



ANÁLISE SEMIOLINGUÍSTICA DO DISCURSO DE ESTUDANTES DE LICENCIATURA: EXPRESSÕES DE UMA ABORDAGEM SISTÊMICO-COMPLEXA EM BIOLOGIA CELULAR E MOLECULAR

SEMIOLINGUISTIC ANALYSIS OF THE UNDERGRADUATES STUDENTS DISCOURSE: EXPRESSIONS OF A SYSTEMIC-COMPLEX APPROACH IN CELLULAR AND MOLECULAR BIOLOGY

Renato Araújo Torres de Melo Moul
Mestre em Ensino de Ciências
Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE
torresmoul@gmail.com

Risonilta Germano Bezerra de Sá
Doutora em Ensino de Ciências
Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE
bscomplexa@gmail.com

Ana Maria dos Anjos Carneiro Leão
Doutora em Ciências (Bioquímica)
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências-UFRPE
ana.acleao@gmail.com

Resumo

A Biologia Celular e Molecular é uma área de mais difícil compreensão devido à complexidade conceitual que essa área comporta e ao modo de ensino, geralmente amparado nos paradigmas da ciência cartesiana. Novos pensamentos paradigmáticos são propostos pela comunidade acadêmica a fim de facilitar a construção de conceitos biológicos. Este trabalho busca interpretar como se dá a construção articulada dos conceitos em Biologia Celular e Molecular, a partir da análise das construções coletivas de trinta estudantes de Licenciatura em Ciência Biológicas, sob uma abordagem sistêmico-complexa, o MoMuP-PE (Modelo das Múltiplas Perspectivas – Pernambuco). Utilizou-se a análise semiolinguística do discurso, a fim de compreender as transições entre os níveis de organização biológica e suas relações com as concepções paradigmáticas (cartesiana, sistêmica e complexa) de ciência. Como resultado foi possível constatar que os discentes relacionam o metabolismo de carboidratos com suas diversas rotas desde o nível molecular ao nível orgânico. E ainda, extrapolam essa relação com outras vias metabólicas quando solicitados. O modo de construção de conceitos dos estudantes é gradativo, amparado no vaivém dos pensamentos cartesiano e sistêmico, o que aponta para uma leve inserção no pensamento sistêmico-complexo.

Palavras-chave: Biologia Celular e Molecular, MoMuP-PE, Conceitos.

Abstract

Cellular and Molecular Biology is an area of more difficult comprehension due to the conceptual complexity that this area entails and to the way of teaching, generally supported in the paradigms of Cartesian science. New paradigmatic thoughts are proposed by the academic community in order to facilitate the construction of biological concepts. This work seeks to interpret how the articulated construction of concepts in Cellular and Molecular Biology, from the analysis of the collective constructions of thirty students undergraduate in Biological Sciences, under a systemic-complex approach, MoMuP-PE (Multiple Perspectives Model - Pernambuco). We used the semiolinguistic analysis of the discourse in order to understand the transitions between the levels of biological organization and its relations with the paradigmatic (Cartesian, systemic and complex) conceptions of science. Realizing that the students relate the metabolism of carbohydrates with their various routes from the molecular level to the organic level. Also, they extrapolate this relationship with other metabolic pathways when requested. The way students construct concepts is gradual, supported by the reciprocal Cartesian and systemic thoughts, which points to a slight insertion in the systemic-complex thinking.

Keywords: Cellular and molecular biology, MoMuP-PE, Concepts.

1 INTRODUÇÃO

O que se observa hoje nas escolas é que os conteúdos relacionados à Biologia Celular e Molecular (BCM) - distribuídos no Ensino Médio sob a forma de citologia, bioquímica e genética - têm sido abordados superficialmente, devido às dificuldades encontradas por professores e alunos: a complexidade conceitual que essa área comporta e a forma da escola assimilar, organizar e promover o ensino. E como tema imprescindível a qualquer base conceitual para a compreensão dos seres vivos e da própria Biologia, a BCM constitui um campo paradigmático para a ilustração de muitas das dificuldades e problemas de aprendizagem supracitadas (CID; NETO, 2005; SCHEID et al., 2005; MOURA et al., 2013;).

