

TSD, O CICLO DE AÇÕES E A ESPIRAL DE APRENDIZAGEM: UMA EXPERIÊNCIA DE (RE)CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTOS SOBRE PARALELOGRAMOS COM PROFESSORES DE MATEMÁTICA

Ádamo Duarte de Oliveira*
Suely Scherer**

Resumo: Este artigo apresenta um recorte de uma pesquisa cujo objetivo foi investigar se e como conceitos de paralelogramos são (re)construídos por professores de matemática do 6º ao 9º ano do Ensino Fundamental, participantes de uma ação de formação continuada, ao realizarem atividades com o software Klogo. A ação de formação foi estruturada em encontros presenciais e virtuais. O referencial teórico da pesquisa são os estudos de Brousseau, sobre a Teoria das Situações Didáticas e os estudos desenvolvidos por Valente que trata do ciclo de ações e a espiral da aprendizagem. A análise dos dados mostra que, ao realizar atividades com o software Klogo, a professora analisada neste artigo (re)construiu o conceito de paralelogramo; e que o papel do formador foi importante para favorecer o processo de reconstrução de conceitos.

Palavras-chave: (Re)construção de conhecimentos. O ciclo de ações e a espiral de Aprendizagem. Formação continuada de professores. Teoria das Situações Didáticas.

TSD, THE CYCLE OF ACTIONS AND SPIRAL OF LEARNING: AN EXPERIENCE OF (RE)CONSTRUCTION OF KNOWLEDGE ABOUT PARALLELOGRAMS WITH MATH'S TEACHERS

Abstract: This article presents an part of a research whose objective is to investigate whether and how concepts of parallelograms are (re)constructed by math's teachers from sixth to ninth grade of elementary school, participating in an action of continuing trainer, when performing activities with Klogo software. The action was structured training and face to face meetings presenciais. The theoretical reference of the research are studies Brousseau, on the Theory of Didactic Situations and studies developed by Valente , which deals with the cycle of actions and the spiral of learning. Data analysis shows that when performing activities with the software Klogo, the teacher analyzed in this article (re)built the concept of parallelogram, and the trainer's role was important to encourage the process of reconstruction of concepts.

Keywords: (Re)construction of knowledge. The cycle of actions and the spiral of learning. Continuing training of teachers. Theory of Didactic Situations.

Introdução

As tecnologias digitais estão presentes em vários segmentos 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”. Partindo deste contexto, questiona-se: como as tecnologias podem contribuir com o processo de aprendizagem em matemática? Como ocorre o processo de construção de conhecimentos com uso de tecnologias digitais?

A partir destas questões, formulou-se a questão norteadora da investigação, um recorte da qual é apresentado aqui com a análise de dados de um professor: como conceitos de paralelogramos 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 Klogo¹?

Neste artigo, esta questão é discutida a partir de dois estudos teóricos. O primeiro, sobre o ciclo de ações e a espiral da aprendizagem proposto por Valente (1997; 2003; 2005), possibilitou analisar se e como ocorre a (re)construção de conceitos de paralelogramos pelos professores em formação, participantes da pesquisa. O segundo, a Teoria das Situações didáticas (TSD) desenvolvida por Brousseau (2008), possibilitou organizar uma sequência didática e delinear o papel do professor formador, a partir do desenvolvimento de uma ação de formação continuada de professores, usando o ambiente Klogo.

Para investigar a questão de pesquisa, traçou-se o seguinte caminho metodológico: a) a escolha de um referencial teórico que permitisse compreender como ocorre o processo de construção de conhecimentos com o uso do computador; b) a coleta dos dados a serem analisados, a partir da organização de uma ação de formação continuada de professores, pautada na abordagem construcionista de Papert (2008) e na Teoria das Situações Didáticas (TSD) de Brousseau (2008); c) a análise dos dados a partir de registros obtidos no software, no ambiente virtual e nas gravações de áudio, durante o desenvolvimento da ação de formação de professores.

Os dados foram analisados a partir das seguintes categorias de análise: dificuldades encontradas pelos professores na resolução das atividades no software Klogo, estratégias utilizadas pelos professores na resolução das atividades e possíveis abstrações realizadas pelos

¹ O software Klogo é um software de programação que utiliza a linguagem Logo. Este software está disponível nos laptops distribuídos pelo projeto UCA (Um computador por Aluno).

professores durante a realização das atividades segundo o ciclo de ações de Valente (1997; 2003; 2005). Também é discutida neste artigo a importância do papel do professor formador durante a ação de formação continuada.

Neste artigo, será analisado o processo de (re)construção do conceito de paralelogramo realizado por uma professora ao desenvolver atividades no software Klogo. A professora em formação, cujas ações são analisadas neste artigo, recebe o nome fictício de Marcela. Marcela possui licenciatura plena em matemática e experiência de sala de aula de um ano e meio na rede municipal de educação.

