http://dx.doi.org/10.5007/1981-1322.2013v8nespp175

Um estudo sobre a noção de esquemas no âmbito da Teoria dos Campos Conceituais[1]

An study about the notion of schemas under the Conceptual Fields Theory

Gerson Pastre Oliveira
gpastre@pucsp.br

Mariana Dias Gonçalves
marianadiasgoncalves@gmail.com

Resumo

Este trabalho tem por finalidade descrever os resultados de uma pesquisa que representa uma das iniciativas de um projeto que pretendeu levantar as possibilidades abertas aos professores de Matemática quando empregam estratégias pedagógicas com base em teorias enunciadas pela chamada "didática francesa", em especial, neste caso, tendo por referencial a teoria dos campos conceituais. Trata-se de uma investigação que teve como participantes alunos do Ensino Fundamental II cuja tarefa consistia em resolver duas atividades de trigonometria. O artigo traz as análises, realizadas por meio de metodologia qualitativa, com descrição dos esquemas mobilizados pelos estudantes envolvidos, bem como os elementos teóricos fundamentais para a compreensão e embasamento da iniciativa.

Palavras-chave: Teoria dos Campos Conceituais. Estratégias pedagógicas. Ensino de trigonometria.

Abstract

This work describes the results from a research that represents one of the investigations belonging to a project that intends to arise the possibilities opened to mathematics teachers when they use pedagogical strategies based on theories linked to the called "french didatics", specially, in this case, having as theoretical reference the Conceptual Fields Theory. The article presented here is an investigation that had as participants five students of primary school while they attempted to resolve two trigonometry activities. The work brings the analysis done by qualitative methodology, with a description of the schemas mobilized by involved students, as well as the more important theoretical elements in order to allow comprehension and foundations of this initiative.

Keywords: Conceptual Fields Theory. Pedagogical strategies. Trigonometry teaching.

[1] Apoio: CAPES (Bolsa Mestrado) – CNPq (Processo no. 401390/2010-1)

Introdução

No processo de ensino de Matemática, um desafio considerável para o professor consiste em compreender como o estudante pensa ao resolver os problemas que lhe são propostos. Isto nem sempre é possível quando se consideram apenas os resultados finais obtidos, que podem ser expressos erroneamente, ou quando a atividade proposta não possui elementos adequados para fazer com que o aprendiz crie expressões de natureza variada (algébricas, figurais, gráficas, numéricas, linguísticas, etc), de maneira a permitir uma avaliação mais ampla de sua trajetória, de suas estratégias, dos modos pelos quais compreende (ou não) determinados temas. A compreensão do processo pode conduzir ao entendimento de eventuais erros e/ou obstáculos epistemológicos envolvidos na construção do conhecimento.

No âmbito da didática da Matemática, Brousseau (1983) emprega a ideia de obstáculo epistemológico ao indicar que tal noção não representa incompetência ou falta de conhecimento, mas caracteriza um saber mal adaptado a um contexto novo. Trata-se de um conhecimento que, originalmente, tinha sua validade, mas que é ineficaz, falso, gerador de erros fora de seu contexto original. De forma distinta dos obstáculos de caráter ontogênico ou didático, o de natureza epistemológica leva em consideração fatores relativos ao desenvolvimento histórico da Matemática, bem como os modelos espontâneos apresentados pelos alunos, o que permitiria encaminhar situações didáticas passíveis de auxiliar na superação dos mesmos.

Já o erro, para Almouloud (2007), em uma concepção construtivista, é fundamental na aprendizagem. Há situações, inclusive, em que o mesmo é necessário, pois revela um saber em constituição. O autor menciona que pesquisas nesse sentido indicam que o erro respalda-se na noção de obstáculos, desenvolvida por Bachelard (2003) e na teoria de equilibração de Piaget.

Em relação à aprendizagem pretendida, e considerando o uso reconstrutivo do erro (Perrenoud, 2000, p. 30), aprender não é somente memorizar, absorver informações, e sim reestruturar as condições de compreensão do mundo. Essa reestruturação só ocorre com um trabalho cognitivo representativo. Neste caso, o autor afirma que uma situação-problema representativa é aquela que transpõe obstáculos em virtude de uma aprendizagem nova. Desta forma, Astolfi (1997) propõe que o erro não deve ser considerado apenas por ele mesmo, mas como um meio para ensinar, à medida que aponta como o aprendiz pensa. É preciso, então, inicialmente, “valorizar” o erro como etapa do investimento cognitivo de compreensão. Além disso, é preciso não se limitar a consolidá-lo ou simplesmente corrigi-lo, mas desenvolver estratégias para que o aprendiz consiga percebê-lo, identificar sua origem e transpor o obstáculo que gerou o mesmo.