Alguns trabalhos têm sido realizados com o objetivo de explorar e analisar os conhecimentos e a compreensão que os estudantes têm sobre BCM, como se pode ver no quadro 1, fruto de uma revisão de literatura, na qual buscou-se conceitos-chaves relacionados à BCM em periódicos de ensino.

Quadro 1: Investigações acerca do ensino de BCM

Conceitos	Referências	Dificuldades	Terminologia
Ciclo celular	FABRÍCIO et al., 2006; LOPES, 2007.	Compreender as especificidades das etapas do ciclo celular e suas nomenclaturas.	Efeito dissociativo
Relação gene/cromossomo	LIMA, 2007; PEREIRA, 2008; SCHUNEMANN et al., 2012.	Distinguir DNA, gene e cromossomo, bem como suas relações com o ciclo celular.	Tricotomia conceitual
DNA	FERREIRA; JUSTI, 2004; PAIVA; MARTINS, 2005.	Abstrair a estrutura do DNA e seu reflexo na dinâmica celular.	Transposição de níveis
Expressão gênica	SILVA, 2011; CAMARGO; INFANTE-MALACHIAS, 2007.	Conceber expressões gênicas como determinismo genético e integralizar variados níveis biológicos.	Causalidade linear
Tecnologias moleculares	LEITE, 2004; MOURA et al, 2013.	Reconhecer as variadas aplicações da Genética e seus impactos sociais.	Contextualização sócio biológica

Fonte: Elaborado pelos autores.

Essas pesquisas trazem resultados alarmantes, pois revelam que nem mesmo conceitos básicos moleculares e/ou celulares, como a relação gene/cromatina/cromossomo ou a finalidade do processo do ciclo celular mitótico e meiótico, são compreendidos pelos estudantes ao final dos anos de educação básica ou do ensino superior. Na coluna “Terminologia” indicamos denominações para as principais dificuldades relatadas.

No entanto, investigações na área do ensino de Biologia Celular e Molecular têm surgido de forma crescente, buscando auxiliar os docentes na transposição didática de conteúdos, como resume o quadro 2. Esses trabalhos foram encontrados a partir de revisão de literatura em periódicos nacionais, buscando temas de BCM como propostas de ensino.

Quadro 2: Propostas de transposição didática de conteúdos em BCM

Referências	Propostas
CERQUEIRA; SOBRINHO; PERIPATO, 2013	Ligação gênica através de jogos de investigação.
LIMA, 2014;	Ciclo celular e mutagênese através de jogo de tarefas múltiplas.
KLAUTAU-GUIMARÃES; PEDREIRA; OLIVEIRA, 2014;	Tirinhas no ensino de gene.
VESTENA; SEPEL; LORETO, 2015;	Hereditariedade por Heredogramas.
BAIOTTO; LORETO, 2016;	Mutação por jogo de rodadas e modelagem.
GUEDES; MOREIRA, 2016	Seriados de TV e demonstrações em laboratório no ensino de conceitos em Genética.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Faz-se necessário, portanto, mudar os paradigmas de ensino, centrados numa visão mecanicista, fragmentada e compartimentalizada. De acordo com Behrens, Moran e Masseto (2012), o contexto social atual exige do professor um olhar reflexivo sobre sua prática pedagógica, caminhando para o paradigma emergente, que busca a perspectiva interdisciplinar, superando a divisão, a compartimentalização do conhecimento.

