

(Re)construção de conhecimento sobre paralelogramos e o uso do software Klogo: ações de uma professora de Matemática¹

Ádamo Duarte de Oliveira
Suely Scherer

RESUMO

A questão principal de pesquisa, cujo recorte se apresenta neste artigo, consiste em analisar se e como conceitos sobre o paralelogramo são (re)construídos por professores de matemática do 6º ao 9º ano do Ensino Fundamental, participantes de uma ação de formação, ao realizar atividades com o software Klogo. O software Klogo está disponível nos laptops distribuídos nas escolas contempladas pelo projeto UCA (Um Computador por Aluno). A ação de formação foi estruturada em formato de curso, com encontros presenciais e virtuais. Para a análise dos dados apresentada neste artigo foram usados os registros de um dos professores participantes do curso. O referencial teórico da pesquisa são os estudos realizados por Valente sobre o ciclo de ações e a espiral da aprendizagem, e os estudos de Brousseau sobre a teoria das situações didáticas (TSD). A análise dos dados possibilitou concluir que ao realizar atividades com o software Klogo, o participante da pesquisa analisado (re)construiu conhecimento sobre paralelogramos ao mobilizar conhecimentos sobre ângulos suplementares, alternos internos e alternos externos, na construção de um paralelogramo. A análise também evidenciou a importância do papel do formador no processo de reconstrução ao considerar o ciclo de ações e os diferentes momentos propostos na TSD.

Palavras-chave: Ciclo de ações. Teoria das Situações Didáticas. Formação de professores.

Rebuilding of the Knowledge about Parallelogram and use of Software Klogo: Actions of a Math's Teacher

ABSTRACT

The main point of the research consists in determining whether, and how, concepts of parallelograms are (re)constructed by math's teachers from the 6th to the 9th grade of elementary school, participants of a teaching action, while managing activities with the software Klogo. Klogo's software is available on laptops distributed at schools covered by UCA project (1-1 Computer Project). For the present article production, records done by one of the course participants were used. The theoretical reference of the research are the studies developed by Valente which englobes

¹ A pesquisa, cujo recorte é apresentado neste artigo, foi financiada pela CAPES.

Ádamo Duarte de Oliveira é Mestre em Educação Matemática. Atualmente, é professor adjunto na Universidade Anhanguera – Uniderp. Endereço para correspondência: R. Santa Cecília, 278, 79040-180 – Campo Grande/MS. E-mail: adamoduarte@uniderp.edu.br

Suely Scherer é Doutora em Educação (Currículo). Atualmente, é professora adjunta no INMA-UFMS. Endereço para correspondência: Rua Antúrio, 480, 79040-600 – Campo Grande/MS. E-mail: susche@gmail.com
Recebido para publicação em 26/04/2013. Aceito, após revisão, em 24/03/2014.

| | | | | | |
|----------------|--------|------|-----|-----------|----------------|
| Acta Scientiae | Canoas | v.16 | n.3 | p.536-552 | set./dez. 2014 |
|----------------|--------|------|-----|-----------|----------------|

the cycle of actions and the spiral of learning, and studies of Brousseau about the theory of didactic situations. The facts analysis depicts that when performing activities with the software Klogo, the participant (re)reconstructed the concept about parallelogram, while mobilizing knowledge about supplementary, internal and external angles, in the building of a parallelogram. The analysis also showed the important role of the teacher trainer in the reconstruction process.

Keywords: Cycle of actions. Theory of Didactic Situations. Training of teachers.

INTRODUÇÃO

As tecnologias digitais estão presentes em vários setores da vida humana. Segundo Kenski (2003, p.29), “[...] elas alteram todas as nossas ações, as condições de pensar e de representar a realidade e, especificamente, no caso particular da educação, a maneira de trabalhar em atividades ligadas à educação escolar”. Mas, há muito por investigar sobre como as tecnologias digitais podem contribuir com o processo de aprendizagem, no nosso caso especial, para a construção de conhecimentos matemáticos.

A partir deste contexto surgiu a questão norteadora da investigação: como conhecimentos de paralelogramo são (re)construídos por professores de matemática do 6º ao 9º ano do Ensino Fundamental, participantes de uma ação de formação, ao realizar atividades com o software Klogo? Neste artigo, analisaremos esta questão de pesquisa a partir dos dados de um dos professores em formação, participantes da pesquisa.

Para compreender a (re)construção de conhecimentos como um processo contínuo de aprendizagem, nos remetemos a Becker (1993), que afirma que nunca abstraímos um objeto em sua totalidade, abstraímos algumas propriedades do objeto cada vez que nos debruçamos a apreendê-lo. Assim, ao realizar uma atividade em um ambiente como o Klogo, por exemplo, outros conhecimentos relacionados ao objeto do conhecimento, como o paralelogramo, além dos construídos usando o papel e lápis, por exemplo, podem ser mobilizados e/ou construídos. Esses conhecimentos mobilizados e/ou construídos agregam-se aos conhecimentos anteriores, alterando e ampliando o conhecimento anteriormente construído, evidenciando o processo que chamamos de (re)construção de conhecimento.

Para a análise da (re)construção de conhecimento sobre o paralelogramo pelo participante da pesquisa, ao desenvolver atividades com o software Klogo,² usamos os estudos de Valente (1997; 2003; 2005) sobre o ciclo de ações e a espiral da aprendizagem, um dos referenciais teóricos da pesquisa. A teoria das Situações Didáticas foi outro referencial teórico usado na pesquisa. Esta teoria orientou a análise das situações didáticas e do papel do professor formador ao longo da ação de formação continuada dos professores.

O caminho metodológico da pesquisa foi: a) a escolha do referencial teórico; b) a coleta de dados a partir da organização de uma ação de formação continuada de professores, orientada pela abordagem construcionista proposta por Papert (2008); c) a

² Klogo é um software disponível nos laptops educacionais disponibilizados pelo projeto UCA. A linguagem logo é a base do software.