Uma das maneiras de compreender e, de alguma forma, utilizar os resultados provisórios levantados na trajetória dos estudantes passa por compreender os esquemas mobilizados pelos mesmos, como se discute em seguida, na pesquisa descrita neste artigo, que tem por objetivo relatar os resultados de uma investigação, ocorrida no âmbito de um projeto maior, cuja finalidade foi a de estudar o uso de estratégias didáticas por professores de Matemática, estratégias estas baseadas nas teorias ligadas à didática francesa. Especificamente, no caso deste trabalho, a Teoria dos Campos Conceituais compõe o referencial. Participaram desta pesquisa cinco alunos do Ensino Fundamental II que tinham por tarefa a resolução de duas atividades de trigonometria. As próximas seções dão conta do constructo teórico deste trabalho, da metodologia empregada e das análises levadas a efeito.

1. A constituição de esquemas e a teoria dos campos conceituais

A teoria dos campos conceituais, elaborada por Gérard Vergnaud, estuda o desenvolvimento cognitivo e a aprendizagem de competências complexas a partir dos próprios conteúdos do conhecimento e de análises conceituais (VERGNAUD, 1990). O teórico afirma que o conhecimento está estruturado em campos conceituais e que sua apropriação ocorre em longo prazo por meio de contatos sucessivos do sujeito com tarefas, de naturezas distintas e dificuldades próprias, que ele classifica como situações. Tais situações podem ser classificadas em duas classes: (i) aquelas em que o sujeito dispõe em seu repertório as competências necessárias para o tratamento da situação; (ii) aquelas em que o sujeito não dispõe de todas as competências necessárias para o tratamento da situação, o que o leva a explorar, refletir e elaborar tentativas em torno da questão proposta.

De forma correlata, na teoria mencionada, a ideia de conceito reveste-se de grande importância. Na visão do autor francês, esta noção pode ser vista como uma tríade contendo os elementos S, I, R, os quais, por sua vez, representam os seguintes conjuntos:

- **S**: em relação ao conceito, são as situações que lhe dão sentido;
- **I**: representa o conjunto dos invariantes operatórios, vistos como objetos, propriedades e relações, que fornecem subsídios para que o aprendiz analise e, possivelmente, domine o sentido das situações, à medida que lhe fornecem a operacionalidade necessária;
- **R**: representa o conjunto de elementos linguísticos e não linguísticos, ou seja, de representações empregadas para dar forma e concretude aos invariantes, o que permite tratar o conceito simbolicamente, bem como suas propriedades, situações e procedimentos destinados ao tratamento.

De acordo com Vergnaud (1984, apud D'AMORE, 2007, p. 366), "campo conceitual é um conjunto de situações, conceitos e representações simbólicas (significantes) em estreita relação uns com os outros (...)". Por sua vez, o estudante, ao tentar resolver essas tarefas a partir de seus conhecimentos prévios, involuntariamente lança mão de uma organização de comportamentos, estratégias, habilidades e constructos, que o teórico define como esquemas. Segundo Gèrard Vergnaud (1995, apud FRANCHI, 2010, p. 200), esquema é "a organização invariante do comportamento para uma determinada classe de situações dadas". Ainda segundo o teórico (*ibid*, p. 203), nos esquemas pode-se notar a presença de quatro elementos:

- Metas e antecipações – o sujeito, quando imerso no problema, tenta descobrir quais são as finalidades da atividade, podendo até mesmo traçar submetas de modo a organizar melhor seu raciocínio.
- Regras de ação do tipo "se ... então" – tais regras permitem a geração e a sequência de ações que o sujeito deve tomar.
- Invariantes operatórios – constituem os conhecimentos contidos nos esquemas. Dessa maneira, fazem a articulação entre a teoria e a prática. Podem ser subdivididos em: teoremas-em-ação (proposições consideradas como verdadeiras no contexto da situação) e conceitos-em-ação (objetos, atributos, relações, condições, circunstâncias, isto é: categorias de

pensamento consideradas pertinentes);

- Possibilidades de inferência – permitem calcular as regras e antecipações a partir dos invariantes operatórios do estudante.