Um exemplo de problemática no ensino de BCM se dá com o conceito de gene, que de acordo com Joaquim e El- Hani (2010), está em crise, devido à tentativa de compreendê-lo sob um paradigma cartesiano, sem, contudo, avaliar as relações que se dão entre os genes na célula, pois

a complexidade da expressão gênica está especialmente relacionada ao grande número de processos vinculados à regulação. A ideia de que o gene é uma unidade de função está baseada na noção de que um gene produz um polipeptídeo que, por sua vez, tem uma função singular. Entretanto, a complexidade da expressão gênica, que é altamente dependente do contexto celular, torna bastante difícil manter a ideia de uma relação única entre um gene e sua função (JOAQUIM e EL-HANI, 2010, p. 104).

Na abordagem tradicional do conhecimento científico, os conteúdos específicos são dispersados em áreas conceituais distintas, de modo que estruturas e processos não se relacionam. Isto se reflete em uma problemática imensurável, considerando a escola como instituição situada num contexto social, histórico, político e cultural de seu tempo, que necessita de práticas que superem a fragmentação e a mecanização.

Machado (2004) denuncia que o paradigma dominante construiu a escola que conhecemos, sem respeitar a criatividade nem a diversidade. Por escola, compreendemos ainda o meio acadêmico, onde se cristalizou a subdivisão do conhecimento em áreas, institutos e departamentos. Delimitam-se assim, fronteiras epistemológicas, visto que

cada departamento organiza seus respectivos cursos por meio de listas de diferentes disciplinas, que não se comunicam.

Face ao cenário, Souza e Silva (2013) apontam para a necessidade urgente de uma reforma paradigmática nos processos de construção e reorganização do conhecimento. Mais especificamente no campo da Biologia, Keller (2005) sugere uma profunda mudança na compreensão dos seres vivos, propondo que mudemos o foco das entidades ou componentes dos sistemas vivos – vistos isoladamente - para os seus processos de interação em redes bastante complexas.

Essa nova ótica sugere a ultrapassagem de um modelo de Ciência recortado, diretivo, simplista e linear característicos do paradigma cartesiano. Não se trata de ignorar ou minimizar os avanços científicos e tecnológicos traçados a partir dessa concepção paradigmática, mas de considerar que ele não é suficiente para lidar com os fenômenos complexos, a exemplo dos processos de manutenção da vida (SOUZA, 2015). Alguns autores propõem então a visão sistêmica que percebe o todo e, em cada parte encontra-se o todo, é um pensamento processual, os fatos/eventos são vistos como teias interconectadas (PIETROBON, 2006; CAPRA; 2006). Outra sugestão paradigmática é o pensamento complexo, onde os elementos heterogêneos e contraditórios encontram-se associados de forma una e múltipla (FÁVERO; TAUCHE, 2013). Morin (2007) aponta que o pensamento complexo¹ aspira ao conhecimento multidimensional, sendo animado por uma tensão permanente entre o saber não fragmentado, não compartimentado e não redutor.

Nesse prisma, nasce a necessidade de analisarmos os conceitos nos contextos nos quais estão inseridos, utilizando um olhar complexo (justificativa). Ressaltando aqui que esta complexidade não se refere à dificuldade de compreensão, mas à “interconectividade entre os elementos” (CARVALHO, 2008, p. 1). Para entender por exemplo, o gene, é necessário ora olhar para a entidade molecular isolada, considerando sua constituição físico-química, ora olhar para as relações que se dão entre o gene e o meio no qual está disposto, exigindo assim, o que Mariotti (2012) chama de técnica do *zoom*, transitando entre o foco reducionista e a visão periférica. O referido autor concebe o pensamento complexo como o abraço entre as abordagens cartesiana e sistêmica, considerando que na Ciência e na Educação, por vezes, o olhar cartesiano também se faz necessário.

O que não deve ser tido como postura referencial é a adoção de apenas um olhar paradigmático na prática científica, supervalorizando esta ou aquela visão sem conjugar os pensamentos, desfazer as fragmentações. Isso é confirmado por Jorge (2006), anunciando que a chegada à complexidade representaria um elemento determinante para uma alteração da imagem científica da natureza. Porém, o autor denuncia que ao olhar para o rosto mais visível da ciência contemporânea, observa um conjunto de práticas operatórias, marcadas pelos tiques tradicionais do mecanicismo e sua atitude calculatória, até mesmo quando o objeto de estudo são fenômenos complexos.

