em relação ao conhecimento de matemática (29%), conforme Tabela 2. Isto sugere certo nível de ruptura com o paradigma da racionalidade técnica em que se valoriza mais a teoria do que a prática, mais o conteúdo do que a formação didática (DUARTE, 2003). Percebe-se assim a manifestação de diversas conexões entre conhecimentos de subdomínios relacionados do lado esquerdo do modelo MTSK referente ao conhecimento matemática e do lado direito referente ao conhecimento pedagógico do conteúdo (CARRILLO et al., 2014; CARRILLO; CONTRERAS, 2017; CARRILLO; CONTRERAS; MONTES, 2015; CARRILLO et al., 2017; CARRILLO-YAÑEZ et al., 2018; MORIEL JUNIOR; WIELEWSKI; CARRILLO, 2017). A identificação de 147 evidências de conhecimento MTSK, conforme distribuição apresentada artigo a artigo na Tabela 2, sugere um importante alinhamento das produções do COBENGE de 2012 a 2017 ao movimento de profissionalização e especialização docente na educação matemática (MORIEL JUNIOR; WIELEWSKI, 2017; SCHEINER et al., 2017).

Tabela 2. Conhecimentos especializados identificados nos artigos do COBENGE de 2012 a 2017 por subdomínios MTSK

Título (Ano)	Conhecimento matemático			Conhecimento didático do conteúdo		
	KoT	KSM	KPM	KFLM	KMT	KMLS

1. Alunos ingressantes nas Engenharias e a aprendizagem básica em Matemática (2012)	2	1	-	-	2	-
2. Avaliação da contribuição de um projeto de ensino no desempenho do aprendizado em Cálculo I (2012)	1	-	-	-	2	-
3. Cálculo IV para colorir (2012)	2	-	-	-	1	-
4. Categorização e análise de erros Cálculo Diferencial e Integral (2012)	2	-	-	5	-	-
5. Comunidades virtuais: novas práticas na busca da melhoria da aprendizagem do Cálculo Diferencial (2012)	2	-	-	1	3	-
6. Estratégias pedagógicas vivenciadas em cursos de engenharia para o ensino do Cálculo – uma contribuição para a melhoria das relações de ensino e aprendizagem (2012)	-	-	-	-	4	-
7. Identificação dos fatores que causam o baixo desempenho em Cálculo I no curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Pará (2012)	-	-	-	2	2	-
8. Modelagem tecnomatemática em cursos de Engenharia: possibilidades para o rompimento da encapsulação das disciplinas de Cálculo (2012)	2	-	-	1	1	-
9. A Matemática na visão dos engenheiros mecânicos e de controle e automação (2013)	1	-	-	-	1	1
10. A retenção no componente curricular de Cálculo I do curso de Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Pernambuco – campus Caruaru (2013)	-	-	-	1	2	-
11. Articulação entre a teoria Matemática e a teoria de sinais para motivar alunos do ensino técnico a ingressarem na Engenharia (2013)	2	-	1	-	2	-
12. Avaliação do impacto do cálculo zero no desempenho de alunos ingressantes de cursos de Engenharia (2013)	-	-	-	1	1	-
13. Desenvolvimento de uma ferramenta de ensino da equação de Laplace usando uma nova abordagem do método dos elementos finitos (2013)	-	-	-	-	1	-
14. Em busca da diminuição dos índices de repetência no Cálculo Diferencial: a experiência da Unisinos (2013)	1	-	-	2	3	-
15. Equações diferenciais e a calibração de blocos padrão em um laboratório de metrologia (2013)	2	-	-	-	3	-
16. Estudo e elaboração de material didático sobre frações parciais aplicadas a sistemas analógicos e digitais (2013)	1	-	-	-	1	-
17. Habilidades, conceitos matemáticos e dificuldades dos estudantes do I período de engenharia da Univasf (2013)	1	-	-	4	-	-
18. Influência do curso “Cálculo Zero” na ambientação dos recém-ingressos no curso de Engenharia Civil na Universidade Federal do Pará (2013)	-	-	-	1	1	-
19. Programa de apoio à aprendizagem de Matemática para alunos dos cursos de engenharia do Unifeb (2013)	1	-	-	-	2	-
20. Um pé de milho: onde o Cálculo e a ecologia se encontram (2013)	1	-	-	-	2	-
21. A implementação de experimentos de física para auxiliar na compreensão de noções básicas de Cálculo (2014)	1	-	-	1	1	-
22. Monitoramento do curso de “cálculo zero” ministrado aos recém-ingressos na faculdade Engenharia Civil na Universidade Federal do Pará (2014)	-	-	-	1	1	-
23. O ensino do Cálculo na Engenharia Civil com o auxílio da história da matemática e o software geogebra: o caso da derivação implícita (2014)	4	-	-	--	2	-
24. Reprovação na disciplina Cálculo nos cursos de Engenharia: análise de dados e métodos minimizadores (2014)	-	-	-	4	2	-
25. Visualização de funções Matemáticas em tempo real: uma abordagem de apoio ao ensino de Matemática aos alunos ingressantes em Engenharia (2014)	1	-	-	-	3	-
26. A construção de mapas conceituais: uma metodologia ativa de aprendizagem para o Cálculo Diferencial e Integral no curso de Engenharia (2015)	-	-	-	-	2	-