Assim, a partir de semelhantes pressupostos teóricos, o presente trabalho passa a analisar os esquemas mobilizados por estudantes na tentativa de resolução de dois problemas rotineiros da trigonometria elementar e, a partir desses, elaborar conjecturas a respeito da aprendizagem dos indivíduos.

2. Descrição das atividades

As atividades foram propostas a duas salas de alunos do 9° ano do Ensino Fundamental II de uma escola da cidade de Guarulhos, SP. Para a pesquisa, foram selecionados cinco protocolos, considerados mais relevantes para a análise. Além da resolução das atividades, foi solicitado aos alunos que escrevessem no protocolo o raciocínio empregado em cada questão.

Os alunos em questão já haviam estudado conceitos iniciais a respeito das razões trigonométricas no triângulo retângulo e inscrição de polígonos regulares em uma circunferência. Portanto, um dos objetivos das atividades propostas era o de verificar a apropriação de conhecimentos e significados por parte dos estudantes.

As atividades propostas tinham um grau de dificuldade maior (se comparadas com as atividades as quais os alunos estavam acostumados a resolver no livro didático disponível para a classe selecionada) devido ao fato de serem desprovidas de imagens. Dessa forma, uma das intencionalidades presentes nos problemas era justamente estimular a construção dos cenários sobre os quais repousariam os esquemas já mencionados.

Assim, os problemas selecionados faziam parte da classe de situações em que os sujeitos não dispõem de todas as competências necessárias. De acordo com o suporte teórico deste trabalho, semelhante fato estimula a reflexão, exploração e uma série de tentativas antes da resolução completa das atividades.

Dessa forma, foram propostas as seguintes atividades aos alunos:

> Atividade 1 - (ESPM 2010) Uma pessoa cujos olhos estão a 1,80 m de altura em relação ao chão avista o topo de um edifício segundo um ângulo de 30° com a horizontal. Percorrendo 80 m no sentido de aproximação do edifício, esse ângulo passa a medir 60°. Usando o valor 1,73 para a raiz quadrada de 3, podemos concluir que a altura desse edifício é de aproximadamente:
>
> a) 59 m
> b) 62 m
> c) 65 m
> d) 69 m
> e) 71 m

> Atividade 2 - A hélice de um submarino foi projetada com cinco pás de mesmo comprimento de modo que a distância entre os extremos móveis de duas pás consecutivas quaisquer seja 2m. Calcule o comprimento de cada pá, ou seja, a distância do centro da hélice ao extremo da pá. (Dados: sen36° ≈ 0,588; cos36°≈ 0,809; tg36° ≈ 0,727) (PAIVA, 2010, p. 444).

A utilização de uma questão de múltipla escolha na primeira atividade é proposital e seu intuito é verificar os caminhos percorridos pelos alunos que, eventualmente, não encontraram a alternativa correta.

3. Análise dos resultados obtidos

Na análise dos protocolos obtidos nesta pesquisa, utilizou-se metodologia qualitativa, na modalidade análise de conteúdo. A abordagem qualitativa permite abarcar o universo humano e suas interações – neste caso em particular, entre os alunos sujeitos da pesquisa e as atividades matemáticas propostas. Outra questão importante que justifica a tal abordagem é sua essência descritiva, fundamental para a compreensão dos fenômenos que surgem nesta investigação (Bogdan e Bliken, 1994; Oliveira, 2007). O foco da análise é a identificação de esquemas elaborados pelos estudantes na resolução das atividades propostas.