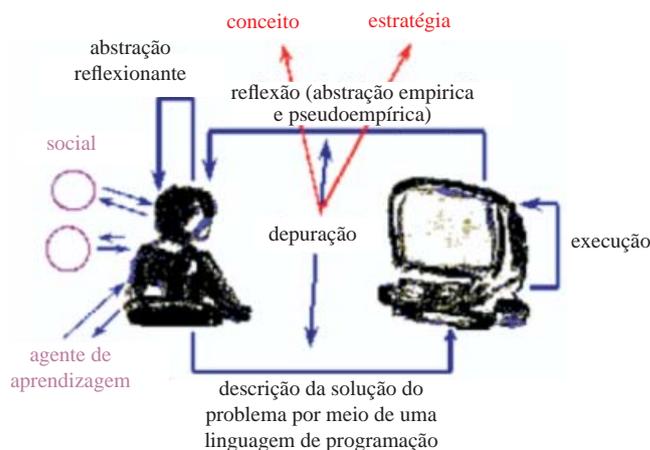
análise dos dados de um dos professores em formação, a partir de registros obtidos nos encontros presenciais, no ambiente virtual e nas gravações de áudio.

O professor em formação, cujas ações são analisadas neste artigo, possui licenciatura plena em Matemática e experiência como docente de matemática de um ano e meio, em escola pública municipal. A escolha neste artigo, bem como do encontro analisado, se deu pela quantidade de dados necessários para evidenciar a questão investigada. Na pesquisa foram analisados ao todo os dados de três professores.

O CICLO DE AÇÕES E A ESPIRAL DE APRENDIZAGEM

O ciclo de ações possibilita compreender como ocorre o processo de aprendizagem de sujeitos em interação com o computador. Inicialmente podemos compreender o ciclo como uma sequência de ações que o aprendiz vivencia usando o computador para o desenvolvimento de uma situação problema (atividade/tarefa). Segundo Valente (2005), o ciclo acontece em uma sequência, um ciclo aberto composto pelas ações: descrição-execução-reflexão-depuração. A Figura 1 representa o ciclo de ações proposto por Valente (2005):

FIGURA 1 – ciclo de ações na interação do aprendiz com o computador.



Fonte: http://pan.nied.unicamp.br/~lia/ciclo_e_espiral.pdf

Na ação de “*descrição da solução do problema por meio de uma linguagem de programação*”, o aprendiz entra em contato com a tarefa, descrevendo uma possível solução, usando o computador, na expectativa de solucionar uma determinada situação que lhe é proposta. Ou seja, nessa fase, o aprendiz elabora uma série de comandos específicos e os descreve usando a linguagem de um determinado software. No caso da pesquisa aqui apresentada, ele usará a linguagem do software Klogo.

A ação de “*execução*” é realizada pelo computador, ele, a partir de comandos recebidos, “*simula*” na tela a resposta construída em linguagem do software pelo usuário aprendiz. Quando o aprendiz se depara com a resposta, ele reflete sobre o que visualiza e depura as informações apresentadas na tela do computador. Segundo Valente (2005), a ação de “*reflexão*” pode levar o aprendiz a três níveis de abstrações: a *abstração empírica* (que permite o aprendiz retirar informações do objeto ou das ações do objeto), a *abstração pseudoempírica* (que permite ao aprendiz deduzir algum conhecimento de sua ação ou do objeto) e a *abstração reflexionante* (ocasiona a construção de novos conhecimentos e mudanças conceituais).

A *abstração reflexionante* possui ainda dois aspectos inseparáveis, o reflexionamento e a reflexão. O primeiro consiste em projetar sobre um patamar superior de conhecimento aquilo que foi retirado de um patamar inferior. O segundo consiste em uma (re) organização, (re)construção, no patamar superior do conhecimento, daquilo que foi retirado do patamar inferior.

No processo de abstração, o aprendiz passa pela etapa da *depuração*, filtrando conceitos e/ou estratégias usadas anteriormente, realizando uma nova descrição a partir do que considera ser uma melhor solução ao problema que explora. Esta nova descrição surge da depuração da descrição anterior e da complementação com novas informações ou estratégias.

Assim, apesar da ideia de ciclo representar algo fechado e repetitivo, que parece não acrescentar novos conhecimentos no fechamento de cada ciclo terminado, Valente (2005, p.66) afirma que este ciclo de ações nos remete a pensar em uma espiral de aprendizagem, não sendo fechado:

[...] A cada ciclo completado, as ideias do aprendiz deveriam estar em um patamar superior do ponto de vista conceitual. Mesmo errando e não atingindo um resultado de sucesso, o aprendiz deveria estar obtendo informações que são úteis na construção de conhecimento. Na verdade, terminado um ciclo, o pensamento não deveria ser exatamente igual ao que se encontrava no início da realização deste ciclo. Assim, a ideia mais adequada para explicar o processo mental dessa aprendizagem, era a de uma espiral.

A ideia de espiral pode ser compreendida como um processo contínuo, em que em cada ação de um novo ciclo, o conhecimento não se encontra da forma inicial em que foi construído no ciclo anterior; sempre é ampliado.

Um ponto importante neste estudo é que as ações do aprendiz se repetem (descrição-execução-reflexão-depuração), o que muda “é a concepção como tais conceitos contribuem para o desenvolvimento do conhecimento, esse sim na forma de um espiral crescente” (VALENTE, 2005, p 67).

Diante disso, podemos observar três pontos importantes nessa abordagem teórica. Primeiro, quando o ciclo de ações é ativado, a espiral de aprendizagem também aparece, “e nesse sentido a espiral não cresce se o ciclo não acontece” (VALENTE, 2005, p.72). Segundo, em cada etapa do ciclo realizado o aprendiz mesmo errando, evolui em relação ao que fez anteriormente. Terceiro, que o papel do professor é fundamental, “o aprendiz não está só nesta tarefa já que o professor ou agente de aprendizagem pode auxiliá-lo na manutenção do ciclo de ações” (VALENTE, 2005, p.72).

