

TEORIA DA COMPLEXIDADE E EPISTEMOLOGIA GENÉTICA: APROXIMAÇÕES POR MEIO DA ANÁLISE DE CENAS DE APRENDIZAGEM

Francieli Motter Ludovico¹

Jaqueline Molon²

Cíntia Lisiane Renz³

Sérgio Roberto Kieling Franco⁴

Patrícia da Silva Campelo Costa Barcellos⁵

Resumo

Aprender significa estar em uma constante busca por equilíbrio, estabilidade, ordem, mas são os desequilíbrios, a desordem, que provocam as mudanças, adaptações, regulações, que possibilitam o aprender. A aprendizagem compreendida enquanto processo contínuo de construção é um aspecto central para as duas bases teóricas estudadas pelos autores deste trabalho, a Teoria da Complexidade (TC) e a Epistemologia Genética (EG). Considerando esses aspectos, o presente trabalho se deu na intenção de discutir e aproximar compreensões a respeito do processo de aprendizagem tendo como pressupostos teóricos a TC e a EG. Para tanto, neste artigo apresenta-se, por meio de cenas de aprendizagem, um estudo de caso sobre as trajetórias de construção de conhecimento percorridas por uma estudante ao longo de uma disciplina de pós-graduação. A metáfora "cenas de aprendizagem" foi utilizada para descrever alguns momentos

¹ Doutoranda em Informática na Educação na Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS; Mestre em Letras; Licenciada em Letras - Português/Inglês. Professora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR-DV. A autora possui apoio e o fomento da UTFPR. E-mail: franludovi-co@hotmail.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7655-497X>

² Doutoranda em Informática na Educação na UFRGS; Mestre e Licenciada em Matemática. Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - IFRS. A autora possui apoio e o fomento do IFRS. E-mail: Jaqueline.molon@canoas.ifrs.edu.br Orcid: <http://orcid.org/0000-0003-4091-802X>

³ Doutoranda em Informática na Educação na - UFRGS; Mestre em Desenvolvimento Regional; Graduada em Ciências Contábeis. Professora do IFRS. A autora possui apoio e o fomento do IFRS. E-mail: cintia.renz@osorio.ifrs.edu.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2528-6749>

⁴ Psicólogo, Mestre e Doutor em Educação, professor do Pós-Graduação em Informática na Educação, em Educação e da Faculdade de Educação - UFRGS. E-mail: sergio.franco@ufrgs.br Orcid: <http://orcid.org/0000-0002-1221-1310>

⁵ Doutora em Informática na Educação e em Linguística Aplicada; Mestre em Letras; Licenciada em Letras - Português/ Inglês. Professora do Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação e do Instituto de Letras - UFRGS. E-mail: patricia.campelo@ufrgs.br Orcid: <http://orcid.org/0000-0002-5142-4730>

vivenciados pelo sujeito investigado, destacando evidências de seu processo de aprendizagem no contexto analisado. As cenas de aprendizagem foram selecionadas a partir de dados coletados do diário de bordo da estudante. A aproximação entre essas duas teorias não pretendeu estabelecer um paralelismo, mas apresentar um elo de discussão entre as mesmas, destacando alguns aspectos convergentes e complementares. Notou-se que as abordagens sobre um mesmo objeto de estudo distinguem-se especialmente quanto à sua abrangência: enquanto a TC é mais abrangente e analisa os aspectos de um sistema complexo de modo global, a EG volta-se a fenômenos mais circunscritos, procurando explicar aspectos estruturais e funcionais do processo de construção do conhecimento humano, de acordo com o modelo da interação sujeito - objeto. Por fim, destaca-se que essas teorias não são excludentes e que o entendimento de ambas colaborou para a compreensão do processo de aprendizagem do sujeito estudado.

Palavras Chave: Processo de Aprendizagem; Teoria da Complexidade; Epistemologia Genética. Estudo de Caso.

COMPLEXITY THEORY AND GENETIC EPISTEMOLOGY: APPROXIMATIONS THROUGH LEARNING SCENES ANALYSIS

Abstract

Learning means being in a constant search for balance, stability, order, but it is the imbalances, the disorder, that provoke the changes, adaptations, regulations, that make learning possible. Understanding learning as a continuous construction process is a central aspect for the two theoretical bases studied by the authors of this work, Complexity Theory (CT) and Genetic Epistemology (GE). Considering these aspects, the present work took place with the intention of discussing and bringing together understandings about the learning process, having as theoretical assumptions CT and GE. According to this goal, this article presents, through learning scenes, a case study on the knowledge-building trajectories followed by a student throughout a graduate course. The metaphor "learning scenes" was used to describe some moments experienced by the investigated subject, highlighting evidences of her learning process in the analyzed context. The learning scenes were selected from data collected from the student's journal. These two theories approximation did not intend to establish a parallelism, but to present a link of discussion between them, highlighting some converging and complementary aspects. It was noted that the approaches on the same object of study are especially distinguished according to their scope: while the TC it is more comprehensive and analyzes aspects of a complex system in a global way, GE turns to more circumscribed phenomena, trying to explain structural and functional elements of the process of human knowledge construction, including in a learning process, according to the subject - object interactive model. Finally, it is emphasized that these theories are not exclusive and that to understand both of them collaborated on the learning process of the studied subject comprehension.