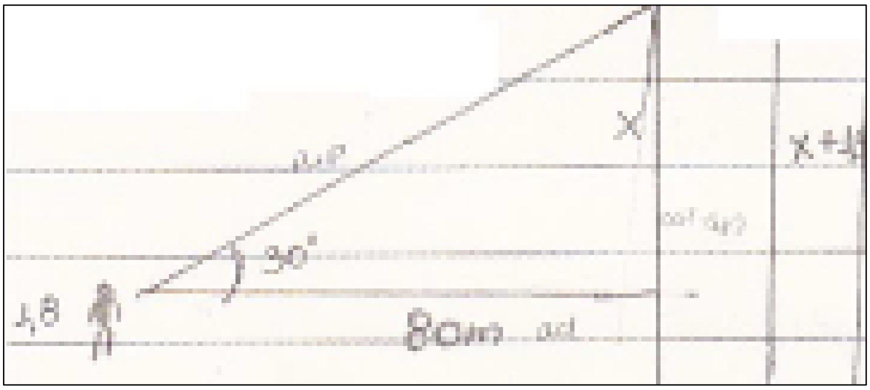
Foram selecionados três protocolos para a análise da primeira atividade e dois protocolos para a análise da segunda atividade. Cada aluno será nomeado por letras (A, B, C, D, E), de modo a preservar as identidades dos estudantes envolvidos.

3.1. Atividade 1 - Aluno A

Em seu protocolo, o aluno descreve uma série de passos, elencados como “pensamentos”:

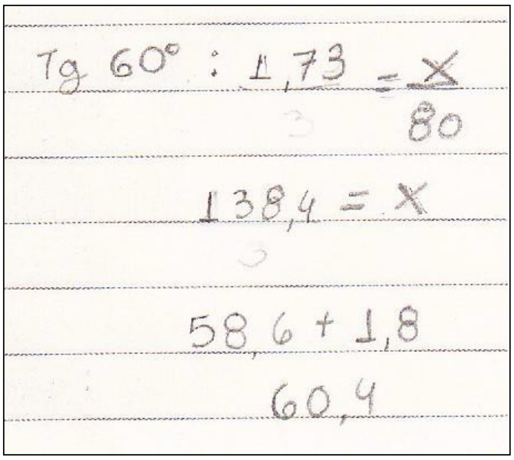
- “Antes de iniciar o exercício, fiz o desenho”.
- “Li novamente o exercício para retirar as informações necessárias”.
- “Realizei o cálculo da tangente de 30°”.
- “Não achei a resposta e tentei de novo com a tangente de 60°”.
- “Retirei 80 do resultado que obtive e somei a altura da pessoa e aproximei”.

Figura 1 – Atividade 1 – Aluno A – Esboço da situação



Fonte: Dados coletados na pesquisa.

Figura 2 – Atividade 1 – Aluno A – Cálculos



Fonte: Dados coletados na pesquisa.

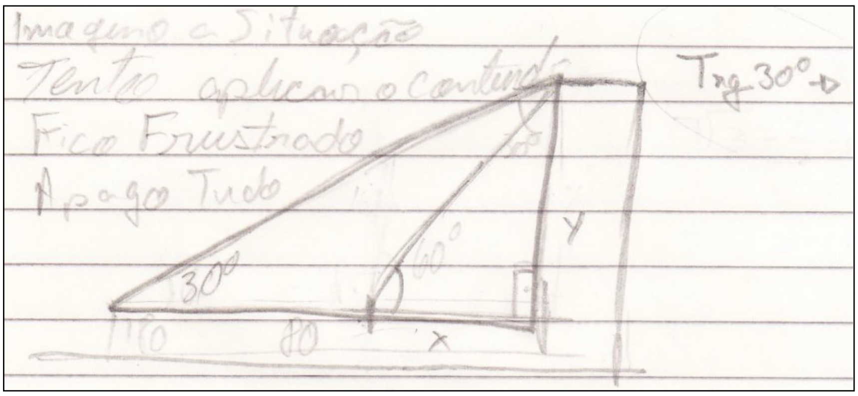
Em seu esquema, pode-se notar que o aluno A traça metas e submetas do que deve ser calculado na atividade (primeiramente calcular a medida do segmento x no triângulo retângulo e posteriormente somar 1,80 – altura da pessoa – ao valor de x). Além disso, apesar de cometer erros ao desenhar a situação proposta, o aluno sabe que deverá mobilizar seus conhecimentos a respeito da trigonometria no triângulo retângulo e quais as informações mais relevantes para a realização do exercício (1,8m, 30°, 60°, 90°, altura do prédio, tangente, etc). Assim, pode-se notar a presença de invariantes operatórios (teoremas-em-ação e conceitos-em-ação) em seu esquema. Na descrição de seus pensamentos, é possível notar também que o estudante reavalia a sequência de ações tomada e traça outros caminhos para a realização do exercício. Ainda que esses caminhos sejam equivocados, é possível perceber a presença das regras de ação. Em função da presença destes componentes, é possível para o professor avaliar quais os elementos do esquema apresentam erros, indicadores de determinados obstáculos, e elaborar estratégias que visem auxiliar o estudante no processo de construção do conhecimento pertinente.