A TEORIA DAS SITUAÇÕES DIDÁTICAS (TSD)

A ação de formação desenvolvida com os professores participantes da pesquisa foi orientada pela abordagem construcionista de Papert (2008). Em ações de formação nesta abordagem, o professor formador precisa ter uma atitude que favoreça a construção do conhecimento pelo aluno. Almeida (1996, p.49) afirma que:

Na abordagem construcionista cabe ao professor promover a aprendizagem do aluno, para que ele possa construir o seu conhecimento num ambiente que o desafia e o motiva para a exploração, a reflexão, a depuração de ideias e a descoberta de conceitos envolvidos nos problemas que permeiam seu contexto.

Neste sentido, é de responsabilidade do professor, criar situações que desafiem seus alunos para a busca de respostas, assim “[...] é o meio que deve ser modelado” (BROUSSEAU, 2008, p.19), proporcionando a construção do conhecimento pelo aluno. Nesse sentido, os encontros com os professores foram planejados e orientados pela TSD. O ambiente tinha de ser organizado de forma a desafiar os professores para vivenciarem o processo de construção de conhecimento.

Os encontros foram planejados de forma a desafiar constantemente os alunos (professores em formação), a tomarem os problemas propostos como se fossem seus, produzindo conhecimento, a partir da situação (tarefa) proposta, com comprometimento na busca de soluções, sem interferência do professor (o formador) sobre o saber em jogo. Esta situação didática foi caracterizada por Brosseau (2008) como sendo uma situação adidática.

Do momento em que o aluno aceita o problema como seu até aquele em que se produz a resposta, o professor se recusa a intervir como fornecedor dos conhecimentos que quer ver surgir. [...] Tal situação denomina-se adidática. (BROUSSEAU, 2008, p.35)

Porém para que o aluno trabalhe com autonomia, ele deve compreender o problema como se fosse seu, ou ser ele o criador da questão a ser investigada. Essa atitude de tomar

o problema como seu, foi chamada por Brousseau (2008) de *devolução*. A partir do momento em que ocorre a devolução pelo aluno, tem-se uma *situação adidática*. Nessa situação, cabe ao professor não apenas propor uma situação problema (questão/tarefa) ao aluno, mas criar um ambiente que desafie o aluno de maneira que ele aceite o problema como seu. A escolha de questões/tarefas (pelo professor) desafiadoras, aliada a atitude do professor em não interferir diretamente sobre o conhecimento específico que quer que surja na resolução da tarefa, pode favorecer a vivência de situações adidáticas.

Freitas (2008, p.86) afirma que “*as situações adidáticas* representam os momentos mais importantes da aprendizagem, pois o sucesso do aluno nelas significa que ele por seu próprio mérito, conseguiu sintetizar algum conhecimento”. Brousseau (2008) nomeou como *situações adidáticas* as ações de *ação, formulação e validação*. Em um determinado contexto de aprendizagem, entende-se por *situação de ação*, quando o aluno empenhado na busca pela solução do problema proposto, apresenta “determinadas ações mais imediatas, que resultam na produção de um conhecimento de natureza mais operacional” (FREITAS, 2008, p.95). Este conhecimento de natureza operacional fica evidenciado em situações de ação quando os sujeitos ao entrar em contato com a situação e ao agir sobre ela:

[...] Podem representar esses conhecimentos por meio de descrições táticas (ou procedimentos) que o indivíduo parece seguir ou pelas declarações daquilo que parece levar em consideração, mas tudo são só projeções. A manifestação observável é um padrão de resposta explicado por um modelo de ação implícito. (BROUSSEAU, 2008, p.28)

Nesse sentido, na situação de ação o aluno ainda não apresenta conhecimentos de natureza teórica, ele apresenta uma solução para o problema proposto, porém não explicita como chegou a tal solução. É o caso, por exemplo, quando o aluno se propõe a construir um quadrado fazendo o uso de um software Klogo. Para isso ele apresenta uma sequência de comandos sem que haja uma explicação, uma justificativa, do porquê os comandos apresentados resultam em um quadrado. Assim, não há nenhuma evidência de que a sequência de comandos foi criada fazendo-se o uso de algum conhecimento teórico sobre a figura geométrica do quadrado. A ação do aluno possui ainda um caráter experimental.

Em uma *situação de formulação* o aluno “já utiliza, na solução do problema estudado, alguns modelos ou esquemas teóricos explícitos, além de mostrar um evidente trabalho com informações teóricas de uma forma bem mais elaborada [...]” (FREITAS, 2008, p 97). Apesar de nas situações de formulação, o aluno apresentar algum conhecimento de natureza teórica, ele ainda não indica explicitamente uma validade para o que foi apresentado, e o saber ainda não é usado para esta finalidade. De fato, Brousseau (1996) afirma que nesse tipo de situação é comum a troca de informações entre aprendizes e o meio, fazendo-se o uso de uma linguagem mais adequada (de natureza mais teórica), porém sem a necessidade de validação ou de uso explícito de uma linguagem formal.

Uma situação de formulação usando o Klogo pode ser identificada quando o aluno por meio dos comandos utilizados, ou por outros registros, na construção do quadrado, apresenta informações de natureza teórica sobre o quadrado, porém sem validá-las. No entanto, quando o aluno, em um determinado contexto de aprendizagem tenta convencer os demais envolvidos na situação sobre a veracidade das informações proferidas, utilizando para tal uma linguagem matemática apropriada (demonstrações por exemplo) fica configurada uma ação de validação (BROUSSEAU, 1996). Em concordância com o autor, Freitas (2008) afirma que uma situação de validação fica caracterizada a partir do momento que os alunos apresentam mecanismos de prova utilizando o saber em jogo para esta finalidade.