O ciclo de ações e a espiral da aprendizagem

A ideia de ciclo de ações possibilita compreender como ocorre o processo de aprendizagem de sujeitos em interação com o computador. Inicialmente, podemos entender o ciclo como uma sequência de ações que o aprendiz desenvolve usando o computador para a execução de alguma situação (tarefa) proposta. Segundo Valente (2005), o ciclo acontece em uma sequência, um ciclo aberto composto pelas ações: descrição-execução-reflexão-depuração. A figura 1 a seguir representa o ciclo de ações proposto por Valente (2005). Nela é possível identificar cada um dos elementos deste ciclo e as ações do aprendiz usando o computador:

Figura 1: o 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, nesta fase, o aprendiz elabora uma série de comandos específicos e os descreve usando a linguagem de um determinado software. A ação de “*execução*” é realizada pelo computador, que a partir de comandos recebidos, “*simula*” na tela a resposta construída em linguagem do software utilizada pelo usuário. Quando o aprendiz se depara com a resposta, ele reflete e depura informações. 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 pseudo-empírica* (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 último seria uma (re)organização, (re)construção, no patamar superior do conhecimento, daquilo que foi retirado do patamar inferior.

Neste processo de abstração, o aprendiz passa pela etapa da *depuração*, realizando uma nova descrição a partir de escolhas que considera mais adequadas a solução do problema, filtrando conceitos e/ou estratégias usadas anteriormente. Surge assim uma nova descrição, fruto da depuração da descrição anterior, composta com novos conceitos e/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 nesta teoria 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 nesta 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

Como relatado anteriormente, a ação de formação desenvolvida com os professores participantes da pesquisa foi pautada na abordagem construcionista de Papert (2008). Em ações de formações 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.

Diante disso, é de responsabilidade do professor criar situações que desafiem seus alunos, que os motivem pela busca de respostas, assim “[...] é o meio que deve ser modelado” (BROUSSEAU, 2008 p.19), proporcionando a construção do conhecimento pelo aluno. Pensando nisso, formulou-se uma sequência didática utilizada na ação de formação desta pesquisa, pautada na TSD de Brousseau (2008), que permitisse criar esse ambiente desafiador que favorece o processo de construção de conhecimentos.

A sequência didática das atividades² foi pensada de forma a desafiar constantemente os alunos (professores em formação), a tomarem os problemas propostos como se fossem seus, sintetizando algum conhecimento, a partir do problema (situação) proposto, por seus próprios meios cognitivos, sem interferência direta do agente de aprendizagem (professor formador), sobre o saber em jogo; isso foi caracterizado por Brousseau (2008) como uma *situação adidática*.

Uma situação adidática caracteriza-se essencialmente pelo fato de representar determinados momentos do processo de aprendizagem nos quais o aluno trabalha de maneira independente, não sofrendo nenhum tipo de controle direto do professor relativamente ao conteúdo matemático (FREITAS, 2008, p.84).

Porém, para que o aluno trabalhe de maneira independente, ele deve tomar o problema como se fosse seu, ou ser ele o criador da problemática. Essa atitude de tomar o problema como seu, foi chamada por Brousseau (2008) de *devolução*. A partir do momento em que ocorre a devolução, pode-se dizer que fica caracterizado uma *situação adidática* (FREITAS, 2008). Cabe ao professor, então, não apenas comunicar um problema ao aluno, mas criar meios, desafiar os alunos de tal forma que este aceite o problema como seu.

É claro que a escolha de bons problemas (pelo professor), aliada a atitude do professor de não interferir diretamente no conteúdo matemático em questão, abre caminhos para que uma *situação adidática* ocorra. 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”.

² Neste artigo, analisaremos a resolução de uma das atividades desta sequência criada.

É a escolha de problemas que irá favorecer a *devolução* e proporcionar que o aluno vivencie o que Brousseau (2008) nomeou como *situações adidáticas de ação, formulação e validação*. Num determinado contexto de aprendizagem, entende-se por *situação de ação*, aquela em que 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). Dessa forma, o aluno pensa em uma estratégia de resolução, apresenta uma determinada solução para o problema proposto, mas sem explicitar algum conhecimento de natureza teórica, não evidenciando claramente como chegou a tal solução. 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 (FREITAS, 2008). Quando o aluno, em um determinado contexto de aprendizagem, apresenta “mecanismos de prova e em que o saber é usado com essa finalidade” (FREITAS, 2008, p.98), configura-se uma *situação de validação*.

Na pesquisa desenvolvida, ao pensar nas atividades (sequência didática) que foram utilizadas na ação de formação, o professor formador (um dos autores deste artigo) tomou o cuidado de formular problemas que pudessem mobilizar os professores participantes, para a busca da solução, vivenciando *situações adidáticas*, tomando o problema como se fosse seu, como algo desafiador que proporcionasse a reconstrução de conhecimentos de geometria plana, em especial de paralelogramo.