3.2. Atividade 1 – Aluno B

Em seu protocolo, o aluno descreve quais são os caminhos percorridos para a resolução do exercício:

- “Imagino a situação”
- “Tento aplicar o conteúdo”
- “Fico frustrado”
- “Apago tudo”

Figura 3 – Atividade 1 – Aluno B – Esboço da situação



Fonte: Dados coletados na pesquisa.

É possível perceber no esquema do aluno B a presença de metas e submetas (cálculo de x e y), bem como antecipações do que deverá ser realizado.

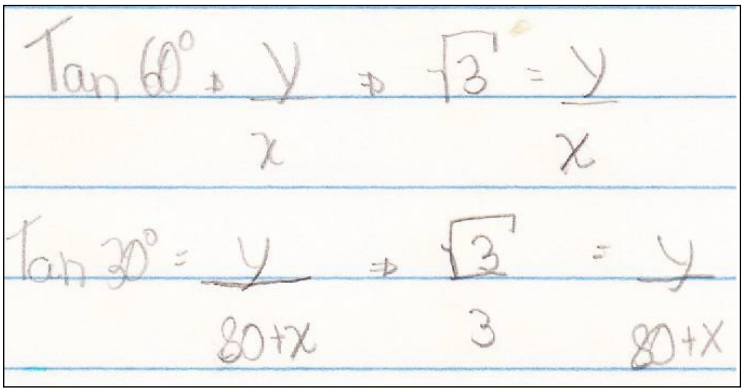
Além disso, o esboço da situação está corretamente desenhado com todos os elementos necessários para a resolução do problema, portanto o aluno identifica corretamente as informações pertinentes da questão (invariantes operatórios).

O aluno também demonstra saber que uma das relações a serem utilizadas é a tangente de 30°. Faltou apenas realizar os cálculos necessários (inferências) que, possivelmente, foram executados, mas logo foram apagados, como ele mesmo descreve. Neste caso, parece haver uma clara indicação que o estudante apresenta dificuldades na operacionalização algébrica, fato este que pode ser trabalhado pelo docente a partir de estratégias adequadas.

3.3. Atividade 1 – Aluno C

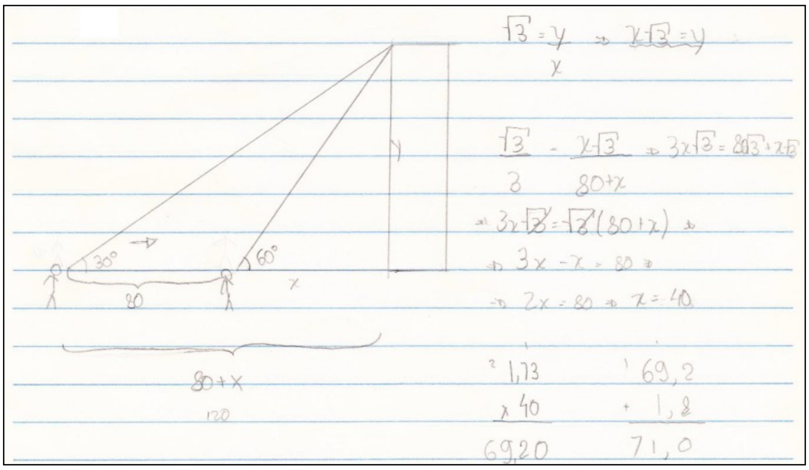
Em seu protocolo, o aluno constrói uma tabela com as razões trigonométricas dos ângulos notáveis (30°, 45° e 60°), faz um esboço da situação proposta e apresenta os cálculos realizados.

Figura 4 – Atividade 1 – Aluno C – Cálculos realizados



Fonte: Dados coletados na pesquisa.

Figura 5 – Atividade 2 – Aluno C – Esboço da situação e continuação dos cálculos



Fonte: Dados coletados na pesquisa.