Na pesquisa desenvolvida, ao planejar as atividades que foram vivenciadas na ação de formação, tomou-se o cuidado de formular problemas que pudessem mobilizar os professores participantes, para a busca da solução, vivenciando *situações adidáticas*, sendo cada problema um novo desafio ao professor em formação.

No momento em que os professores em formação finalizavam uma tarefa, encontrando soluções ao problema (tarefa) proposto, o professor formador procurou “estabelecer o caráter de objetividade e de universalidade do conhecimento [...], um estatuto mais universal do que aquela limitação imposta pela particularidade do problema estudado” (FREITAS, 2008, p.101). Tal momento configura-se no que Brousseau (2008) chamou de *situação didática de institucionalização*. Esta situação não é *adidática*, pois confere ao professor o papel de realizar a institucionalização do saber em jogo, conferindo-lhe um estatuto universal.

Brousseau (1996) afirma que é na situação de institucionalização o momento em que o professor retoma a responsabilidade cedida ao aluno no momento da devolução, revelando sua intenção com a situação proposta e dando ao saber em jogo um caráter mais universal (estatuto dos saber).

UM PROFESSOR EM FORMAÇÃO E A (RE)CONSTRUÇÃO DO CONCEITO DE PARALELOGRAMO COM O USO DO KLOGO

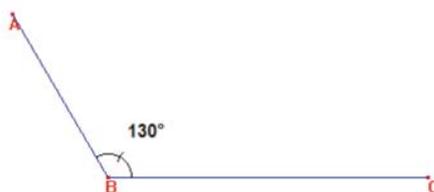
Usando os estudos teóricos sobre o ciclo de ações e a espiral da aprendizagem, e, a Teoria das Situações Didáticas (TSD), apresenta-se a seguir a análise da (re)construção de conhecimento sobre paralelogramo realizada por um professor, participante da pesquisa, durante a ação de formação continuada, ao usar o software Klogo.

Para realizar a análise, apresenta-se a tarefa (problema) proposta pelo professor formador, e o processo de busca por respostas do professor em formação (dificuldades e estratégias usadas). Os dados usados na análise foram obtidos a partir dos registros realizados pelo professor com o uso do software Klogo e dos diálogos entre o professor em formação e o professor formador.

Ao todo foram dez encontros que fizeram parte da ação de formação de professores, que constitui a experimentação desta pesquisa. No entanto, neste artigo apresentamos registros de um dos professores, durante um destes encontros. Por convenção, ao invés de citarmos os comandos do software: Frente, Direita, Esquerda e Atrás, usaremos apenas as letras iniciais destes comandos para indicá-los nos registros. Ao professor em formação cujos dados foram analisados daremos o nome fictício de “Jade”.

A tarefa proposta no primeiro encontro possuía quatro itens (a, b, c e d), o primeiro item foi o seguinte: a) Observe a figura a seguir e usando medidas quaisquer para AB e BC, desenhe a figura usando o software Klogo e complete-a de forma a ter um paralelogramo ABCD.

FIGURA 2 – Tarefa do 1º Encontro.



Para a resolução da tarefa proposta, Jade apresentou quatro tentativas, o quadro 1 mostra as tentativas, usando os comandos na linguagem do software:

QUADRO 1 – Tentativas e comandos utilizados por Jade.³

| 1ª tentativa | 2ª tentativa | 3ª tentativa | 4ª tentativa |
|---|--|---|---|
| F 100 E 130 A 50 F 50 F 100 | E 90 F 130 D 60 F 110 D 60 F 140 D 90 E 20 F 110 | E 90 F 130 D 50 F 130 D 50 D 30 D 20 D 10 D 10 D 10 F 130 D 90 E 20 E 10 F 130 A 130 | E 90 F 130 D 50 F 130 D 100 D 30 F 130 D 50 F 130 |
| | | | |

³ As setas vermelhas nas figuras indicam o ponto inicial e sentido do cursor ao iniciar a construção usando o software.

Pode-se observar que na 1ª tentativa, Jade havia conseguido construir uma figura com alguns dados da figura dada, mas, com a posição diferente em relação à figura dada.

O professor formador observou que, durante o processo de aprendizagem, Jade sentiu-se desafiada com o problema proposto, o que contribuiu para que ela tomasse o problema como seu, não buscando sua solução apenas pelo desejo do professor formador ou por ser uma tarefa proposta para o “curso”. Jade, pelo diálogo apresentado a seguir, sentiu-se instigada e até pareceu duvidar que apenas com os comandos básicos apresentados, fosse possível construir a figura geométrica apresentada na tarefa.

Professor: “Como construir essa figura no software Klogo”? O que será que vocês terão que utilizar para resolver essa atividade?”.

Jade: “É pra fazer usando aqueles comandos (referindo-se aos comandos básicos expostos no quadro)?... Dá pra fazer?”.

Professor: “Sim, dá pra fazer!”.

Jade: “tem certeza...?” (risos).

Professor: “Sim, com certeza, vamos tentar?”.

Diante do exposto, observa-se que o papel do professor em formular e propor problemas desafiadores é fundamental. Pois é a partir desses problemas que o processo de devolução por parte do aluno pode acontecer, favorecendo o processo de construção de conhecimento.

Para resolver a tarefa, Jade questionava o seguinte: “*Como faço para que ele gire aqui, quero que este lado fique assim...*”. Ela estava se referindo ao terceiro lado a ser construído, para que ficasse paralelo ao lado oposto. Essa dificuldade encontrada por Jade foi a mesma encontrada por outros professores que participaram da ação de formação: encontrar a medida do ângulo para construir o terceiro lado do paralelogramo.