27. Análise das dificuldades apresentadas por discentes, das Engenharias, na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral I (2016)	-	-	-	3	3	-
28. Avaliação de uma sequência didática para amenizar dificuldades em Cálculo (2016)	1	-	-	1	1	-
29. Cálculo Diferencial e Integral aplicado à eletrostática	2	-	-	1	-	-
30. Metodologia ativa em engenharias, um estudo de caso em Cálculo Zero (2016)	1	-	-	1	5	-
31. Proposição de um curso de Matemática básica e seu impacto na primeira avaliação de Cálculo Integral e Diferencial I (2016)	2	-	-	1	1	-
32. Uso de aplicativos celulares como ferramenta de estudo para cálculo na Engenharia Civil (2016)	1	-	-	-	1	-
33. Análise da importância do curso de Matemática Básica para o desempenho dos alunos ingressantes na universidade: estudo de caso da planilha de monitoramento acadêmico (2017)	-	-	-	1	2	-
34. Dificuldades discentes em Cálculo Integral e Diferencial: análise da monitoria de Cálculo em Engenharias (2017)	-	-	-	-	1	-
35. Laboratório de Cálculo: gamificação das disciplinas de exatas (2017)	-	-	-	-	1	-
36. Metodologia ativa no ensino de Engenharia: uma experiência continuada com alunos e professores do laboratório de Cálculo (2017)	-	-	-	-	1	-
37. Monitoria virtual como suporte para aulas presenciais de cursos de Engenharia (2017)	-	-	-	-	3	-
38. Pré-Cálculo: uma ferramenta para nível conhecimentos Matemáticos no curso de Engenharia (2017)	1	-	-	-	3	-
39. Processo de ensino e aprendizagem em Engenharia: uma proposta para a estruturação do ensino de Física e Cálculo no curso de Engenharia Civil da Uniarp (2017)	1	-	-	-	1	1
Total por subdomínio	40	1	1	33	70	2
Total Por domínio		42			105	
Total geral				147		

Fonte: Dados organizados pelo autor.

Analisando a relação entre a *temática* do artigo e os conhecimentos *MTSK* identificados no *corpus* (cf. Tabela 3), foi possível obter informação sobre cinco aspectos deste panorama de conhecimentos especializados (CARRILLO et al., 2014; CARRILLO; CONTRERAS, 2017; CARRILLO; CONTRERAS; MONTES, 2015; CARRILLO et al., 2017; CARRILLO-YAÑEZ et al., 2018; MORIEL JUNIOR; ALENCAR, 2016; 2017; MORIEL JUNIOR; WIELEWSKI; CARRILLO, 2017). O primeiro é que ficou evidente (cf. observação 1, Quadro 2) uma forte relação entre as evidências de *conhecimento das características de aprendizagem de matemática (subdomínio KFLM)* e a categoria temática *conhecimento discente, análise de dificuldades/erros de aprendizagem, causas de reprovação*. Isto reforça os achados anteriores sobre a necessidade de considerar os aspectos cognitivos dos alunos para superar insucesso discente. Também valida o MTSK como potente modelo teórico e ferramenta metodológica. O segundo (cf. observação 2, Quadro 2) é que o foco maior das produções do *corpus* foi no ensino de Cálculo (subdomínio KMT), com centralidade no

professor, suas propostas de prática, estratégias, ferramentas didáticas, materiais e recursos tecnológicos para ensinar.