Keywords: Learning Process; Complexity Theory; Genetic Epistemology. Case study.

Considerações iniciais

A aprendizagem é um processo que envolve múltiplos fatores e, por isso, diversas teorias têm se dedicado ao estudo da temática. Existem diferentes compreensões para o termo “aprendizagem”. A subjetividade inerente à ação de aprender traz à discussão elementos que estão além do senso comum.

Na tentativa de obter uma definição, dicionários buscam delimitar significados. Para o dicionário Dicio⁶, por exemplo, com definições semelhantes de outros dicionários da língua portuguesa, aprender significa “passar a ter conhecimento sobre”; “instruir-se”; “passar a possuir habilidade técnica (em)”; “começar a compreender melhor”; “perceber partindo da experiência, pelo tempo, pela influência (de)”. Essas definições, comuns entre as pessoas, acabam por tratar a aprendizagem como aquisição de conhecimento ou de aptidão para a execução de tarefas específicas ou como sinônimo de outras ações: estudar, instruir, compreender, perceber.

No entanto, para tratar cientificamente algum tema, é preciso ter o conceito bem definido. É importante que seja abrangente, mas essa abrangência não pode ser tão larga a ponto de abarcar tudo o que está relacionado ao tema, o que descaracterizaria o conceito, nem tão restrito a ponto de excluir variações do mesmo fenômeno. Assim, o conceito de aprendizagem deve servir para designar o fenômeno “aprender” relacionado a tudo que o se costuma tratar como tal, de aprender a andar de bicicleta ao aprendizado de um conceito científico complexo, por exemplo.

No âmbito da teoria da complexidade (TC) e da epistemologia genética (EG), compreender como a aprendizagem acontece é fundamental para os

⁶ Dicionário Online de Português Dicio. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/>. Acesso em: 01 out. 2020.

processos de ensino a fim de possibilitar maiores oportunidades para a construção de conhecimento. E aqui emerge outro problema de conceituação. Optou-se por tratar o ensino como um fenômeno distinto da aprendizagem, que muitas vezes é entendido como transmissão de conteúdos. Como este não é objeto de análise deste artigo, adotou-se, desde o início, a concepção de Paulo Freire que diz que “ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção” (FREIRE, 1997, p. 27).

Nesse sentido, o presente trabalho se deu na intenção de discutir e aproximar compreensões a respeito do processo de aprendizagem tendo como pressupostos teóricos a TC e a EG. A presente proposta teve origem nos encontros de estudos realizados pelos autores que, trabalhando com duas teorias distintas, em muitos momentos de discussão e verbalização foram identificando aspectos convergentes entre as teorias estudadas. Aos poucos foi-se percebendo que ambas teorias podem ser trabalhadas em conjunto para uma compreensão mais ampla, já que suas abordagens sobre um mesmo objeto de estudo distinguem-se especialmente quanto à sua abrangência e não são contraditórias em suas bases epistemológicas. Assim, a partir da análise de “cenas de aprendizagem” este estudo apresenta momentos que poderiam exemplificar relações entre as teorias.

A TC está presente em diversas áreas e busca a compreensão do todo estudando o comportamento dos sistemas complexos. Ela propõe o pensamento complexo, que recusa as consequências simplificadas, mutiladoras, redutoras, unidimensionais (MORIN, 2011). A EG, teoria construtivista e interacionista do desenvolvimento cognitivo (PIAGET, 2007), procura explicar como é possível passar de um conhecimento mais simples a um mais complexo. Piaget (1973), por ser biólogo e também estudioso da psicologia, dedicou-se ao estudo da gê-

nese das estruturas cognitivas e, da mesma forma, recusou uma visão reducionista do conhecimento.

Para tanto, neste artigo apresenta-se, por meio de cenas de aprendizagem, um estudo de caso sobre as trajetórias de construção de conhecimento percorridas por uma estudante ao longo de uma disciplina de pós-graduação. A partir da descrição e análise de cada cena, espera-se conduzir a discussão e reflexão acerca da aprendizagem com base em ambas teorias, teoria da complexidade e epistemologia genética.

Diante das particularidades deste estudo, optou-se por apresentar a análise e discutir os resultados juntamente à fundamentação teórica. Dessa forma, a próxima seção apresentará o percurso metodológico da realização da pesquisa e o contexto de análise, fundamental para a apresentação e discussão dos dados considerando o escopo teórico acima apontado.

Percurso Metodológico

Trata-se de uma pesquisa de caráter qualitativo e com método investigativo de estudo de caso. De acordo com Gerhardt e Silveira (2009, p. 32), a pesquisa qualitativa preocupa-se “com aspectos da realidade que não podem ser quantificados, centrando-se na compreensão e explicação da dinâmica das relações sociais”. Já o estudo de caso objetiva “conhecer em profundidade o como e o porquê de uma determinada situação que se supõe ser única em muitos aspectos, procurando descobrir o que há nela de mais essencial e característico” (FONSECA, 2002, p. 33).