Ao discutir a Teoria das Situações Didáticas proposta por Brousseau (2008), é possível identificar nas ações de Jade que ela “entra no jogo” e aceita o problema como seu, ou seja, que ocorre a devolução que:

[...] é o ato pelo qual o professor faz com que o aluno aceite a responsabilidade de uma situação de aprendizagem (adidática) ou de um problema e assume ele mesmo as consequências dessa transferência. (BROUSSEAU, 2008, p.91)

Nota-se que ao realizar as tentativas para realizar a tarefa proposta, Jade atua na situação, fala sobre suas dificuldades enfrentadas ao tentar resolver o problema e reflete sobre suas escolhas, depurando mais adiante, os comandos utilizados na tentativa inicial

do problema, comprovando que ela aceitou a responsabilidade de resolver a tarefa, evidenciando a devolução, segundo a TSD.

Após a devolução do problema, no intuito de manter o ciclo de ações de ações iniciado por Jade, fazendo com que Jade vivenciasse momentos adidáticos (ação-formulação-validação), o professor formador questionou Jade quando esta apresentou o segundo grupo de comandos: “*Por que você mudou de comandos?*” Ela respondeu que ficava muito ruim construir a figura daquela forma, por isso resolveu construí-la na posição horizontal, conforme a posição da figura proposta na tarefa.

Mesmo mudando de estratégia, observa-se que a dificuldade de Jade continuava: encontrar o giro (a medida do ângulo), que o cursor deveria fazer para construir o terceiro lado do paralelogramo, de forma a ficar paralelo ao lado oposto já representado na figura em construção.

Observa-se que a resposta executada pelo software não correspondia à representação de um paralelogramo, conforme observamos na segunda tentativa, no Quadro 1. Nesta etapa de resolução da tarefa, considerando o ciclo de ações de Valente (2005), Jade iniciou o processo de depuração a partir de ações que pareciam de abstração empírica, pois observando características do objeto na tela do computador, ela estabeleceu relações entre a figura obtida na tela e o que faltava para esta representar um paralelogramo. As observações de Jade baseavam-se em aspectos do que era observável, das características “materiais” do objeto representado na tela do computador. O recorte do diálogo com o professor formador apresentado a seguir, pode confirmar essa afirmação:

Jade: “Professor na segunda tentativa não tenho um paralelogramo.”

Professor: “Por quê? Como você conseguiu concluir isto?”

Jade: “Olhei para o terceiro lado, não fica retinho, olha aqui óh!.. vou recomeçar...”

A partir das abstrações empíricas realizadas, Jade ao realizar a segunda tentativa para a construção do paralelogramo vivencia o que parecem ser situações de formulação e validação. Em sua interação com o problema, a professora em formação faz a seguinte afirmação: “*Professor, na segunda tentativa não tenho um paralelogramo*”, diante disto ao dizer que a figura não é um paralelogramo, ela formula, e ao mesmo tempo valida, sua hipótese dizendo: “*não tenho um paralelogramo. [...] não fica retinho, olha aqui oh!.. vou recomeçar...*”.

Porém, não temos dados suficientes para explicitar detalhes do processo de validação realizado por Jade. O que se observa, de acordo com os dados obtidos, é que nessa etapa da atividade, as formulações e validações de Jade estão fortemente relacionadas aos aspectos físicos da figura – a forma – usados por ela para justificar que a figura em questão não é um paralelogramo. Assim, ao realizar abstrações empíricas, segundo o ciclo de ações de Valente (2005), Jade formula a hipótese de que a figura construída não representa um

paralelogramo, e há indícios de que se orienta pelos aspectos observáveis do objeto para validar sua formulação. Nesse sentido, as abstrações vivenciadas por Jade na situação adidática contribuem para que ela evolua no processo de (re)construção de conhecimento sobre paralelogramos.

É importante destacar também que nesta etapa da atividade, a pergunta lançada pelo professor formador (“*Por quê? Como você conseguiu concluir isso?*”), de certa forma “desafia” Jade a validar sua hipótese, mesmo que como afirmado anteriormente, a validação se baseie no observável na representação da figura na tela. Assim, o papel do professor formador, em estar atento às ações e formulações dos professores em formação, propondo novas questões sobre suas afirmações, contribuiu para o processo de (re) construção de conhecimento, em especial naquele momento, para a ação de validação.

Em relação ao papel do professor formador observa-se outro papel importante nesse momento da formação: o de observar que a professora em formação não estava conseguindo realizar a atividade devido a alguns erros de programação relacionados a não visualização/compreensão de propriedades da figura geométrica que estava sendo construída. Porém, este erro não é apontado pelo professor formador, ele não “entrega” informações para a cursista para que a mesma corrija sua descrição, e apenas realize a tarefa, sem conjecturar, sem refletir sobre os conhecimentos, o saber, em jogo.

Ao invés de “entregar” a informação, o professor formador ao ouvir da professora em formação: “[...] não tenho um paralelogramo”, faz novos questionamentos: “Por quê? Como você conclui isto?”, de modo que ela reflita sobre suas ações, analise sua descrição, depure e faça nova descrição. Diante disto, o erro passa a ser um elemento importante na construção de conhecimentos, pois ele representa um conhecimento que o aprendiz possui, e que pode ser usado como fonte de questionamentos, possibilitando novas reflexões.

Se por um lado, o fato do professor formador realizar questionamentos sobre as afirmações de Jade, com a intenção de que esta evolua no ciclo de ações desenvolvido produzindo novas depurações; por outro, tais questionamentos não interferem diretamente sobre o saber em jogo, fazendo com que o sujeito em questão, aja sobre a situação, depurando suas descrições, possibilitando a realização de novas formulações e validações, favorecendo o processo de construção de conhecimentos.

Após algum tempo, no mesmo encontro, Jade afirmou que continuava com o mesmo problema, não conseguia encontrar o ângulo de giro para construir o terceiro lado. Ou seja, parecia ser necessário articular outras propriedades, conhecimentos, à propriedade do paralelogramo já usada/conhecida pela professora: paralelogramo é “um quadrilátero de lados opostos paralelos e medidas congruentes”. Ou seja, era necessário articular conhecimentos sobre ângulos internos e externos da figura geométrica, por exemplo, as relações entre eles.