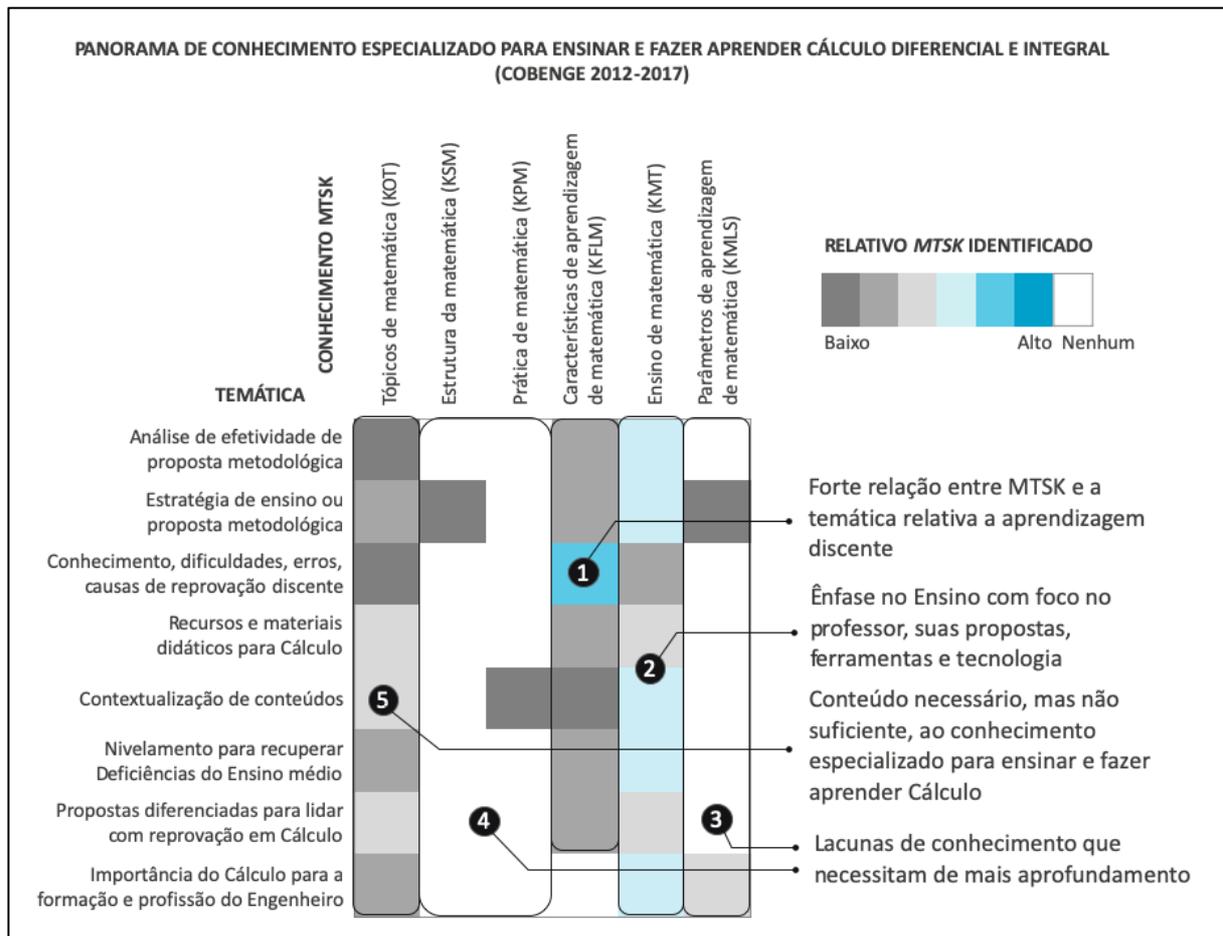
O terceiro e o quarto dizem respeito a uma lacuna de conhecimento (cf. observação 3 e 4, Quadro 2) que necessitamos aprofundar para compreender o que levou a não identificação deste evidências em subdomínios referentes a: (i) estrutura da matemática (KSM) em que se situam as conexões entre os tópicos matemáticos; (ii) prática matemática (KPM) em que se situam os modos de proceder na criação e desenvolvimento da matemática; (iii) parâmetros de aprendizagem da matemática (KMLS) em que se situam as normas, sequenciação de conteúdo, padrões mínimos de evolução no sistema educativo (CARRILLO et al., 2017; CARRILLO-YAÑEZ et al., 2018). O quinto (cf. observação 5, Quadro 2) está diretamente associado ao conhecimento de tópicos matemáticos (subdomínio KoT), cujos dados reforçam que o conteúdo matemático é necessário e está presente em todas as temáticas, mas não é por si só suficiente ao professor que necessita ter conhecimento especializado para ensinar e fazer aprender Cálculo (SHULMAN, 1986).