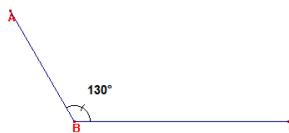
No fechamento das atividades da ação de formação (final de cada encontro), o professor formador procurou “estabelecer o caráter de objetividade e de universalidade do conhecimento [...], um estatuto mais universal do que aquela limitação imposta pela particularidade do problema estudado” (FREITAS, 2008, p.101). No entanto, neste artigo não apresentamos este tipo de situação, procuramos nos deter apenas aos momentos adidáticos vivenciados pela

professora em formação em questão e em alguns dos papéis desenvolvidos pelo formador no processo de formação.

(Re)construindo o conceito de paralelogramo: uma experiência de formação continuada

A tarefa proposta no primeiro encontro da formação foi a seguinte: a) Observe a figura abaixo 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: Atividade Proposta no 1º Encontro



Para a resolução da tarefa proposta, Marcela apresentou quatro tentativas. Ao discutir a Teoria das Situações Didáticas proposta por Brosseau (2008), é possível identificar nas ações de Marcela que ela “entra no jogo” e aceita o problema como seu, ou seja, que ocorre a devolução, pois realizou tentativas para solucionar as tarefas propostas.

O professor formador notou ainda que, durante o processo de aprendizagem, Marcela 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”. Marcela, pelo recorte de uma conversa apresentada a seguir, sentiu-se instigada e até pareceu duvidar que apenas com os comandos básicos apresentados fosse possível construir a figura geométrica da tarefa.

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

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

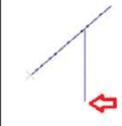
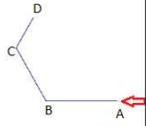
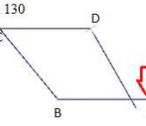
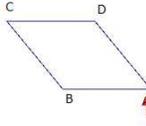
Professor: “Sim, dá pra fazer!”.

Marcela: “*tem certeza...?*” (risos).

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

O Quadro 1 a seguir apresenta as quatro tentativas feitas por Marcela para solucionar a tarefa proposta. As setas indicam o ponto inicial do cursor do software ao iniciar a construção do paralelogramo. As Letras A, F, E e D seguidas por um valor numérico, significam, respectivamente: Atrás, Frente, Esquerda e Direita. Por exemplo, os comandos A100 e F100 farão com que o cursor “risque” 100 passos para trás ou para frente, respectivamente, enquanto que E20 ou D20, por exemplo, fará com que o cursor gire 20° para a esquerda ou para a direita, respectivamente.

Quadro 1: Tentativas de Marcela³

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
			

Pode-se observar que, na 1ª tentativa, a professora em formação havia conseguido construir uma figura com alguns do problema, todavia em posição diferente. Para resolver a atividade, Marcela questionava o seguinte: “*Como faço para que ele gire aqui, quero que este lado fique assim...*”. Isto se referindo ao terceiro lado a ser construído (segmento CD), para que ficasse paralelo ao seu lado oposto (na figura, segmento AB). Essa dificuldade encontrada por

³ Nas figuras do quadro 1, foram acrescentadas letras maiúsculas a fim de que no texto possam ser feitas menções dos lados do paralelogramo a ser construído por Marcela, facilitando a leitura. Vale destacar que, durante a resolução das atividades, Marcela não realizou tal procedimento.

Marcela foi a mesma encontrada por outros professores que participaram da ação de formação: o ângulo para construir o terceiro lado do paralelogramo.

O professor formador perguntou a Marcela quando esta apresentou o segundo grupo de comandos: “*Por que você mudou de comandos*”? Ela respondeu que ficava muito ruim construir a figura desta forma (como na 1ª tentativa), por isso resolveu construí-la na posição horizontal, conforme a posição da figura dada na tarefa.

Mesmo mudando de estratégia, nota-se que a dificuldade de Marcela continuava: encontrar o giro (a medida do ângulo) que o cursor deveria fazer para construir o terceiro lado da figura (segmento CD), de forma a ficar paralelo ao seu lado horizontal (segmento AB). Nesta segunda tentativa, vale notar ainda que os três últimos comandos (D90, E20 e F110) não aparecem no desenho, visto que o cursor “sai” da tela devido aos 140 passos utilizados no comando F140.

Observa-se que a resposta oferecida pelo software não correspondia à imagem de um paralelogramo. Ao perceber isto, Marcela inicia um novo diálogo com o formador:

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

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

Marcela: “*Olhei para o terceiro lado, não fica retinho, olha aqui oh!.. vou recomeçar...*”

Marcela, 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 Marcela. O que se observa, de acordo com os dados obtidos, é que nesta etapa da atividade, as formulações e validações de Marcela estão fortemente relacionadas aos aspectos físicos da figura – a forma – usados por ela para justificar que a figura em questão não é um paralelogramo.

É importante destacar nesta etapa da atividade, que a pergunta lançada pelo professor formador (“*Por quê? Como você conseguiu concluir isso?*”), de certa forma, “desafia” Marcela a validar sua hipótese, mesmo que, como afirmado anteriormente, a validação se baseie na “forma” da figura. Assim, o papel do professor formador em estar atento às ações e formulações dos professores em formação, propondo novas questões sobre suas afirmações, contribui para o processo de construção de conhecimento, em especial para o processo de validação.