Essas escolhas metodológicas já apresentam traços de aproximação de ambas as teorias que embasam esse estudo. A pesquisa qualitativa pode auxiliar na compreensão de sistemas complexos, foco de estudo da teoria da complexidade (TC), por meio do estudo de pessoas reais em seus contextos de inte-

ração social (LARSEN-FREEMAN; CAMERON, 2008). Também, a epistemologia genética lança mão de métodos de análise essencialmente qualitativos ao buscar a compreensão da transformação do pensamento e da conduta de cada sujeito, “pois ajuda a desvendar como funciona sua mente mediante suas explicações e suas ações” (DELVAL, 2002, p. 15). O mesmo pode-se dizer acerca da modalidade investigativa do estudo de caso, já que tanto para a TC quanto para a EG, a unidade de análise considerada nesse estudo refere-se ao sujeito e sua trajetória no contexto investigado.

O Quadro 1 traz a descrição do cenário do presente estudo de caso, tendo em vista a importância da contextualização para as duas teorias: epistemologia genética (EG) e teoria da complexidade (TC).

Quadro 1 - Cenário

A estudante participante da análise: professora de uma instituição pública, licenciada e mestre em matemática e doutoranda em Informática na Educação. Já cursou disciplina voltada à área de informática, mas nenhuma sobre programação, embora tenha experiência com a utilização de recursos tecnológicos com objetos de ensino e aprendizagem, softwares de geometria dinâmica e aplicações prontas.

A disciplina: voltada à programação e desenvolvimento de aplicações educacionais digitais, ofertada por um curso de pós-graduação em informática na educação.

O professor e monitor: com formação em informática.

Os participantes: 12 alunos, 9 com formação em ciência da computação ou afins e os demais 4 na educação.

Fonte: dos autores

A próxima seção traz as cenas de aprendizagem selecionadas a partir da coleta de dados por meio do “diário de bordo” da estudante participante

dessa pesquisa, instrumento que possibilitou o registro de suas atividades, percepções e sentimentos ao longo da disciplina. A metáfora "cenas de aprendizagem" foi utilizada aqui para descrever alguns momentos vivenciados pelo sujeito investigado, destacando as evidências em que o processo de aprendizagem se manifesta. As cenas foram escolhidas, dentre as registradas no diário de bordo da estudante, em função de serem as mais representativas em sua trajetória de aprendizagem, ou seja, os momentos mais expressivos em seus relatos.

Cenas de Aprendizagem

A TC estuda o comportamento de sistemas complexos (SC) que se referem a sistemas com diferentes e inúmeros componentes, os quais se conectam e interagem de diferentes maneiras e em mudança (LARSEN-FREEMAN; CAMERON, 2008). Assim, sob o ponto de vista dessa teoria, todos os elementos do contexto devem ser considerados e influenciam no processo de aprendizagem. Na presente análise, a estudante é o sistema complexo central e todos os outros sistemas que fazem parte desse contexto interagem com ela e podem interferir na sua trajetória: seus colegas de classe, o professor, o monitor, as tecnologias que fazem parte dos conteúdos estudados na disciplina, o próprio programa de pós-graduação, a universidade, etc. Já a formação dessa estudante, todo seu conhecimento e suas vivências são chamados de condições iniciais, os quais formam a sua paisagem e têm grande influência na sua trajetória (LARSEN-FREEMAN; CAMERON, 2008). Os motivos que levaram a estudante a cursar a disciplina, e que a fazem seguir, são os motores da mudança, da busca pela aprendizagem, os chamados parâmetros de controle (LARSEN-FREEMAN; CAMERON, 2008). Não é possível compreender todos os parâmetros de controle que fazem parte desse SC, muito menos todos os componentes e condições iniciais que influenciam sua trajetória; no entanto, ao conhecer alguns desses

componentes, é possível compreender melhor como o processo de aprendizagem ocorreu.

Assim como para a TC, no âmbito da EG o contexto também é elemento importante, uma vez que para Piaget (1983) as trocas que o indivíduo realiza com o meio-ambiente e, do ponto de vista epistemológico, do sujeito com o objeto, são possibilidades para a transformação de suas estruturas cognitivas e construção de seus conhecimentos. Logo, a relação cognoscente tem como núcleo a ação que o sujeito exerce sobre o objeto a ser conhecido e a ação que este objeto exerce, ao mesmo tempo, sobre o sujeito. No caso, a ação é o elemento propulsor de toda a aprendizagem e esta ação não deve ser compreendida apenas em sua dimensão física, sensório-motora, por exemplo, mas também como uma ação mental que, se interiorizada e reversível, é denominada de operação (BECKER, 2005).

Nesse sentido, é possível dizer que não há supremacia nem da ação do sujeito sobre o objeto, nem da ação do objeto sobre o sujeito. Para Piaget (1977), o conhecimento se constrói na relação do objeto com o sujeito, a partir da interação de ambos, na tentativa de o sujeito assimilar o objeto a partir da sua acomodação a este objeto, o qual necessariamente está imbricado a um contexto. Ao nascer, o indivíduo traz em sua hereditariedade as possibilidades de conhecer e se desenvolver de acordo com a solicitação do meio-ambiente, seguindo um caminho de trocas. Assim, tanto para a EG quanto para a TC,

Todo ser humano traz geneticamente em si a espécie humana e compreende geneticamente a própria singularidade anatômica, fisiológica. Há unidade/diversidade cerebral, mental, psicológica, afetiva, intelectual, subjetiva: todo ser humano carrega, de modo cerebral, mental, psicológico, afetivo, intelectual e subjetivo, os caracteres fundamentalmente comuns e ao mesmo tempo possui as próprias singularidades cerebrais, mentais, psicológicas, afetivas, intelectuais, subjetivas (MORIN, 2001, p. 55).