Ao considerar a espiral de aprendizagem e o ciclo de ações de Valente (2005), em especial no papel do agente de aprendizagem neste processo, o professor formador, voltou a questionar Jade sobre as características dos lados e dos ângulos de um paralelogramo.

Jade afirmou: “*ah! os lados são iguais e paralelos*”, mas nada comentava sobre a relação entre ângulos da figura. Jade apenas afirmava que não conseguia encontrar o ângulo adequado de giro; não conseguia estabelecer relações entre o conhecimento sobre paralelogramo já construído e conhecimentos sobre ângulos alternos ou colaterais, ao considerar as retas suportes dos dois lados paralelos e a do lado transversal a estes dois. Esses conhecimentos sobre ângulos precisavam ser mobilizados ou construídos a partir da tarefa dada, usando o Klogo.

O professor formador fez novos questionamentos a Jade: “Na sua segunda tentativa estou vendo que o terceiro comando é D60, quando a tartaruga gira 60° , o ângulo interno aqui é 130° ? E, como encontraremos esse ângulo de giro para então construir o terceiro lado?” Jade respondeu: “Não sei...”.

É possível analisar nesse diálogo que o professor formador não fornece o valor do ângulo a ser usado para solucionar a atividade. Ele assume o papel de mediador da aprendizagem, ou seja, não entrega respostas prontas, utilizando as palavras de Brousseau (2008), o professor formador assumiu não interferir diretamente sobre o saber em jogo de Jade, intervindo de modo que ela identificasse o erro e buscasse depurar os comandos utilizados, evoluindo em sua espiral de aprendizagem.

Depois de mais algum tempo, considerando pela resposta apresentada por Jade que houve novas depurações a partir dos questionamentos do professor formador, e possíveis abstrações empíricas e/ou pseudoempíricas, Jade apresentou a 3ª tentativa (ver figura da 3ª descrição no Quadro 1): A140, E90, F130, D50, F130, D50, D30, D20, D10, D10, D10, F 130, D 90, E 20, E 10, F 130, A 130.

Observa-se na 3ª descrição, que Jade conseguiu encontrar o ângulo de giro (para construir o terceiro lado), mas por tentativas, o que pode ser comprovado pela seguinte justificativa de Jade em relação à sua nova proposta: “*Eu girei, 50, depois 30, depois 20, depois 10, depois 10, depois 10 e ficou retinho.*” A expressão “*ficou retinho*”, usada por Jade, refere-se ao terceiro lado, que havia ficado paralelo ao lado oposto da figura.

Observa-se que Jade justifica suas ações em aspectos e características físicas da figura, como por exemplo, a forma da figura geométrica, não utilizando relações entre os ângulos necessários para a construção do paralelogramo, solução do problema proposto. As abstrações, segundo o ciclo de ações de Valente (2005), parecem ser ainda empíricas, obtidas por propriedades observáveis no objeto como tal, das suas características materiais, no caso, a figura do paralelogramo. Jade parece que “*tira suas informações [...] de modo geral, pois, dos observáveis*” (PIAGET, 1995, p.274).

Ao ser questionada sobre a forma como encontrou o ângulo de giro para construir o terceiro lado da figura (dificuldade encontrada pela professora em formação), Jade afirma: “*Eu girei, 50, depois 30, depois 20, depois 10, depois 10, depois 10 e ficou retinho.*” Afirmação que parece caracterizar uma abstração empírica.

Diante do exposto, é válido observar que momentos ligados a TSD identificados aqui, podem ocorrer simultaneamente, passar de um para outro, se entrelaçar e não necessariamente seguir a ordem: ação, formulação e validação. O aluno pode

em sua interação com o problema, formular uma hipótese ao agir sobre ele como ocorreu na 1ª tentativa de Jade. Assim, as ações de ação e formulação podem ocorrer simultaneamente.

Essa etapa da ação de Jade, em que ela encontrou o ângulo de giro para a construção do terceiro lado mediante tentativas, não recorrendo ainda a saberes teórico sobre paralelogramos, é caracterizada por Brousseau (2008) como uma situação de ação. Ao agir (ação) sobre a tarefa, a professora em formação encontrou uma possível solução, que é formulada (descrita) em termos dos comandos do software Klogo; ao tentar validá-la, percebeu que algo estava errado o que a instigou a recomeçar o ciclo (ação, formulação, validação). É importante destacar que o papel do formador nesse processo de ação, formulação e validação contribuiu para que a professora em formação evoluísse em seu processo de (re)construção de conhecimento. As perguntas, as intervenções pontuais nos momentos de conflitos cognitivos, oportunizaram a reflexão sobre as escolhas, sobre estratégias e conceitos utilizados, alimentando a espiral de aprendizagem.

Mesmo conseguindo construir o terceiro lado do paralelogramo, o problema enfrentado por Jade continuava, pois ao traçar o terceiro ângulo (que dá origem ao quarto lado da figura – ver 3ª descrição do Quadro 1), podemos observar que a construção continuava sendo por tentativas. Ao perceber que o paralelogramo não fechou, Jade fez a seguinte pergunta: “*acho que não fechou por que andei pra frente 130, tá certo essa medida aqui?*”. Referindo-se a medida do lado do paralelogramo e não a do ângulo de giro.

Professor: “que características têm os lados de um paralelogramo”?

Jade: “tem que ser iguais, então está certo... então, o problema não está na medida do lado e sim na medida do ângulo, é isso?”.

Professor: “Qual o ângulo de giro”?

Jade: “é 90°...?”

Professor: “Mas se usar 90°, para onde o cursor vai?”.

Jade: “ah não! tem que ser 60°”.

O professor formador observou que Jade até aquele momento não estava fazendo nenhuma relação com as propriedades do paralelogramo relacionadas a ângulos, e que os avanços que estava obtendo na atividade eram oriundos de tentativas, como afirmado anteriormente. Ou seja, o objeto a ser apreendido ainda não havia sofrido nenhuma ou pouca modificação mental pelo sujeito, nem havia se enriquecido de propriedades ocasionadas pelas coordenações mentais de Jade (PIAGET, 1995). No entanto, no último diálogo apresentado, iniciava-se um movimento que, ainda não com certeza, poderia favorecer abstrações pseudoempíricas e talvez, abstrações reflexionantes.