Ainda quanto ao papel do professor formador, percebem-se algumas ações importantes nesta etapa da atividade. Uma delas é a de observar que a professora em formação não estava conseguindo realizar a atividade devido a alguns erros de programação cometidos. 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 solucione atividade.

O professor formador, ao ouvir da professora em formação “[...] *não tenho um paralelogramo*”, lança-lhe novos questionamentos: “*Por quê? Como você conclui isto?*”, de modo que ela reflita sobre suas ações, analise sua 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.

No diálogo estabelecido anteriormente, percebe-se que a professora em formação afirmou ainda continuar com o mesmo problema, pois não conseguia encontrar o ângulo de giro para construir o terceiro lado (segmento CD). Ou seja, parecia ser necessário articular ao conhecimento já construído sobre paralelogramo (um quadrilátero de lados opostos paralelos e congruentes), conhecimentos relacionados aos ângulos internos e externos da figura e as relações entre eles.

Neste sentido, pensando na espiral de aprendizagem e no ciclo de ações de Valente (2005), em especial no papel do agente de aprendizagem neste processo, o professor formador voltou a questionar sobre as características dos lados e dos ângulos de um paralelogramo com o intuito de que a professora em formação evoluísse na espiral de aprendizagem em construção. Marcela disse: “*ah! os lados são iguais e paralelos*”, mas nada comentava sobre a relação entre

ângulos da figura. Marcela apenas afirmava que não conseguia encontrar o ângulo adequado de giro; não conseguia estabelecer relações entre o conceito de paralelogramo talvez já construído anteriormente e conceitos de ângulos alternos ou colaterais (formado por retas paralelas e transversais), ao considerar dois lados paralelos e um lado transversal a estes dois. Estes conceitos de ângulos precisam ser mobilizados e articulados ao conhecimento sobre paralelogramos na tarefa dada a partir do ambiente escolhido: o Klogo.

O professor formador resolveu então fazer outros questionamentos a Marcela: *“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?”*. Marcela respondeu: *“Não sei...”*.

É possível analisar ainda no diálogo anterior que o professor formador não fornece o valor correto 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), é aquele que não interfere diretamente sobre o saber em jogo, mas interfere de tal modo que o aluno compreenda o erro e busque formas de aproveitá-lo para construção de conhecimento.

Passado algum tempo do último diálogo estabelecido, Marcela apresentou a 3ª tentativa que possuía os seguintes comandos: A140, E90, F130, D50, F130, D50, D30, D20, D10, D10, D10, F130, D90, E20, E10, F130, A130. Esta tentativa pode ter sido produzida, considerando novas depurações a partir dos questionamentos do professor formador, e possíveis abstrações empíricas e/ou pseudo-empíricas realizadas por Marcela.

Observa-se, na 3ª tentativa, que Marcela conseguiu encontrar o ângulo de giro (para construir o terceiro lado - representado na figura do Quadro 1 pelo segmento CD), mas por tentativas, o que pode ser comprovado pela seguinte justificativa de Marcela 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 Marcela refere-se ao terceiro lado, que havia ficado paralelo ao lado oposto da figura.

Percebe-se aqui que a professora em formação está ligada fortemente a aspectos e características observáveis da figura como, por exemplo, a forma, não utilizando nenhuma

propriedade dos ângulos de paralelogramos para solucionar o problema. As abstrações, pensando no ciclo de ações de Valente (2005), parecem ser ainda empíricas, obtidas por propriedades observáveis no objeto como tal, das suas características materiais, no caso, o desenho do paralelogramo. Marcela “tira suas informações [...] de modo geral, pois, dos observáveis” (PIAGET, 1995, p.274).

Nesta etapa da atividade, nota-se que Marcela utiliza conhecimentos de natureza mais operacional. Ao ser questionada sobre o modo como encontrou o ângulo de giro para construir o terceiro lado da figura (dificuldade encontrada pela professora em formação), afirmou “*Eu girei, 50, depois 30, depois 20, depois 10, depois 10, depois 10 e ficou retinho*”, algo característico de uma situação de ação empírica.

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

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

Marcela: “*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?*”

Marcela: “*é 90°...?*”

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

Marcela: “*ah não! tem que ser 60°*”.

O professor formador observou que Marcela, 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 ocorriam por tentativas, como afirmado anteriormente. Ou seja, o objeto a ser apreendido ainda não havia sofrido nenhuma ou pouca modificação mental pelo sujeito, nem havia sido enriquecido de propriedades ocasionadas pelas coordenações mentais de Marcela (PIAGET, 1995). No entanto, neste último diálogo estabelecido entre o professor

formador e Marcela, iniciava-se um movimento que poderia levá-la a realizar abstrações pseudo-empíricas e talvez, mais à frente, a 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 e validem, o professor formador solicitou que Marcela experimentasse girar 60° e verificasse se o cursor iria se posicionar de forma a “fechar” um paralelogramo. Marcela 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?”*

Marcela respondeu: *“será então um giro de 50° , porque esses ângulos são correspondentes* (se referindo ao ângulo interno de 50° formado pelo 2º e o 3º lado construído, com o suplementar do ângulo interno de 130° , oposto ao ângulo dado na figura), *ahh! agora sim”*. Após estas observações, Marcela apresenta a 4ª tentativa: E90, F130, D50, F130, D100, D30, F130, D50, F130, que constrói o paralelogramo solicitado.