Os esboços do aluno C podem ser considerados bastante completos, no que diz respeito à resolução da tarefa, e quanto ao respectivo esquema mobilizado. Neles, estão presentes: metas e antecipações do que deverá ser calculado no decorrer da resolução (x e y); regras de ação (cálculo e desenvolvimento do sistema / setas indicando implicações); invariantes operatórios (seleção das informações relevantes e pertinente esboço da situação) e inferências (cálculos das regras, antecipações e invariantes operatórios descritos). Nesta análise, portanto, não foram identificados erros e/ou obstáculos do ponto de vista da fundamentação teórica desta pesquisa. Ainda que tal fato não garanta total domínio sobre o conteúdo, parece indicar uma adequada construção dos conhecimentos relativos às razões trigonométricas e dos tópicos correlatos, relevantes para a resolução de problemas desta natureza.

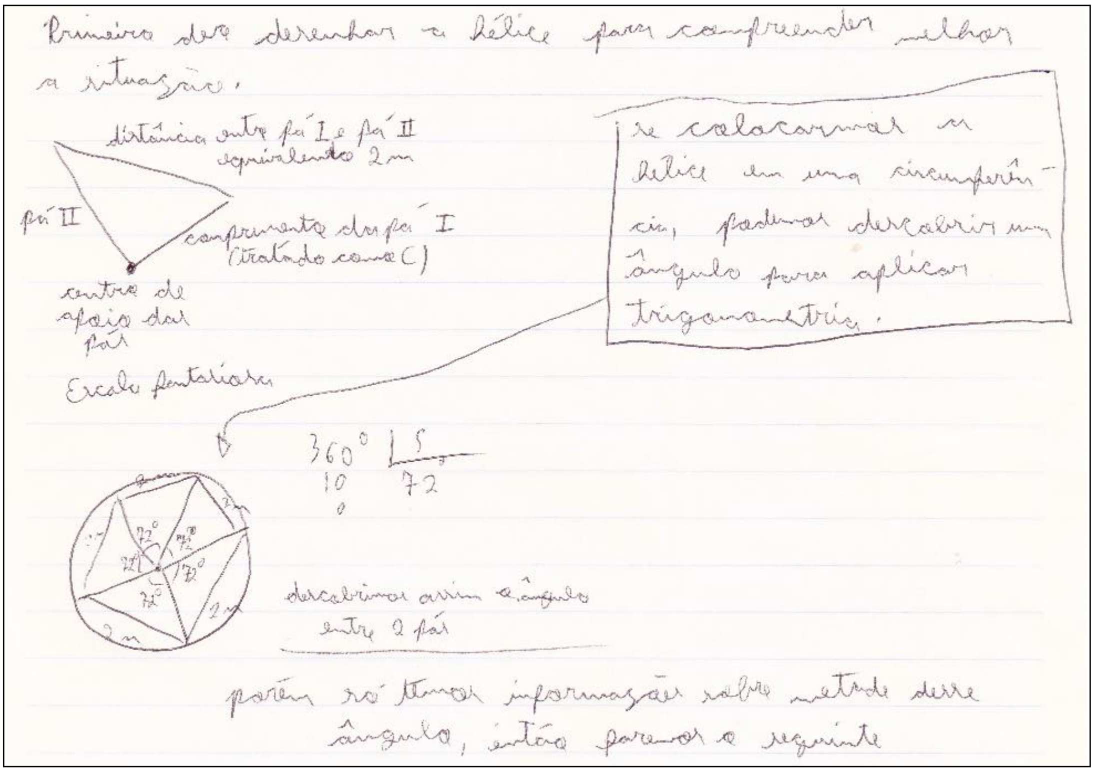
3.4. Atividade 2 – Aluno D

Em seu protocolo, o aluno descreve uma série de caminhos percorridos para a resolução da atividade. São eles:

- “Primeiro devo desenhar a hélice para compreender melhor a situação”.
- “Se colocarmos a hélice em uma circunferência, podemos descobrir um ângulo para aplicar a trigonometria”.
- “Descobrimos assim o ângulo entre duas pás”.