Tabela 3. Comparação entre Temática dos artigos e conhecimentos especializados identificados nos artigos do COBENGE de 2012 a 2017, por domínios e subdomínios MTSK

Temática do artigo (qtde. de artigos)	Conhecimento matemático			Conhecimento pedagógico do conteúdo			Total
	KoT	KSM	KPM	KFLM	KMT	KMLS	
Análise de efetividade de proposta metodológica (10)	4	-	-	6	17	-	27
Estratégia de ensino ou proposta metodológica (9)	10	1	-	6	18	1	36
Conhecimento discente, análise de dificuldades/erros de aprendizagem, causas de reprovação (5)	3	-	-	13	6	-	22
Recursos e materiais didáticos para Cálculo (5)	5	-	-	2	5	-	12
Contextualização dos conteúdos (4)	6	-	1	1	8	-	16
Nivelamento para recuperar deficiências do ensino médio (3)	2	-	-	2	7	-	11
Propostas metodológicas diferenciadas para lidar com reprovação em Cálculo (2)	5	-	-	2	5	-	12
Importância do Cálculo para a formação e profissão em Engenharia (1)	1	-	-	-	1	1	3
Total por subdomínio	40	1	1	33	70	2	147
Total por domínio		42			105		

Fonte: Dados organizados pelo autor.

Quadro 2. Relações entre as categorias emergentes de *temáticas* e subdomínios do *MTSK*, identificados nos artigos do COBENGE de 2012 a 2017 por subdomínios *MTSK*.



Fonte: Dados organizados pelo autor.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo nós estabelecemos um panorama de conhecimentos especializados que professores devem (ou podem) ter sobre Cálculo Diferencial e Integral, seu ensino e sua aprendizagem a partir das produções do Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia (COBENGE) entre 2012 e 2017.

Avançamos no sentido de compreender as principais temáticas presentes no *corpus* analisado, identificar mais de uma centena de conhecimentos MTSK associados ao assunto e a prevalência de domínios e subdomínios de conhecimento didático do conteúdo em relação ao matemático. Identificamos ainda aspectos importantes a partir da relação entre tais temáticas e tais conhecimentos MTSK que mostram: (i) forte relação entre MTSK e os artigos temática relativa a aprendizagem discente que reforça a validade do modelo teórico como ferramenta de pesquisa adequada para compreensão e descrição do conhecimento docente; (ii)

a ênfase no ensino com foco no professor, suas propostas, ferramentas e tecnologia, (iii) conhecer o conteúdo matemático é necessário, mas não suficiente para ensinar e fazer aprender Cálculo.

Estes resultados trazem novos elementos para a compreensão do problema: qual é o conjunto de conhecimentos que um professor deve ter para superar o cenário de dificuldades e erros discentes e fazer com que os alunos aprendam Cálculo? No que diz respeito à produção do COBENGE entre 2012 e 2017, este é o estudo que inventaria os elementos dos distintos subdomínios do conhecimento especializado MTSK com os respectivos artigos nos quais podem ser encontrados.

É importante destacar que nesse estudo publicamos pela primeira vez nosso *instrumento de análise MTSK* (Quadro 1) desenvolvido internamente, testado e validade em dissertações de mestrado desenvolvidas pelos integrantes do grupo de pesquisa GIMC – IFMT no Programa de Mestrado em Ensino, associação ampla Universidade de Cuiabá e IFMT.

Considerando as contribuições metodológicas trazidas por meio deste trabalho parece razoável acreditar que este artigo pode ser de interesse de outros pesquisadores interessados em realizar investigações sobre conhecimento especializado de professores de Matemática, mas também nas demais áreas da Ciência (LIMA, 2018; SOARES, 2018; MARQUES; MORIEL JUNIOR, 2019).

Estes resultados podem ter aplicações práticas na (re)estruturação de cursos de engenharia, de disciplinas de Cálculo na medida em que apresentamos um rol de conhecimentos especializados tanto de conteúdo, quanto didático, nos respectivos artigos que qualquer professor, futuro professor e formadores de professores podem acessar para autoavaliar e autodesenvolver sua próprio conhecimento, bem como, utilizá-los na preparação docente.