Nesta depuração, segundo o ciclo de ações de Valente (2005), existem indícios de abstrações pseudo-empíricas, pois Marcela 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.

Pode-se observar que Marcela, ao apresentar a 4ª tentativa, vivencia uma ação de formulação, e inicia um movimento que poderia levá-la a realizar uma validação. Marcela, ao dizer *“será então um giro de 50° ”* formula uma hipótese sobre o valor a utilizar na tarefa, e justifica esta escolha afirmando que os ângulos são correspondentes. No entanto, o professor formador poderia ter questionado Marcela, para que ela justificasse, validasse a sua formulação, detalhando a relação existente entre os ângulos da figura e as medidas de ângulos correspondentes.

Com relação aos questionamentos que o professor formador lançava a Marcela e ao grupo, procurou-se não fornecer respostas prontas (como visto em outras situações), mesmo que em alguns momentos algumas falas do professor formador indicassem a resposta (“*Melhor, esses dois lados não têm que ficar com a mesma inclinação? Então, pensando nisso, qual será o ângulo de giro?*”) ao conceito em construção. Mas, isto nos mostra 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 ainda 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 o tempo todo sobre a sua prática, pois abandonar velhos métodos, que se baseiam na “entrega de informações” aos alunos, não é uma tarefa fácil.

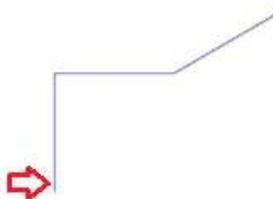
Finalizado o item (a) da tarefa, Marcela partiu para o item (b) da atividade, que consistia em explicitar os conhecimentos utilizados para a realização da atividade. Marcela respondeu: “*geometria plana, segmentos, semirretas, ângulos agudos, obtusos, retos, suplementares e complementares*”.

É possível notar que Marcela não se referiu a muitos dos conhecimentos utilizados, principalmente aos relacionados aos ângulos formados por duas paralelas cortadas por uma transversal, e propriedades dos paralelogramos usadas por ela. Talvez ao ser questionada apenas repetisse conteúdos, sem refletir sobre a questão formulada e sua relação com o que vivenciara na construção do paralelogramo. Ou, podemos inferir que ela usou conhecimentos na construção, mas apenas como uma ação prática, sem tomar consciência do seu uso. Como ela não foi questionada sobre a resposta, ficamos apenas com hipóteses.

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?

Marcela apresentou duas tentativas de resolução: para a 1ª tentativa apresentou os seguintes comandos: F150, D90, F150, D30, E60, F150. A figura 3 apresenta a resposta fornecida pelo computador a esses comandos.

Figura 3: 1ª tentativa item (c) / Marcela

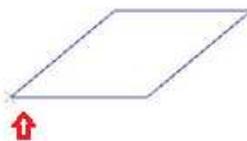


Neste momento parece que Marcela tentou construir um quadrado devido ao segundo comando (D90), e ao quarto e quinto comandos (D30 e E60) na tentativa de obter 90° . Porém, a direção usada no comando E60 não foi correta. Observando que a figura não formou um quadrado, nem um polígono, Marcela depurou as informações obtidas e elaborou nova descrição.

Nesta etapa da depuração, podem-se observar indícios de abstração empírica, pois, Marcela observa a figura construída e retira as informações dela (figura 3), concluindo que o terceiro lado deveria ser paralelo ao primeiro. Pode-se comprovar isto no diálogo entre o professor formador e Marcela: “*Por que você mudou os comandos? Como verificou que a figura formada não geraria um paralelogramo?*” Marcela respondeu: “*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 é composta dos seguintes comandos: D90, F140, E30, E10, F140, E140, F140, E40, F140. A resposta oferecida pelo software está na figura 4.

Figura 4: 2ª tentativa – item (c)/ Marcela



Podemos observar que Marcela parece ter usado nesta construção propriedades específicas relacionadas a ângulos do paralelogramo. Observa-se ainda que, tanto nesta atividade quanto na anterior do item (a), Marcela escolheu medidas iguais para os lados, construindo losangos.