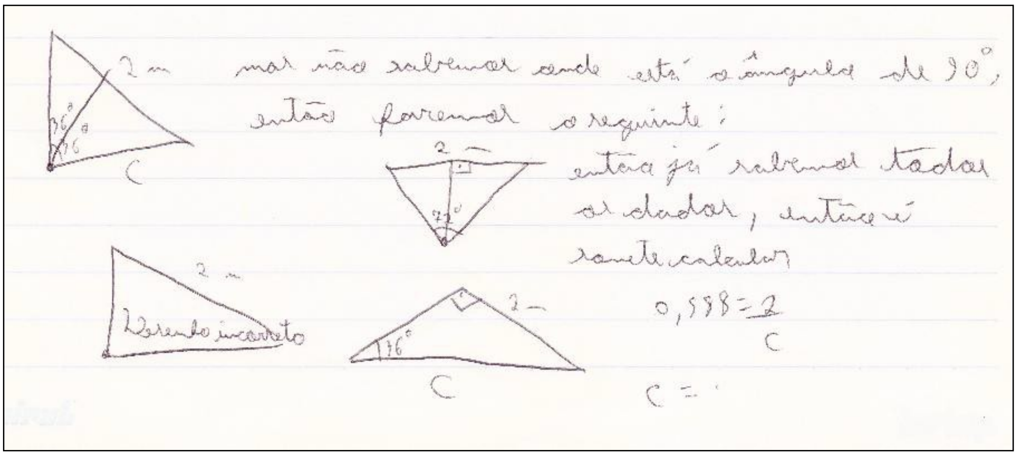
- “Porém só temos informações sobre metade desse ângulo, então faremos o seguinte:” (desenho em que o aluno traça a altura do triângulo isósceles em relação à base de medida 2 m).
- “Mas não sabemos onde está o ângulo de 90°, então faremos o seguinte:" (desenho do aluno em que aponta a presença de um ângulo reto no pé da perpendicular).
- “Então já sabemos todos os dados, então é somente calcular: (0,588 = 2/c)”.

Figura 6 – Atividade 2 – Aluno D – Caminhos percorridos



Fonte: Dados coletados na pesquisa.

Figura 7 – Atividade 2 – Aluno D – Continuação - Caminhos percorridos



Fonte: Dados coletados na pesquisa.

Por descrever claramente a sequência de pensamentos e ações tomadas, o aluno D produziu um esquema no qual seus elementos estão bastante claros.

Primeiramente, pode-se perceber a presença de metas (cálculo do segmento “c”) e submetas (cálculo do ângulo formado por duas pás consecutivas, aparecimento do ângulo de 36° e do ângulo de 90°) para a realização da tarefa.

Os invariantes operatórios estão presentes quando o aluno seleciona as informações pertinentes, faz um esboço coerente da situação proposta e lança mão das razões trigonométricas para a resolução da atividade.

As regras de ação estão presentes no momento em que o aluno descreve seus passos. Por exemplo: “Se colocarmos a hélice em uma circunferência, [então] podemos descobrir (...)”.

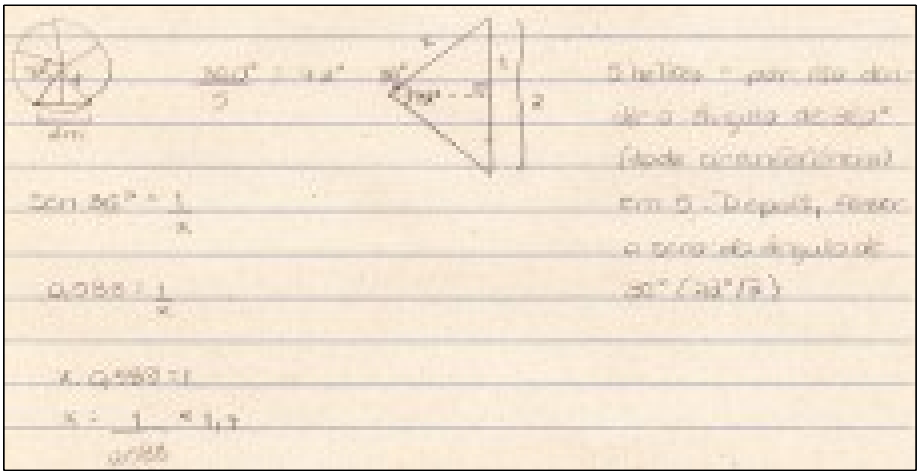
O aluno ajusta suas ações constantemente em função dos dados fornecidos no problema, um exemplo é: “Porém só temos informações sobre metade desse ângulo, então (...)”.