Uma limitação deste trabalho é que não foi possível apresentar o panorama geral e também detalhar toda a grande quantidade de conhecimentos identificados (147 itens). Isto nos leva a escrever outros artigos visando disseminar com mais detalhes o conteúdo específico que aqui não foi possível. Além disso, novas pesquisas devem ser feitas para investigar as lacunas inesperadas de conhecimento da estrutura da matemática (KSM), da prática matemática (KPM) e dos parâmetros de aprendizagem de matemática (KMLS) encontradas nos artigos.

Outros trabalhos são necessários para elaborar um panorama com maior amplitude temporal em que se agrupe e detalhe os conhecimentos especializados para ensinar e fazer

aprender Cálculo publicados no COBENGE de 2007 até a presente data. Além disso, são necessários avançar em análises MTSK de relatos de experiência bem sucedidos e inovadores.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é resultado de pesquisas com fomento do IFMT (Editais 08/2016/CBA/IFMT, 36/2017/PROPE/IFMT e 49/2017/PROPE/IFMT) e da FAPEMAT (Edital Universal 42/2016).

REFERÊNCIAS

BICUDO, M. A. V. Meta-análise: seu significado para a pesquisa qualitativa. **Revemat: revista eletrônica de educação matemática**, v. 9, p. 7-20, 2014. ISSN 1981-1322.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto: Porto Editora, 1991.

CARRILLO, J.; CLIMENT, N.; CONTRERAS, L. C.; MONTES, M. Á.; ESCUDERO, D.; MEDRANO, E. F. **Un marco teórico para el Conocimiento especializado del Profesor de Matemáticas**. Huelva: Universidad de Huelva Publicaciones, 2014. 93 p. ISBN 978-84-16061-48-8.

CARRILLO, J.; CLIMENT, N.; CONTRERAS, L. C.; MUÑOZ-CATALÁN, M. C. Determining Specialised Knowledge For Mathematics Teaching. In: UBUZ, B.; HASER, C., et al (Ed.). **VIII Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME 8)**. Antalya, Turkey: Middle East Technical University, Ankara, 2013. p. 2985-2994.

CARRILLO, J.; CONTRERAS, L. C. **Avances, utilidades y retos del modelo MTSK (Actas de las III Jornadas del SIDM)**. Huelva: UHU, 2017. 106 p. ISBN 9788409021758.

CARRILLO, J.; CONTRERAS, L. C.; MONTES, M. Á. **Reflexionando sobre es conocimiento del profesor (Actas de las II Jornadas del SIDM)**. Huelva: UHU, 2015. 106 p. ISBN 978846089815.

CARRILLO, J.; MONTES, M. A.; CONTRERAS, L. C.; CLIMENT, N. Les connaissances du professeur dans une perspective basée sur leur spécialisation: MTSK. **ANNALES de DIDACTIQUE et de SCIENCES COGNITIVES**, v. 22, p. 185 - 205, 2017. Disponível em: < <https://goo.gl/Ly1ekK> >.

CARRILLO, J.; ROJAS, N.; FLORES, P. Caracterización del conocimiento matemático para la enseñanza de los números racionales. **Avances de Investigación en Educación Matemática**, v. 1, n. 4, p. 47-64, 2013. ISSN 2254-4313. Disponível em: < <http://www.aiem.es/index.php/aiem/article/viewFile/74/28> >.

CARRILLO-YAÑEZ, J.; CLIMENT, N.; MONTES, M.; CONTRERAS, L. C.; FLORES-MEDRANO, E.; ESCUDERO-ÁVILA, D.; VASCO, D.; ROJAS, N.; FLORES, P.; AGUILAR-GONZÁLEZ, Á.; RIBEIRO, M.; MUÑOZ-CATALÁN, M. C. The mathematics teacher's specialised knowledge (MTSK) model. **Research in Mathematics Education**, p. 1-18, 2018. ISSN 1479-4802. Disponível em: < <https://doi.org/10.1080/14794802.2018.1479981> >.

CUNHA, V. L.; RUBENICH, A. E.; SANTOS, A. H.; MORIEL JUNIOR, J. G. Dificuldades discentes em Cálculo diferencial e integral: análise da monitoria para engenharias (EM AVALIAÇÃO). In: COBENGE, 2017, Joinvile. **Anais...** Joinvile, 2017. p. 1-10.