Assim, ambas as teorias superam a visão atomística do conhecimento, ainda que elas difiram quanto à abrangência. Não se pode compreender a aprendizagem analisando as partes do conhecimento construído isoladamente ou então partir do princípio de que é possível dominá-lo por completo simplesmente somando todos os seus componentes porque a soma das partes não é igual ao todo.

O quadro 2 explicita a primeira cena de aprendizagem trazida à análise e evidencia expectativas de desequilíbrios e a beira do caos vivenciados pela participante da pesquisa no desenvolvimento das tarefas.

Quadro 2- Cena 1

“percebi que enfrentaria alguns desafios, por não ser da área da informática. **O fato de não ter experiência em programação já me assustou**, mas por outro lado também me motivou, pois seria uma oportunidade de aprender”.

“percebi que não poderia acumular conteúdos e que deveria realizar todas as leituras e tarefas com bastante afinco, a fim de poder superar a **desvantagem de não saber programar** inicialmente, mesmo esse não sendo um pré-requisito da disciplina”.

“(…) tive dificuldades para desenvolver e reproduzir as aplicações, pois além da versão da aplicação não ser a mesma, tanto a aplicação quanto o livro de referência era na língua inglesa, e **o inglês sempre representou um importante entrave na minha vivência pessoa e acadêmica, por vezes até certo bloqueio**”.

“Percebi que meus colegas, principalmente os da área da informática, conseguiam implementar a programação solicitada e **compreender a tarefa muito mais rápido do que eu** e, frequentemente, **eu precisava contar com o auxílio do monitor**. A cada aula, emotiva que sou, **sofria** um pouco com esse sentimento (…)”

Fonte: dos autores

Já no início da disciplina é possível perceber, a partir do registro da estudante no seu “diário de bordo”, a emergência de situações desafiadoras que poderiam causar perturbações e suscitar desequilíbrios cognitivos futuros. Os desequilíbrios, para a EG, representam “um papel de desencadeamento, pois que sua fecundidade se mede pela possibilidade de superá-los - quer dizer sair deles” (PIAGET, 1976, p. 19).

Desequilíbrios cognitivos têm origem em perturbações, as quais fazem obstáculos à assimilação, ou seja, impedem o sujeito de atingir um objetivo (MONTANGERO; MAURICE-NAVILLE, 1998). Conteúdos relacionados à linguagem de programação e materiais didáticos em língua inglesa despertaram no sujeito uma sensação de desestabilidade antecipadamente à efetiva necessidade de utilizá-los, o que fica evidenciado na seguinte fala da estudante: *o fato de não ter experiência em programação já me assustou.*

Segundo Piaget (1976), as perturbações cognitivas provocam um desequilíbrio, o qual coloca necessariamente em cena a ação do processo de equilíbrio para engendrar regulações, isto é, reequilíbrios na troca sujeito-objeto. Estas regulações visam compensar perturbações (acomodação) do que novas construções são geradas. Esse processo desencadeado de regulação, que busca compensar as perturbações, fica visível nas anotações do “diário de bordo” da estudante: *percebi que não poderia acumular conteúdos e que deveria realizar todas as leituras e tarefas com bastante afinco.*

Na análise sob o viés da teoria da complexidade, o fato de não ter conhecimentos de programação, constatando que a maioria dos colegas possuía tais conhecimentos, deixou o sistema complexo com a sensação de “desvantagem”. Mais ainda, o fato de as leituras da disciplina serem em língua inglesa, aumentando o “bloqueio” mencionado, perturbou muito o SC, levando-o à bei-

ra do caos. A beira do caos é o lugar onde o sistema complexo muda de forma adaptativa para manter, buscar a estabilidade, demonstrando um alto nível de flexibilidade e capacidade de resposta. Logo, ao se pensar em aprendizagem, estar à beira do caos configura-se no melhor lugar para os sistemas se desenvolverem (LARSEN-FREEMAN; CAMERON, 2008). O bloqueio com a língua inglesa já faz parte das condições iniciais desse SC e influenciaram na sua trajetória de aprendizagem nessa disciplina. Estando num lugar instável, o SC iniciou sua busca por estabilidade, desenvolvendo estratégias para superar esses obstáculos, gerando mudanças, adaptações e reorganizações para seguir sua trajetória de aprendizagem. Nesse sentido, cabe observar que o desequilíbrio, as perturbações significam movimentação, geram a necessidade de adaptação; assim sendo, são inerentes ao processo da aprendizagem, podendo ser considerados fontes para a (re)construção do conhecimento.

Quadro 3 - Cena 2

“(...) começou-se a trabalhar com comandos mais avançados. Percebi que embora tenha conseguido acompanhar as aulas até aqui, **algumas dificuldades** foram surgindo. Por vezes, algumas dúvidas **eu não conseguia questionar** por medo ou por achar que elas seriam simples demais para meus colegas ou algo que eu já deveria saber”.