Em biologia, a comunicação entre os paradigmas é recomendável, pois:

A natureza dos conceitos biológicos requer o conhecimento verticalizado das partes trabalhadas em áreas disciplinares específicas, como a Ecologia,

¹ Apresenta-se aqui um breve esclarecimento sobre a complexidade em sua essência: um olhar para as relações que se dão entre as partes e o todo. Em outras palavras, essas partes estão intimamente ligadas, promovendo fenômenos intrínsecos e extrínsecos à aparência da totalidade.

a Anatomia e a Bioquímica, mas deve priorizar a articulação entre essas “partes” e dessas com o todo. Trata-se de conceitos Sistêmicos e Complexos, cujo processo de ensino-aprendizagem requer o desenvolvimento de metodologias diferenciadas, contemplando múltiplas linguagens (MACÊDO et al., 2015, p. 2).

Em genética, por exemplo, o pensamento sistêmico-complexo é pulsante, em todos os seus processos inter-relacionados, pois os seus conceitos abordam aspectos relacionados à manutenção e perpetuação das espécies, como indica Pereira (2008), numa relação estreita entre o macro e o microuniverso.

Essa ótica sistêmico-complexa nos garante maior sensibilidade para a percepção do micro ao macro, do objeto ao sujeito, do ser ao saber, do ontem e do porvir, da essência e da aparência. Contradições que se completam e que se unem e ao unir-se promovem a compreensão. Estamos vivendo e promovendo a ruptura do paradigma, que segundo Behrens (2013), é decorrente da existência de um conjunto de problemas, para os quais os pressupostos vigentes da ciência não conseguem soluções.

Como possível alternativa, dentre as diversas propostas teórico-metodológicas de ensino-aprendizagem, uma se destaca em consonância com o paradigma sistêmico – complexo: o Modelo das Múltiplas Perspectivas – PE (MoMuP-PE). Neste modelo, a promoção do ensino é pautada na “criação de situações que possibilitem desconstruções daqueles conceitos já incorporados à estrutura cognitiva do sujeito, com o objetivo de suscitar uma reconstrução” (SILVA, 2011, p. 33), conseqüentes do aprofundamento conceitual. Sendo possível, assim, atravessar um conceito em distintas direções, processo este denominado de travessia de paisagem em várias direções².

Para o MoMuP-PE é necessário que os estudantes concebam o conhecimento de forma não linear, complexa e articulada, aplicando-o de maneira multimodal e em contextos variados; passíveis ainda de transposição para contextos múltiplos seja quanto à natureza dos conceitos envolvidos ou relacionado à perspectiva paradigmática de Ciência (ANDRADE-MONTEIRO, 2016; COUTO et al., 2016; MOUL et al. 2018; PESSOA; NOGUEIRA, 2009; SÁ, 2017; SOUZA, 2015). Originam-se assim, as travessias temáticas, com a escolha de um ou mais temas presentes em Minicasos diferentes. Aprende-se quando um conhecimento é atravessado em várias direções (CARVALHO, 2008). Brayner-Lopes (2015) une ao MoMuP-PE a perspectiva sistêmico-complexa, que aspira a reelaboração articulada das partes para a compreensão do todo, apresentando nova organização do raciocínio, que permite elaborações conceituais mais detalhadas.

O MoMuP-PE trabalha com um único Caso, o qual pode ser decomposto em unidades menores: os Minicasos, que por sua vez, exploram aspectos particulares do caso, viabilizando sua elucidação. Brayner-Lopes (2015) aponta dois processos que a configuram, a Desconstrução orientada e reflexiva objetivando um aprofundamento conceitual na perspectiva sistêmico-complexa e a Reconstrução paradigmática e articulada como reelaboração das articulações presentes no conceito.