Como em uma abordagem construcionista, um dos papéis do professor é deixar que seus alunos realizem tentativas, testem suas hipóteses, elaborem conjecturas, bem

como as experimentem; o professor formador solicitou que Jade experimentasse girar 60° e verificasse se o cursor iria se posicionar de forma a “fechar” um paralelogramo. Jade assim o fez e verificou que não. Então novamente o professor formador lhe disse: “*Lembre-se que característica tem esse último lado a ser construído em relação ao lado oposto dele. Melhor, esses dois lados não têm que ficar com a mesma inclinação? Então, pensando nisso, qual será o ângulo de giro?*”

Jade respondeu: “*será então um giro de 50° , porque esses ângulos são correspondentes* (se referindo ao ângulo interno de 50° formado pelo 2° e o 3° lado construído, com o suplementar do ângulo interno de 130° , oposto ao ângulo dado na figura), *ahh! agora sim*”. Após essas observações, Jade apresentou os seguintes comandos como solução: E90, F130, D50, F130, D100, D30, F130, D50, F130 (Ver figura na 4ª tentativa, no Quadro 1).

Nessa depuração, segundo o ciclo de ações de Valente (2005), existem indícios de abstrações pseudoempíricas, pois Jade conseguiu retirar algumas informações da figura construída, coordenando-as mentalmente com outras informações não presentes no objeto (a afirmação: esses ângulos são correspondentes), para encontrar o ângulo e construir o último lado do paralelogramo. Nessa etapa da atividade em desenvolvimento é possível observar ainda, que Jade vivenciava uma situação de validação, visto que recorrendo a uma linguagem matemática mais apropriada, convence o professor formador do porque da escolha da medida do ângulo, utilizando o saber em jogo (ângulos formados por paralelas interceptadas por uma transversal) para validar sua escolha.

Com relação aos questionamentos que o professor formador lançava a Jade, e ao grupo, procurou-se não fornecer respostas prontas, mesmo que em alguns momentos elas fossem dicas diretas para a construção do conhecimento em jogo. Mas, isto mostra o quão difícil é trabalhar em uma abordagem construcionista, oportunizando a construção da espiral de aprendizagem (VALENTE, 2005), em que os sujeitos da ação fazem suas coordenações mentais, (re)construindo conhecimentos.

Da mesma forma pode-se inferir o quão difícil é criar momentos adidáticos, nos quais os alunos são sujeitos ativos que constroem conhecimento por seu próprio mérito, sem interferência direta do professor sobre o saber em jogo (BROUSSEAU, 2008). Assim, o papel do formador é também o de refletir continuamente sobre a sua prática, pois abandonar velhos métodos, que se baseiam na “entrega de informações” aos alunos não é uma tarefa fácil.

Finalizado o item (a) da tarefa, Jade voltou-se para a resolução do item (b), que consistia em explicitar os conhecimentos utilizados para a realização da atividade. Jade respondeu: “*geometria plana, segmentos, semirretas, ângulos agudos, obtusos, retos, suplementares e complementares*”. É possível observar que Jade não se referiu a muitos dos conhecimentos utilizados, principalmente aos relacionados a ângulos formados por duas paralelas interceptadas por uma transversal, e propriedades dos paralelogramos, mobilizados/usados por ela. Provavelmente a ação realizada por Jade ainda estava no nível prático, do fazer, e pouco no nível mental, das coordenações das ações mentais. O que comprova o que foi afirmado anteriormente.

O item (c) da atividade previa a seguinte tarefa: “Utilize os mesmos conhecimentos elencados por você no item anterior e construa outro paralelogramo. O que você observou? Quais as características dos paralelogramos com relação a lados e ângulos?” Jade apresentou duas tentativas de resolução: para a 1ª tentativa apresentou os seguintes comandos: F 150, D 90, F 150, D 30, E 60, F 150.

Naquele momento parece que Jade tentou construir um quadrado, pode-se inferir isso devido ao segundo comando D90, e aos quarto e quinto comandos (D30 e E60) na tentativa de obter 90°. Porém, a direção usada no comando E60, não foi correta, pois a figura não representa um quadrado, e conseqüentemente não representa um paralelogramo. Jade depurou as informações obtidas e elaborou uma nova descrição.

Nessa etapa da depuração observou-se que havia indícios de abstração empírica, pois, Jade observava a figura construída e retirava as informações dela, concluindo que o terceiro lado deveria ser paralelo ao primeiro. Pode-se comprovar isto no diálogo a seguir entre professor formador e Jade:

Professor: “Por que você mudou os comandos? Como verificou que a figura formada não geraria um paralelogramo?”

Jade: “Esse lado aqui oh! Deveria ficar aqui (indicando que o lado deveria ser paralelo ao lado oposto), e não para cima como está!”

A segunda tentativa de Jade para esta atividade foi composta dos seguintes comandos: D 90, F 140, E 30, E 10, F 140, E 140, F 140, E 40, F 140. Pode-se observar que Jade parecia ter usado na construção, propriedades específicas relacionadas a ângulos do paralelogramo. Observa-se ainda que, tanto nesta atividade quanto na atividade do item (a), Jade escolheu medidas iguais para os lados, construindo uma figura que representa um losango.

Para saber se esta resolução estava baseada apenas em uma prática sem reflexões, após o primeiro encontro presencial, em um ambiente virtual, foi solicitado para que Jade enviasse a construção de outro paralelogramo com medidas dos lados e ângulos diferentes das usadas em outras figuras construídas por ela. Obteve-se como resposta os seguintes comandos: E 90, F 100, D 50, F 50, D 130, F 100, D 50, F 50. Observa-se que nesta nova solução foram alteradas as medidas dos lados, mas os ângulos foram os mesmos usados por alguns colegas no item (a) da atividade proposta inicialmente.