“**Fui além** do que a programação da aplicação descrita no livro base fazia, tentando **adaptar funções da aplicação**, muito por **tentativa e erro**. Percebia que muitas vezes conseguia resolver um problema que havia me proposto mas que para tanto usei **um caminho de programação muito mais extenso que outros colegas que já possuíam maior destreza com a linguagem de programação**”.

“Alguns colegas **tentavam me ajudar** a implementar essas funções, mas às vezes eu **ficava mais confusa** com a ajuda do que sem ela. A ajuda, por parte de um colega específico da área da informática, às vezes **modificava meu modo de pensamento** (e a programação) que estava desenvolvendo, uma vez que o colega tentava “simplificar” a programação, incluindo funções ou procedimentos que, embora mais simplificados, pra mim **não faziam sentido**”.

“Essa tarefa foi bastante **desafiadora**, mas na medida em que fui implementando ações e testando a aplicação que estava desenvolvendo. Meu namorado, meus amigos e colegas de doutorado experimentaram a minha aplicação e foram sugerindo coisas que poderiam deixar a aplicação mais interessante. Essas sugestões, ao mesmo tempo, representavam **novos desafios** pra mim, mas me instigaram a tentar aperfeiçoar”.

“Na aula seguinte, quando pudemos trocar ideias entre os colegas, ao mostrar a aplicação, eles demonstraram **surpresa** com o que eu havia feito, mas eu pensei: foi um baita investimento, pois em um único dia dediquei mais de 15 horas apenas para essa aplicação”.

“O fato de meus colegas elogiarem minha aplicação, nessa aula, representou para mim uma **validação de todo meu esforço, um reconhecimento externo**. A nota que obtive na avaliação dessa atividade também **me encheu de orgulho**, pois embora contornando problemas como a utilização de procedimentos muitas vezes mais longos e menos “elegantes” ou menos resumidos/simplificados para aqueles que mais conheciam programação, a minha aplicação funcionou direitinho e eu consegui atingir o objetivo da tarefa avaliativa proposta”.

Fonte: dos autores

Na cena 2 (Quadro 3), as estratégias de busca para soluções das dificuldades se desvendam a partir de algumas falas da estudante. A busca pelo êxito e reconhecimento se mostram na “tentativa e erro” e, também, no momento em que aceitava a “ajuda dos colegas”. No entanto, todas essas tentativas evidenciam momentos de desequilíbrios e busca pelo equilíbrio.

No contexto da EG, todo desequilíbrio pressupõe uma forma de equilíbrio e exige um esforço de reequilibração, não como retorno ao momento precedente à perturbação, mas como superação e avanço em termos de construção de conhecimento, um patamar superior de equilíbrio, já que para a EG o desequilíbrio é “a fonte do real progresso” (PIAGET; 1976, p. 19). Assim, percebe-se mais uma vez a centralidade da ação do sujeito no processo de equilibração, uma vez que a superação das lacunas existentes exigirá do sujeito ações que possibilitem a assimilação diante das exigências da acomodação de decifrar

o objeto de conhecimento, em um movimento endógeno para se transformar diante dessas exigências de compreensão dos conteúdos de programação. Em outras palavras, exige um processo de adaptação do sujeito ao objeto, ou seja, do ponto de vista biológico, do organismo ao meio-ambiente, uma vez que a adaptação, junto à organização, são as invariantes funcionais de todo organismo vivo (PIAGET, 1973).

Pode-se destacar que, na medida em que o sujeito analisado descreve as dificuldades enfrentadas, evidencia a existência de lacunas. “Um sentimento de lacuna pode, então, também desempenhar o papel de perturbação” (MONTANGERO; MAURICE-NAVILLE, 1998, p. 156). Lacunas “podem ser a ausência de um objeto ou das condições que seriam necessárias para realizar uma ação ou ainda a falta de um conhecimento necessário para resolver um problema” (LAMPREIA, 1992, p. 45). No entanto, as perturbações originam-se não apenas por causa da existência dessas lacunas, mas pela dificuldade de compensá-las, de atribuir significação ou de estabelecer correspondências com outros conhecimentos (MONTANGERO; MAURICE-NAVILLE, 1998).

De acordo com Piaget (1976), além das lacunas, outra variedade de perturbação refere-se às resistências do objeto que impõem obstáculos à assimilação e representam as causas de fracassos e erros. Dessa maneira, no caso analisado, a busca pela solução do problema, ou seja, a superação da falta de conhecimentos específicos em programação, pode ter implicado na utilização de um mecanismo de “tentativa e erro”, testagem de hipóteses, a partir de experiências e conhecimentos prévios, buscando adaptação para a (re)equilibração diante das duas formas de perturbação identificadas.

Ao longo da trajetória da estudante, o foco na obtenção de êxito na atividade, juntamente à necessidade de sua adaptação como sujeito, de autorre-

gulação, exigiu dela maior envolvimento e atribuição de energia. Dessa forma, problemas que possuem maior familiaridade, inclusive em termos de conteúdos específicos, com os conhecimentos já construídos pelo sujeito, fizeram com que ela mais facilmente se envolvesse cognitivamente na busca de uma solução, atribuindo mais energia nessa tarefa, numa perspectiva de afetividade. De um modo geral, Piaget (2014, p. 34) reconheceu na afetividade uma função essencial para constituição da inteligência, mas “não [como] uma condição suficiente” para explicar os comportamentos e a estrutura do pensamento cognitivo.