DUARTE, N. Conhecimento tácito e conhecimento escolar na formação do professor (por que Donald Schön não entendeu Luria). **Educação & Sociedade**, v. 24, n. 83, p. 601-625, 2003.

ESCUADERO, D. I.; FLORES, E.; CARRILLO, J. El Conocimiento Especializado del Profesor de Matemáticas. In: XV Escuela de Invierno en Matemática Educativa, 15., 2012, México. **Anais...** Mexico, 2012. p. 35-42. Disponível em: < http://www.researchgate.net/publication/235932712_EL_CONOCIMIENTO_ESPECIALIZADO_DEL_PROFESOR_DE_MATEMATICAS/file/60b7d5146f8483ba10.pdf >.

ESCUADERO, D. I.; MORIEL JUNIOR, J. G.; FLORES, E.; ROJAS, N.; GONZALEZ, A. A.; CATALAN, M. C. M.; FLORES, P. Aportaciones metodológicas de investigaciones con MTSK. In: II Jornadas de Investigación en Didáctica de las Matemáticas, 2., 2015, Huelva. **Anais...** Huelva, 2015. p. 1-7.

FERLIN, E. P.; CUNHA, J. C. A análise da segunda avaliação integradora do curso de engenharia da computação. In: Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia-COBENGE, 31., Rio de Janeiro, 2003. p. Acesso em: 2015-08-26.

FLORES, E.; ESCUDERO, D. I.; CARRILLO, J. A theoretical review of specialised content Knowledge. In: UBUZ, B.;HASER, C., et al (Ed.). **VIII Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME 8)**. Antalya, Turkey: Middle East Technical University, Ankara, 2013. p. 3055-3064.

GOMES, E. Ensino e Aprendizagem do Cálculo na Engenharia: um mapeamento das publicações nos COBENGEs. In: Encontro Brasileiro de Estudantes de Pós-graduação em Educação Matemática, 16., Canoas, 2012. p.

INEP. **Banco de dados do SAEB de 2011**. Brasília: MEC, 2014. Disponível em: < http://download.inep.gov.br/educacao_basica/prova_brasil_saeb/resultados/2012/Saeb_2011_primeiros_resultados_site_Inep.pdf >. Acesso em: 16 ago 2014.

_____. **ENADE 2014: Relatório de área da Matemática**. Brasília: Ministério da Educação, p. 579, 2016. Disponível em: < http://download.inep.gov.br/educacao_superior/enade/relatorio_sintese/2014/2014_rel_matematica.pdf >.

_____. **Censo da Educação Básica 2016: notas estatísticas**. Brasília: MEC, p. 29, 2017. Disponível em: <

http://download.inep.gov.br/educacao_basica/censo_escolar/notas_estatisticas/2017/notas_estatisticas_censo_escolar_da_educacao_basica_2016.pdf >.

KRIPPENDORFF, K. **Metodología del análisis de contenido**. Barcelona: Paidós Ibérica, 1990. 279 p.

LIMA, S. S. **Conhecimento Especializado de Professores de Física**: Proposta de Modelo. Dissertação (Mestrado em Ensino), PPGEn, Instituto Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2018.

MARQUES, M. **Conhecimento especializado de professores de biologia**: uma análise de pap-ers sobre embriologia humana. In: CIMTSK, 2019, Espanha: Huelva. **Anais...** Huelva, 2019. p. 1-8. *No prelo*.

MONTES, M. A.; AGUILAR, A.; CARRILLO, J.; MUÑOZ-CATALÁN, M. C. MTSK: from common and horizon knowledge to knowledge of topics and structures. In: UBUZ, B.; HASER, C., et al (Ed.). **VIII Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME 8)**. Antalya, Turkey: Middle East Technical University, Ankara, 2013. p. 3185-3194.

MONTES, M. A.; CONTRERAS, L. C.; CARRILLO, J. Conocimiento del profesor de matemáticas: Enfoques del MKT y del MTSK. In: BERCIANO, A.; GUTIÉRREZ, G., et al (Ed.). **Investigación en Educación Matemática XVII** Bilbao, Espanha: SEIEM, 2013. p. 403-410.