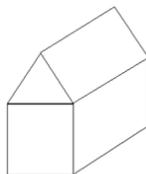
Para saber se esta resolução estava baseada apenas na prática, após o primeiro encontro presencial, em um ambiente virtual, foi solicitado que Marcela enviasse a construção de outro paralelogramo com medidas dos lados e ângulos diferentes das usadas em outras figuras por ela construídas. A resposta obtida foram os seguintes comandos: E90, F100, D50, F50, D130, F100, D50, F50. 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 Marcela, pareceu-nos que as abstrações por ela realizadas ao longo da espiral de aprendizagem indicam alguns indícios de reconstrução do conceito de paralelogramo. Marcela começou a usar corretamente, nesta última tarefa e já na segunda tentativa do item (c) (figura 4), ângulos internos opostos de mesma medida, em consequência de possíveis coordenações mentais entre as propriedades de ângulos em um paralelogramo e o conceito que possuía inicialmente sobre paralelogramos.

O item (d) da tarefa dada no 1º encontro consistia em construir um paralelogramo cujos ângulos externos fossem todos da mesma medida. Marcela apresentou duas soluções, ambas usando apenas uma tentativa: um quadrado e um retângulo. Os comandos apresentados foram os seguintes: E90, F70, F40, D90, F110, D90, F110, D90, F110, D90, F110 (Quadrado); E90, F120, D90, F60, D90, F120, D90, F60 (Retângulo).

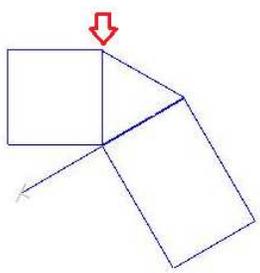
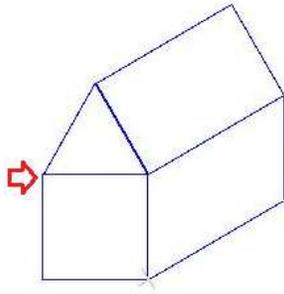
A tarefa proposta no 6º encontro (EaD) consistia na construção de uma casa, conforme sugere a figura 5.

Figura 5: Figura proposta- 6º Encontro



Pode-se observar que outros conceitos, como o de triângulo equilátero, estão relacionados à atividade, e podem ser usados para a construção de algum dos paralelogramos da figura (caso o aprendiz comece a construção pelo triângulo, por exemplo). Porém, analisaremos a (re)construção de conceitos relacionados aos paralelogramos da figura. Para a resolução da tarefa proposta, Marcela apresentou duas tentativas, o quadro dois mostra as tentativas, usando os comandos na linguagem do software:

Quadro 2: Tentativas e Comandos Utilizados por Marcela/ Casa

1ª Tentativa	2ª tentativa
<p>D180 / F80 / D90 / F80 / D90 / F80 / D90 / F80 / D90 / F80 / E120 / F80 / E120 / F80 / E120 / F80 / E120 / F80 / D90 / F80 / D90 / F120 / D90 / F80 / D90 / F120 / E90 / F80 / E120.</p> 	<p>D180 / F80 / D90 / F80 / D90 / F80 / D90 / F80 / E120 / F80 / E120 / F80 / E120 / F80 / E120 / F80 / D90 / F120 / D90 / F80 / D90 / F120 / A120 / E60 / F80 / D60 / F120.</p> 

Pode-se observar que Marcela conseguiu construir dois dos três paralelogramos que formam a figura da casa, mesmo que em uma posição diferente da figura dada. Observa-se ainda que parte do retângulo que representa o telhado da casa não aparece completamente na tela

devido à quantidade de passos registrados, no entanto, os comandos utilizados pela professora em formação acabam por resultar em um retângulo que “fecha”.

Ao tentar construir o terceiro paralelogramo (“lateral da casa”), vê-se que isto não é alcançado. Observa-se também que o comando E90 (antepenúltimo comando da 1ª descrição) faz o cursor girar um ângulo de 90° que não é apropriado para a construção da “lateral da casa”, isto é, o terceiro paralelogramo da figura dada.

Remetendo-se ao ciclo de ações e a espiral da Aprendizagem de Valente (2005), as abstrações vivenciadas por Marcela, e que a levaram a depuração da 1ª tentativa, gerando a 2ª descrição, parecem ser de natureza empírica.

Ao olhar para a figura na tela, Marcela percebeu que a “lateral da casa” não viria a fechar e, portanto, não construiria um paralelogramo. Isto é, Marcela retira informações dos observáveis, neste caso, a forma do objeto (a figura na tela).

Isto pode ser confirmado neste trecho de um diálogo gravado entre professor formador e professora em formação, que ocorreu no encontro seguinte (7º encontro):

Professor: *“Marcela, verificando suas atividades do encontro anterior, eu vi que você apresentou duas tentativas para a construção da casa, gostaria que você me explicasse como pensou pra mudar de estratégia, se lembra?”*

Marcela: *“Deixa eu ver...”*

Professor: *“Entra no ambiente, dê uma olhadinha...”*

Marcela: *“Ah sim! aqui na primeira eu girei 90° e não deu certo, o risco saiu pra fora, eu queria que ele tivesse passado aqui (referindo-se ao lado do quadrado que forma a frente da figura da casa) aí na segunda tentativa eu já corriji...”*

O professor formador poderia ter questionado Marcela no ambiente Virtual de Aprendizagem. Remetendo-se ao ciclo de ações e a espiral de aprendizagem de Valente (2005), no que diz respeito ao papel do agente de aprendizagem, o professor formador percebeu que para continuar na manutenção da espiral da aprendizagem desenvolvida por Marcela, era essencial questionar a aluna sobre suas depurações e, como isso não foi realizado no ambiente virtual, o agente de aprendizagem sentiu necessidade de realizar os questionamentos no encontro seguinte.