Nessa perspectiva, os auxílios externos recebidos dos colegas podem ter adicionado novos elementos para a significação necessária à assimilação do objeto do conhecimento, programação necessária no desenvolvimento da aplicação, além de novas perturbações. Os novos desafios, apesar de também representarem desequilíbrios, agregaram aspectos energéticos e motivadores que elevaram o sujeito a um novo patamar de reflexão.

Sob o olhar da teoria da complexidade, no momento em que a estudante não conseguiu questionar, participar da aula, ela foi para um atrator. Os atratores são espaços comuns na trajetória de sistemas complexos, os quais trazem comodidade, mas a mudança continua devido à interação e influência dos demais componentes, que estão conectados a esse SC (LARSEN-FREEMAN; CAMERON, 2008).

Mover-se para esse atrator pode ter impactado a aprendizagem dessa estudante. No entanto, o SC mostrou adaptação e auto-organização quando traçou sua própria trajetória, conforme relato. De acordo com Paiva (2011), cada um segue sua trajetória e passa por diferentes atratores, o que o leva a outras dinâmicas comportamentais. Na busca de estabilidade e equilíbrio, provavelmente esses caminhos “diferentes” e “mais extensos” foram percorridos, pois

ela não possuía as condições iniciais necessárias, o conhecimento de programação. Essa mesma falta de conhecimento prévio, já consolidada pelos colegas das áreas da informática, dificultaram que eles a ajudassem.

O diário de bordo também demonstra que o SC transformou os novos desafios em parâmetros de controle que o motivaram a seguir e alcançar os objetivos propostos pelas atividades da disciplina. Apesar de estar à beira do caos, um lugar instável, buscando a estabilidade, o SC desenvolveu estratégias para superar esses obstáculos, adaptou-se, reorganizou-se e, assim, conseguiu seguir sua trajetória de aprendizagem. Seu sucesso na atividade proposta evidencia as mudanças, a aprendizagem e possível criação de novo parâmetro de controle, pois agora entendeu-se capaz, sensação proporcionada pelo *feedback* recebido de colegas e professor.

Quadro 4 - Cena 3

“Como todo **dia de prova**, estava ansiosa e apreensiva. Ao mesmo tempo, estava confiante em função do meu desempenho obtido nas tarefas anteriores, mesmo sabendo que para executá-las demandei de um tempo bem maior do que iria dispor em aula para a realização da prova”.

“Chegamos às 14h e recebemos a orientação da prova. Na verdade, ela exigia a utilização de alguns recursos para além daqueles que já havíamos implementado e, da mesma forma como atividade anterior, **não havia um roteiro a seguir**, nem dicas de programação, embora pudéssemos reutilizar alguma já implementada antes e adaptar a programação para as exigências da prova”.

“A minha primeira ideia e as primeiras tentativas foram de adaptar uma construção realizada nas primeiras aulas [...]. No entanto, **não consegui** sincronizar as programações para obter êxito [...] de modo que o jogo não atingia o objetivo que buscava”.

“**Fiz várias tentativas** de ajustes, **levantei hipóteses** do que poderia estar influenciando no erro que estava ocorrendo no jogo e nada. O tempo da aula foi passando, insisti na minha ideia, mas comecei a ficar assustada com o tempo passando e as **dificuldades** que estava enfrentando”.

“[...] alguns colegas foram finalizando a atividade, submetendo seus arquivos e deixando a sala. Nesse momento bate um desespero... um colega de área da informática que estava ao meu lado, disse que poderia me dar umas dicas após terminar o seu trabalho (era permitido conversar durante a tarefa...). O trabalho dele estava perfeito”.

“[...] ao invés de me orientar acerca do que eu poderia fazer para eu mesma corrigir ou ajustar a minha programação, ele criou um comando novo [...] Ele modificou a estrutura do que eu estava pensando na tarefa e, conseqüentemente, me **senti perdida na** minha linha de raciocínio... O principal problema foi resolvido, embora eu não tenha conseguido compreender como. No entanto, ao modificar outros comandos para implementar outras funções (depois da ajuda do colega) eu não consegui mais fazer funcionar... Nesse momento estava sozinha na sala já... e **desesperada!** ”

“Decidi começar do zero. Um novo projeto, mas simples, que eu pudesse usar os comandos que eu conhecia para executar apenas a tarefa exigida. Fiz o jogo em menos de 30 minutos (...) **cumprí os requisitos da tarefa e submeti**. Não fiquei satisfeita com meu desempenho, pela simplicidade da tarefa entregue, comparando meu trabalho ao do colega. Mas enfim, consegui entregar a tarefa, retornando a algo que mais certeza e clareza ao executar. O feedback da entrega da tarefa foi positivo. **Fiz o mínimo, mas fiz.** ”

Fonte: dos autores

A partir do relatado na Cena 3 (Quadro 4) é possível estabelecer duas perspectivas, de abandono e de êxito, para análise em ambas as teorias utilizadas no presente estudo.