Sem mais questionar Jade, parece que as abstrações por ela realizadas ao longo da realização das tarefas, indicam alguns indícios de reconstrução do conceito de paralelogramo. Jade começou a usar corretamente nesta última tarefa, e já na segunda tentativa do item (c), conhecimentos relacionados a ângulos do paralelogramo, em conseqüência de novas coordenações mentais que realizou.

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Em vários momentos da análise pode-se observar que há indícios de (re)construção de conhecimento sobre paralelogramo pela professora que participou da pesquisa, ocasionado/provocado pelo uso do ambiente Klogo. Isto pode ser observado desde a proposição da primeira atividade, que exigia a construção de um paralelogramo a partir de uma figura dada. Para a realização da tarefa proposta, os conhecimentos sobre ângulos demoraram a ser incorporados ao conceito de paralelogramo.

A professora investigada identificava inicialmente algumas propriedades do paralelogramo, porém aos poucos, vivenciando o ciclo de ações e a espiral de aprendizagem, conhecimentos sobre paralelogramos foram sendo (re)construídos com o uso do software Klogo.

O que se pode concluir a partir da análise realizada é que ao trabalhar com o software Klogo, o professor em formação (re)construiu conhecimentos sobre paralelogramos, por exigência da tarefa a ser realizada com este software. Isto porque as atividades propostas no Klogo exigiram conhecimentos e estratégias de resolução que necessitavam de conhecimentos relacionados às relações entre medidas de lados da figura geométrica e relacionados aos ângulos e suas relações.

Nesse sentido, foi necessário mobilizar, por exemplo, propriedades de medidas de ângulos formados por retas paralelas interceptadas por uma reta transversal, nem sempre necessárias quando exploramos a construção de paralelogramos usando o lápis e papel. Mas, com o software Klogo, e a partir das tarefas propostas, esses conhecimentos precisaram ser mobilizados.

Foi possível observar também que a professora em formação, ao agir sobre a situação proposta, entrou no jogo, tomou o problema como seu, e vivenciou situações de formulação e algumas validações. E, no movimento de ação, formulação e validação, vivenciado pela professora, aliado aos questionamentos pontuais do professor formador, se oportunizou a vivência de momentos adidáticos.

Outro ponto importante a destacar da pesquisa refere-se ao fato de se utilizar o software Klogo como instrumento que possibilita vivenciar e manter o ciclo de ações. Ao agir sobre uma dada situação proposta, a professora em formação descreveu uma possível solução usando comandos do software, caso a resposta dada pelo software fosse inadequada para o que ela buscava, ela agia novamente, realizando abstrações e depurações, e descrevendo uma nova solução, a fim de encontrar a solução desejada. Assim, à medida que interagia com o problema, o ciclo de ações era mantido e a cada nova descrição, seu conhecimento sobre paralelogramos foi (re)construído.

O movimento contínuo de ação, formulação e validação, oportunizou a vivência do ciclo de ações pelo professor em formação. E, o papel do professor formador em questionar e orientar o professor em formação, durante todo o processo, contribuiu para manter o ciclo de ações e a espiral de aprendizagem, pois a medida em que o professor formador intervém na situação, com questionamentos pontuais, “desafia” o aprendiz a refletir sobre suas certezas e produção.

Foi possível observar momentos adidáticos, nos quais o professor formador interveio sobre a situação e não sobre o saber, oportunizando ao professor em formação um papel ativo na construção do conhecimento. No entanto, são muitos os desafios para o professor formador atuar nesta perspectiva, investindo na formação do professor formador.

A pesquisa contribuiu para refletir sobre a importância da formação continuada para professores de matemática, usando tecnologias digitais em uma abordagem construcionista. Afinal, romper com os modelos de educação baseados em práticas de abordagem instrucionista não é um processo fácil, pois atuar em uma abordagem construcionista exige do professor formador estudos, reflexões e aprendizagem contínua.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Maria Elizabeth Bianconcini Trindade Morato Pinto de. *Informática e educação: diretrizes para uma formação reflexiva de professores*. 1996. 194f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo. 1996.
- BROUSSEAU, Guy. Os diferentes papéis do professor. In: PARRA, Cecília; SAIZ, Irma (Org.). *Didática da Matemática: reflexões psicológicas*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996b. Cap. 4. p.48-72.
- _____. *Introdução ao estudo das situações didáticas: conteúdos e métodos de ensino*. São Paulo: Ática, 2008.
- BECKER, Fernando. Ensino e construção do conhecimento: o processo de abstração reflexionante. *Educação e realidade*, v.18, n.1, p.43-52, jan./jun. 1993.
- FREITAS, José Luiz Magalhães. Teoria das situações. In: MACHADO, Silvia Dias Alcântara (Org.). *Educação Matemática: uma (nova) introdução*. São Paulo: EDUC, 2008. p.77-111.
- KENSKI, Vani Moreira. *Tecnologias de ensino presencial e a distância*. São Paulo: Papirus, 2003.
- PAPERT, Seymour. *A máquina das crianças*. Porto Alegre: Artmed, 2008.
- PIAGET, Jean. *Abstração reflexionante*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995.
- VALENTE, José Armando. *Informática na educação: instrucionismo x construcionismo*. 1997. Disponível em: <<http://www.divertire.com.br/educacional/artigos/7.htm>>. Acesso em: 20 set. 2011.
- _____. José Armando. *Pesquisa, comunicação e aprendizagem com o computador*. 2003. Disponível em: <midiasnaeducacao-joanirse.blogspot.com>. Acesso em: 10 maio 2011.
- _____. José Armando. *A espiral da espiral de aprendizagem: o processo de compreensão do papel das tecnologias de informação e comunicação*. 2005a. 137f. Tese (livre docência), Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Artes, São Paulo. 2005.