O professor precisa a todo tempo estar acompanhando o aluno em sua produção e lançar questionamentos, favorecendo o processo de construção de conhecimento. Por outro lado, ações de formação continuada organizadas no formato Bimodal de Educação, ajudam no resgate da produção dos alunos. Qualquer “descuido” que acontece (no presencial ou virtual), pode ser consertado em outra oportunidade durante o desenvolvimento da ação de formação.

Na segunda tentativa, percebe-se que Marcela conseguiu realizar a tarefa apresentada. Interessado em saber como ocorreu a depuração da 1ª tentativa, gerando a 2ª, o professor formador fez mais alguns questionamentos a Marcela. Veja a continuação do diálogo apresentado anteriormente:

Professor: *“Então... repeti sua solução para a atividade, e observei que você resolveu andar para trás 120. Mas você acabou de dizer que queria passar pelo lado deste quadrado (referindo-se ao quadrado que forma a frente da casa), por que você mudou de estratégia?”*

Marcela: *“Fica difícil... ia ficar complicado achar o ângulo de giro pro cursor passar aqui em cima (referindo ao lado do quadrado que forma a frente da casa), tentei fazer uns cálculos no papel, mas não consegui..., ai resolvi voltar... fica mais fácil por que sei quanto são os ângulos do paralelogramo”*.

Professor: *“Humm..., e quando você voltou eu vi que você utilizou o ângulo de 60° (referindo-se comando E 60) como você encontrou esse valor?”*

Marcela: *“Eu fiz a conta... Aqui do triângulo é 60°, do quadrado 90°, do telhado (referindo-se ao retângulo que representa o telhado) é 90°, somando dá 240, todos esses ângulos tem que dar 360°, então falta 120°. Então, o paralelogramo tem dois ângulos de 120°, esse e esse (apontando para os ângulos na figura), e dois de 60°, por isso eu girei 60° aqui...”*

Professor: *“Entendi...”*

É possível identificar ainda na construção da figura da casa que Marcela realizou uma situação de validação, pois, quando foi questionada sobre como foi a escolha do ângulo de 60° e o porquê deste valor utilizado na realização da tarefa, Marcela relata o seguinte: *“Eu fiz a conta... Aqui do triângulo é 60°, do quadrado 90°, do telhado (referindo-se ao retângulo que representa o telhado) é 90°, somando dá 240°, todos esses ângulos tem que dar 360°, então falta 120°. Então, o paralelogramo tem dois ângulos de 120°, esse e esse (apontando para os ângulos na figura), e dois de 60°, por isso eu girei 60° aqui...”*. Nota-se que Marcela utiliza o fato de os ângulos opostos de um paralelogramo serem congruentes para justificar sua escolha, mostrando porque utilizou o valor 60° e não outro.

O papel do professor formador em questionar as escolhas de Marcela quanto aos valores dos ângulos escolhidos na construção da casa favorecem o processo de validação, pois, a partir dos questionamentos, Marcela explicita suas estratégias e escolhas. Para o professor formador, o fato de sempre questionar os professores em formação sobre o que é produzido contribui para que ele conheça, pelo menos em parte, como estes pensam o problema proposto, orientando-o para novas questões ou sugestões a serem encaminhadas aos aprendizes.

No modelo de formação aqui proposto, percebe-se que ao questionar a professora em formação procurou-se criar um ambiente desafiador que estimulasse o pensar e, conseqüentemente, a (re)construção de conhecimento. A questão feita pelo professor formador (*“e quando você voltou eu vi que você utilizou o ângulo de 60° (referindo-se comando E 60) como você encontrou esse valor?”*) evidencia este processo, pois permite à professora em formação, mesmo tendo apresentado a solução da atividade, (re)pensar suas escolhas e explicitar os conhecimentos utilizados por ela, o que favorece a aprendizagem.

Pensando no ciclo de ações e a espiral de Aprendizagem de Valente (2005), as abstrações vivenciadas por Marcela, nesta etapa da atividade, parecem ser de natureza pseudo-empíricas e talvez reflexionantes.

Observamos que Marcela enriquece e modifica o objeto em questão com propriedades tiradas de suas coordenações mentais. A frase: *“Aqui do triângulo é 60° , do quadrado 90° , do telhado (referindo-se ao retângulo que representa o telhado) é 90° ”* evidencia este fato.