O único erro cometido pelo estudante na realização dessa atividade decorre do fato dele ter se esquecido de que a altura do triângulo isósceles divide a base do triângulo em dois segmentos congruentes. Portanto deveria calcular: 0,588 = 1/c. Este equívoco pode ser facilmente esclarecido pelo professor, que pode retomar este tópico com seu grupo de alunos.

3.5. Atividade 2 – Aluna E

Em seu protocolo, a aluna descreve seus cálculos e o raciocínio empregado para a resolução da atividade.

Figura 8 – Atividade 2 – Aluno E – Cálculos e raciocínios utilizados



Fonte: Dados coletados na pesquisa.

O esquema que pode ser inferido a partir dos esboços estruturados pela aluna E traz elementos suficientes para indicar ampla compreensão sobre o tema em questão, permitindo que a estudante apresentasse resolução bastante satisfatória para a tarefa. No esquema mencionado, estão presentes: metas e antecipações do que deverá ser calculado no decorrer da resolução (x); regras de ação (desenvolvimento da razão trigonométrica); invariantes operatórios (seleção das informações relevantes e pertinente esboço da situação) e inferências (cálculos das regras, antecipações e invariantes operatórios descritos). Também aqui erros e/ou obstáculos não foram identificados.

Considerações finais

A partir da realização das atividades e da análise dos esquemas, é possível concluir que os alunos mobilizam diferentes esquemas para resolver os mesmos problemas. Em geral, pode-se notar que os alunos traçam metas e fazem antecipações para a realização das atividades, além de conseguirem traçar esboços mais ou menos coerentes, conforme o caso, a partir das situações propostas. Ademais, percebe-se que os esquemas dos alunos apresentam invariantes operatórios (um dos cernes da teoria dos campos conceituais), além de regras de ação e eventuais inferências. Identificar estes elementos pode se revelar fator importante na compreensão, por parte do professor, dos esquemas mobilizados pelos alunos na resolução de tarefas e/ou problemas matemáticos. Além disso, foi possível perceber, em alguns dos protocolos analisados, a dificuldade dos alunos em desenvolver cálculos extensos e um pouco mais elaborados, o que, em muitos casos, é elemento causador de erros na resolução de problemas. A análise dos esquemas pode permitir identificar a natureza destes erros e eventuais obstáculos ligados aos mesmos. De diversas maneiras, por extensão, a socialização das resoluções propostas, com a devida mediação docente, pode permitir a percepção de outras dúvidas, obstáculos e dificuldades que outros alunos detenham em suas estruturas cognitivas. Pode permitir, também, que os estudantes completem seus esquemas pessoais com informações obtidas desde os esquemas de seus colegas. Em todo caso, estas conjecturas, levantadas nesta etapa da pesquisa, merecem aprofundamentos, que podem ser obtidos em outros trabalhos sobre estes temas.

Referências

ALMOULOUD, S. A. *Fundamentos da didática da matemática*. Curitiba: Editora UFPR, 2007.

BOGDAN, R. C ; BLIKEN, S. K. *Investigação qualitativa em educação*. Porto: Porto Editora, 1994.

BROUSSEAU, G. Les obstacles epistemologiques et les problemes en mathematiques. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, v. 4, n. 2, p. 165-198,1983.

D'AMORE, B. *Elementos da didática da matemática*. 1. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2007.

FRANCHI, A. Considerações sobre a Teoria dos Campos Conceituais. In: MACHADO, S.D. et al. *Educação Matemática: uma introdução*. 2.ed. São Paulo: EDUC, 2010.

OLIVEIRA, G. P. Colaboração e multidimensionalidade como elementos para a avaliação da aprendizagem em cursos on-line. *Revista de Ciências Exatas e Tecnologia*, v. 2. Jundiaí: FPJ. p. 30-45, 2007.

PAIVA, M. *Matemática*.Coleção Moderna Plus. v. 1. São Paulo: Editora Moderna, 2010.

PERRENOUD, P. *Dez novas competências para ensinar*. Porto Alegre: Editora Artmed, 2000.

VERGNAUD, G. La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10 (23), p. 133-170, 1990.