Sob a ótica da EG, pode-se observar que, inicialmente, a estudante insiste na realização da proposta da tarefa, porém só consegue quando suas tentativas de compensação recorrem aos conhecimentos já construídos para cumprir as exigências dessa nova atividade. Isso significa que os esquemas assimiladores do sujeito não eram suficientes para que pudesse trilhar o caminho que estava programando e tampouco possibilitaram que ela assimilasse a estratégia usada pelo colega na tentativa de auxiliá-la.

O êxito obtido ao modificar o curso do desenvolvimento da tarefa deu-se, entre os demais fatores, à ação do processo de (re)equilibração, por conta de ter sido adotada uma nova estratégia de resolução para o problema enfrentado. Nesse caso, a compensação ocorrida deu-se por simplificação do nível de exigência atribuído à tarefa pelo próprio sujeito.

Em síntese, a Cena 3 evidencia a centralidade dos desequilíbrios, essenciais para a aprendizagem. Noutras palavras, na

perspectiva de equilíbrio uma das fontes de progresso no desenvolvimento dos conhecimentos deve ser procurada nos desequilíbrios como tais, que por si só obrigam um sujeito a ultrapassar seu estado atual e a procurar o que quer que seja em direções novas. Os desequilíbrios constituem um fator essencial, mas em primeiro lugar motivacional (PIAGET, 1976, p. 18).

A partir da TC, o momento de grande perturbação e desequilíbrio, na Cena 3, causado pelas interferências dos componentes do SC, suas condições iniciais, a falta de conhecimento necessário e a interferência do colega não bem-sucedida, entre outros possíveis componentes que não foram aqui identificados, levaram a estudante para o caos. O caos refere-se ao período em que o SC entra em completa aleatoriedade e exige maior organização e adaptação (LARSEN-FREEMAN, 1997).

Quando o SC está no caos, ele pode lidar com a confusão, adaptar-se, superar a desordem, mover-se para fora desse atrator caótico, seguindo sua trajetória de aprendizagem. No entanto, a estudante dessa análise não conseguiu se reorganizar na sua tentativa inicial de realizar a tarefa e, dessa forma, a perturbação levou-a a escolher um outro caminho, a bifurcar. Bloom (2000) explica que quando o SC não consegue fazer os ajustes necessários e, dessa forma, não se re-estabiliza, a perturbação contínua o impulsiona para uma bifurcação, que se refere a um ponto de decisão, de uma escolha crítica. Nesse sentido, bifurcar

pode significar “fase de máxima agência, autonomia, criatividade e transformação” (PAIVA, 2011, p. 195), pois o SC assumiu controle sobre sua trajetória de aprendizagem e decidiu elaborar outra atividade, cumprindo os requisitos básicos exigidos pela tarefa.

Ao recomeçar e estabelecer nova estratégia e objetivo, o SC bifurcou e, assim, deixou o atrator caótico. Com mais estabilidade e de posse de novas condições iniciais, a experiência, que não deu certo na primeira tentativa, permitiu-lhe iniciar uma nova trajetória de aprendizagem, na qual obteve êxito. Cumprir essa tarefa levou o SC a novas condições iniciais que, provavelmente, influenciarão suas próximas estratégias na construção de conhecimentos.

Dessa forma, observa-se a influência de alguns fatores na aprendizagem da estudante ao longo de todo o processo. Em especial, as tentativas, os erros, a necessidade de ajustar a trajetória traçada, a modificação das estratégias adotadas e a percepção de que as exigências impostas pelo próprio sujeito, que aumentavam a complexidade da tarefa, conduziram-no à obtenção de êxito. Êxito, compreendido aqui, não apenas como um resultado, a entrega de uma atividade ou a aprovação em uma disciplina, mas como processo contínuo de construção de conhecimentos cada vez mais complexos, como o próprio desenrolar dos conteúdos e atividades que foram se tornando mais elaboradas com o passar das aulas, considerando o relato da estudante.

Considerações Finais

O processo de construção de conhecimento pode ser compreendido como a transformação do conhecimento de um estado a outro, transformação esta atribuível a inúmeros fatores: biológicos, intelectuais, sociais, afetivos entre outros. A compreensão da colaboração entre alguns desses fatores, bem como a ideia de continuidade e da inexistência de um início e fim absolutos desse pro-

cesso construtivo são essenciais para a compreensão e a caracterização de momentos de aprendizagem, como as cenas que foram trazidas à discussão ao longo deste artigo.

A partir das discussões aqui realizadas observa-se que ambas as teorias, teoria da complexidade (TC) e epistemologia genética (EG), compreendem a aprendizagem enquanto processo de construção de conhecimento do sujeito, a partir da sua realidade, ações e relações com o mundo. Portanto, essas teorias não são excludentes; no entanto, analisam os fenômenos a partir de perspectivas diferentes. Enquanto a TC busca a análise multidimensional, considerando a diversidade de componentes que fazem parte e influenciam um sistema complexo, a EG volta-se à análise no âmbito mais restrito, em termos de estruturas cognitivas, de modo que essa possa ajudar aquela a compreender o que ocorre dentro de um sistema; ou seja, as teorias podem se complementar na busca de explicações acerca de processos de aprendizagem.