No entanto, algumas propriedades utilizadas por Marcela parecem estar apoiadas sobre as coordenações das suas ações mentais, e não mais no objeto, (*“[...] somando dá 240° todos esses ângulos tem que dar 360° , então falta 120° . Então, o paralelogramo tem dois ângulos de 120° , esse e esse (apontando para os ângulos na figura), e dois de 60° , por isso eu girei 60° aqui...”*), o que evidencia possíveis indícios de abstração reflexionante. Esta justificativa se apoia na afirmação de Becker (*apud* MARTINS, 2007, p.40): *“Tendo agido sobre o meio, sobre os objetos, sobre as relações sociais, debruça-se [...], agora, sobre essas ações, retirando qualidades, não mais desse meio, desses objetos, mas da própria coordenação das ações.”*

As abstrações vivenciadas por Marcela ao longo da espiral de aprendizagem indicam alguns indícios da (re)construção do conceito de paralelogramo. Nesta última tarefa, Marcela explicita o uso de propriedades de paralelogramos, como, por exemplo, que os ângulos opostos de um paralelogramo são congruentes e seus lados são opostos e de mesma medida. Estas propriedades são mobilizadas por exigência da tarefa a ser realizada no ambiente Klogo.

Considerações finais

Em vários momentos da análise, pode-se observar que há indícios de reconstrução do conceito de paralelogramo pelo professor em formação analisado neste artigo, ocasionado/provocado pelo uso do ambiente Klogo.

O professor em formação identificava inicialmente algumas propriedades dos paralelogramos, porém, aos poucos, considerando o ciclo de ações e a espiral de aprendizagem do sujeito produzido ao usar o computador, o conceito de paralelogramo foi sendo reconstruído no ambiente Klogo por exigência da tarefa proposta neste ambiente. Neste sentido, foi necessário mobilizar, por exemplo, propriedades de medidas de ângulos formados por retas paralelas interceptadas por uma reta transversal, nem sempre necessárias quando realizamos tarefas apenas com o lápis e papel. Mas, neste ambiente e a partir das tarefas propostas precisaram ser mobilizados.

No que tange aos aspectos ligados à Teoria das Situações didáticas, pode-se notar que o movimento de ação, formulação e validação, vivenciado pelo sujeito analisado, aliado aos questionamentos pontuais feitos pelo professor formador acerca da situação proposta, oportuniza ao sujeito da pesquisa vivenciar momentos adidáticos, no qual ele, por seus próprios meios e sem interferência direta do professor formador sobre o saber, constrói algum conhecimento sobre a situação dada.

Outro ponto importante a destacar refere-se ao fato de se utilizar o *software* Klogo como instrumento que possibilite o pensar sobre o pensar. Ao agir sobre a situação proposta, a professora em formação descreve uma possível solução em termos dos comandos do *software*.

Caso a resposta dada pelo *software* seja satisfatória, o problema está resolvido, caso contrário, nota-se que ela age novamente sobre o problema, formula hipóteses acerca do que se vê na tela do computador, utiliza novas informações oriundas de suas constatações como objeto do saber, descreve uma nova solução em termos dos comandos do *software*, a fim de encontrar a solução desejada. Assim, à medida que interage com o problema, juntamente com as considerações pontuais do professor formador, o ciclo ação, formulação e validação é ativado e a cada retomada novos conhecimentos são constatados pelo sujeito da pesquisa e utilizados por ele para atingir um resultado satisfatório, favorecendo o processo de construção de conhecimento.

Este movimento de ação, formulação e validação que se inicia e se repete, de acordo com o que é oferecido como resposta pelo software a partir das descrições feitas, oportuniza a reflexão sobre as ações e escolhas feitas pelo sujeito, o que favorece a construção de conhecimentos. No entanto, constatou-se também, em alguns momentos das análises, o quão difícil é desenvolver ações de formação em que o professor formador não interfira diretamente sobre o saber em jogo, oportunizando a criação de momentos adidáticos e, conseqüentemente, favorecendo a construção de conhecimento.

Notas

*Doutorando em Educação Matemática – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul/UFMS – Email: adamo_duarte@hotmail.com

**Doutora em Educação – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul/ UFMS – Email: sushe@gmail.com

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. .

BROSSEAU, Guy. **Introdução ao estudo das situações didáticas: conteúdos e métodos de ensino**. São Paulo: Ática, 2008.

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.

MARTINS, Larissa de Conti. **Abstração Reflexionante e Aprendizagem de Proporção: ensino de matemática da sexta série**. 2007. 124f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2007.

PAPERT, Seymour. **A Máquina das Crianças**. Porto Alegre: Artmed, 2008.

PIAGET, Jean. **Abstração Reflexionante**. São Paulo: Artes Médicas, 1995.

VALENTE, José Armando. **Pesquisa, Comunicação e Aprendizagem com o Computador**. 2003. Disponível em: <midiasnaeducacao-joanirse.blogspot.com>. Acesso em: 10 maio 2011

_____, 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. **A espiral da espiral de aprendizagem: o processo de compreensão do papel das tecnologias de informação e comunicação**. 2005. 137f. Tese (livre docência), Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Artes, São Paulo. 2005.

Recebido em: Julho de 2014
Aprovado em: Setembro de 2014