MORIEL JUNIOR, J. G. **Conhecimento especializado para ensinar divisão de frações**. 2014. 162 p. Tese (Doutorado em Educação em Ciências e Matemática). PPGCEM/REAMEC, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

_____. Instrumento de análise MTSK (documento interno). Cuiabá, 2018. 1 p. Não publicado.

MORIEL JUNIOR, J. G.; ALENCAR, A. P. Panorama de conhecimento especializado para ensinar Cálculo. **Revista da Semana Tecnológica**, v. 1, n. 1, p. 81-90, 2016.

_____. Conhecimentos especializados para ensinar Cálculo em Engenharias: uma análise de artigos do COBENGE 2007-2011. In: COBENGE, 2017, Joinvile. **Anais...** Joinvile, 2017. p. 1-10.

MORIEL JUNIOR, J. G.; ALENCAR, A. P. Panorama quantitativo do COBENGE 2012-2017 sobre conhecimento especializado para ensinar Cálculo. In: WorkIF, 5., 2018, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá, 2018. p. 11.

MORIEL JUNIOR, J. G.; CARRILLO, J. Explorando indícios de conhecimento especializado para ensinar matemática com o modelo MTSK. In: Seminário de Investigación en Educación Matemática XVIII, 18., 2014, Salamanca, Espanha. **Anais...** Salamanca, Espanha, 2014. p. 1-10.

MORIEL JUNIOR, J. G.; WIELEWSKI, G. D. Base de conhecimento de professores de matemática: do genérico ao especializado. **Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas**, v. 18, n. 2, p. 126-133, 2017.

MORIEL JUNIOR, J. G.; WIELEWSKI, G. D.; CARRILLO, J. MTSK da divisão de frações: a construção de um panorama de conhecimentos especializados. In: CARRILLO YÁÑEZ, J. (Ed.). **MTSK**. Brasil: 2017. p. 21.

NASSER, L. Aprendizagem de cálculo: Dificuldades e sugestões para a superação. In: CIAEM-IACME, 14., México, 2015. p. Acesso em: 2016-04-01 14:38:34.

NEHIRING, C. M., PIVA, C., KINALSKI, N. Uma análise das produções nos Cobenges – debate na área de Matemática. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 35, 2007, Curitiba. **Anais...** Unicep, 2007.

RUBENICH, A. E.; SANTOS, A. H.; MORIEL JUNIOR, J. G. Dificuldades em Cálculo apresentadas por alunos da Engenharia de Controle e Automação. In: IV Workif, 4, 2016, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá, 2016. p. 631-633.

SANTOS, S. P. D.; MATOS, M. G. D. O. O ensino de Cálculo I no curso de licenciatura em matemática: obstáculos na aprendizagem. **Eventos Pedagógicos**, v. 3, p. 458–473, 2012 2012. Acesso em: 2016-04-01 14:21:13.

SARAVALI, E. G. Dificuldades de aprendizagem no ensino superior: reflexões a partir da perspectiva piagetiana. **Educação Temática Digital**, v. 6, p. 99, 2005 2005. Acesso em: 2016-04-01 14:21:55.

SCHEINER, T.; MONTES, M. A.; GODINO, J. D.; CARRILLO, J.; PINO-FAN, L. R. What Makes Mathematics Teacher Knowledge Specialized? Offering Alternative Views. **International Journal of Science and Mathematics Education**, p. 1-20, 2017. ISSN 1571-0068.

SHULMAN, L. S. Those who understand: Knowledge growth in teaching. **Educational researcher**, v. 15, n. 2, p. 4-14, 1986. ISSN 0013-189X. Disponível em: <http://www.itp.wceruw.org/documents/Shulman_1986.pdf>.

SOARES, S. T. C. **Conhecimento Especializado de Professores de Química**: Proposta de Modelo com detalhamento do Conhecimento dos Tópicos. Dissertação (Mestrado em Ensino), PPGEn, Instituto Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2018.

VASCO, D.; MORIEL JUNIOR, J. G.; CONTRERAS, L. C. Subdomínios KoT y KSM del Mathematics Teacher's Specialised Knowledge (MTSK): definición, categorías y ejemplos. In: III Jornadas de Investigación en Didáctica de las Matemáticas, 3., 2017, Huelva. **Anais...** Huelva, 2017. p. 29-37.

WROBEL, J. S.; ZEFERINO, M. V. C.; CARNEIRO, T. C. J. Um mapa do ensino de Cálculo nos últimos 10 anos do COBENGE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 41., Gramado, 2013. p. Acesso em: 2016-01-04.