As relações com o mundo causam desequilíbrio e perturbações provocando mudanças, movimentação, necessidade de adaptação e, por isso, são indispensáveis para o processo de aprendizagem, podendo ser entendidas como fontes para a (re)construção do conhecimento. Logo, tanto a “ordem” (TC) quanto a “equilíbrio” (EG) são estados momentâneos. Para ambas as teorias estar aprendendo é estar em uma constante busca pelo equilíbrio, estabilidade, pela ordem, mas são os desequilíbrios, a desordem, que provocam as mudanças, adaptações, regulações, que possibilitam o aprender.

Durante essa análise, os entendimentos de ambas as teorias colaboraram para a compreensão do processo de aprendizagem do sujeito aqui estudado. O ponto central refere-se a compreender que a aprendizagem é um processo e não se refere à transferência de conhecimento. Destaca-se, ainda, que esse ar-

tigo traz uma pequena aproximação das teorias, TC e EG, e que existem diversos elementos que não foram considerados por limitações de espaço. Por fim, da mesma forma que as aproximações, aqui realizadas, contribuíram para se compreender o processo de aprendizagem e enriqueceram as discussões entre os autores do presente estudo, espera-se colaborar com outros pesquisadores da aprendizagem.

Agradecimentos

Agradecemos a Universidade Tecnológica Federal do Paraná pelo apoio com concessão de licença qualificação para a autora Francieli. Agradecemos também, ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul pelo apoio concessão de licença qualificação para as autoras Jaqueline e Cíntia.

Referências

APRENDIZAGEM. **Dicio**: Dicionário Online de Português. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/aprender/> Acesso em: 15 out. 2020.

BECKER, Fernando. Um divisor de águas. **Revista Viver Mente e Cérebro**. Coleção Memória da pedagogia (Piaget), n.1, São Paulo, p. 24-33, 2005.

BLOOM, Sandra. Chaos, complexity, self-organization and US: Email From America, 2000. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/242223549_Chaos_Complexity_Self-Organization_and_Us_Email_From_America Acesso em: 05 out. 2020.

DELVAL, Juan. **Introdução à prática do método clínico**: descobrindo o pensamento das crianças. Tradução Fátima Murad. Porto Alegre: Artmed, 2002.

FONSECA, João José Saraiva. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da esperança: um reencontro com a pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1997.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

LAMPREIA, Carolina. **As propostas anti-mentalistas no desenvolvimento cognitivo: uma discussão de seus limites**. Tese apresentada ao Departamento de Psicologia da PUC/RJ, 1992. Acesso em: 10 out. 2020. Disponível em: http://www2.dbd.pucRio.br/pergamum/tesesabertas/8526601_92_cap_02.pdf; http://www2.dbd.pucRio.br/pergamum/tesesabertas/8526601_92_pretextual.pdf

LARSEN-FREEMAN, Diane. Chaos/complexity science and second language acquisition. **Applied Linguistics**, v. 18, n. 2. Oxford: Oxford University Press, p. 141-165, 1997.

LARSEN-FREEMAN, Diane; CAMERON, Lynne. **Complex Systems and Applied Linguistics**. Oxford: Oxford University Press, 2008.

MORIN, Edgar. **Os sete saberes necessários para a educação do futuro**. 3 ed. São Paulo/Brasília: Cortez, 2001.

MORIN, Edgar. **Introdução ao pensamento complexo**. Porto Alegre: Sulinas, 2011.

MONTANGERO, Jacques; MAURICE-NAVILLE, Danielle. **Piaget ou a inteligência em evolução**. Tradução Fernando Becker e Tânia Beatriz Iwazsko Marques. Porto Alegre: Artmed, 1998.

PAIVA, Vera. Caos. Complexidade e aquisição de segunda língua. In: PAIVA, Vera; NASCIMENTO, Milton (Org). **Sistemas adaptativos complexos: língua(gem) e aprendizagem**. Campinas: Pontes, 2011, p. 187-203.

PIAGET, Jean. **A tomada de consciência**. Tradução de Edson Braga de Souza. São Paulo: Edusp, 1977.

PIAGET, Jean. **A equilibração das estruturas cognitivas**. Tradução Marion Merlone dos Santos Penna. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1976.

PIAGET, Jean. A epistemologia genética/ Sabedoria e ilusões da filosofia; Problemas de psicologia genética. Tradução de Nathanael C. Caixeiro, Zilda Abujamra Daeir, Celia E. A. Di Piero. **Os Pensadores**. 2 ed. São Paulo: Abril Cultural, 1983.

PIAGET, Jean. **Biologia e conhecimento**: ensaio sobre as relações entre as regulações orgânicas e os processos cognitivos. Tradução de Francisco M. Guimarães. Petrópolis: Vozes, 1973.

PIAGET, Jean. **Epistemologia genética**. Tradução de Álvaro Cabral. 3 ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

PIAGET, Jean. **As relações entre a inteligência e a afetividade no desenvolvimento da criança**. Tradução e organização: Cláudio J. P. Saltini e Doralice B. Cavenaghi. Rio de Janeiro: Wak, 2014.

Recebido em: 17/12/2020
Aprovado em: 25/04/2021