O processo de Desconstrução tem por finalidade promover uma compreensão verticalizada e profunda dos assuntos envolvidos no Caso de estudo, enquanto o processo

² Uma metáfora, emprestada dos trabalhos de Ludwig Wittgenstein (1987) e lapidada por Spiro e Jehng (1990), na qual a paisagem - sinônimo de conhecimento - só é profundamente compreendida quando atravessada em várias direções.

de Reconstrução é o momento em que o conhecimento reelaborado deve ser aplicado flexivelmente a diferentes contextos (SOUZA, 2015).

Em suma, a construção de situações de aprendizagem que favoreçam o estudante aparece como desafio pedagógico constante em sala de aula, impulsionando-nos a conhecer as contribuições de um pensamento articulador/holístico como ferramenta proveitosa para a consolidação do conhecimento, impulsionando novas práticas docentes. Como paradigmas de Ciência e perspectivas de níveis de organização biológica se relacionam na (re)construção articulada de conceitos, a partir de uma visão sistêmico-complexa da Biologia Celular e Molecular?

2 PERCURSO METODOLÓGICO

Em uma abordagem qualitativa, o pesquisador coloca interrogações que são gradualmente discutidas durante o próprio curso da investigação. Ele formula e reformula hipóteses, tentando compreender as mediações e correlações entre os múltiplos objetos de reflexão e análise. Assim, as hipóteses deixam de ter um papel comprobatório para servir de balizas no confronto com a realidade estudada (SUASSUNA, 2008).

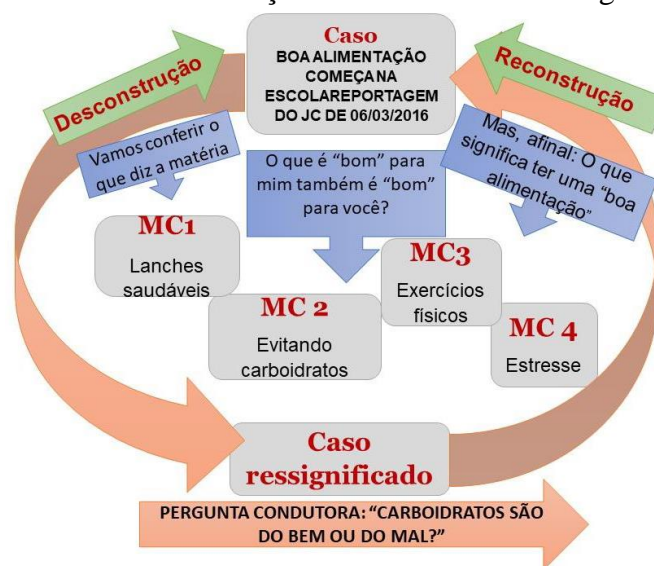
Para a investigação da construção de conceitos, foi proposta uma atividade com abordagem sistêmico-complexa para os discentes a partir da aplicação do MoMuP-PE, a fim de analisarmos como se dá a construção dos conceitos nesta perspectiva. Foram sujeitos da pesquisa, trinta estudantes matriculados (em grupos que se mantiveram ao longo da disciplina), durante um semestre letivo, em uma disciplina obrigatória intitulada Bioquímica dos Sistemas. Ofertada pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), semestralmente, aos estudantes do 2º período do curso de Licenciatura Plena em Ciências Biológicas.

Sua escolha para a pesquisa se justificou pela possibilidade de acompanhamento da construção de conceitos numa perspectiva sistêmico - complexa, haja vista que os conteúdos ministrados envolvem ligações diretas com a BCM (Biologia Celular Molecular), ou mesmo com outras áreas de conhecimento, como a Química, a Genética Molecular e a Biofísica. Além disso, a escolha por uma turma de Licenciatura é justificada pela escassez de trabalhos que contribuam, no tocante à formação inicial de professores, com o estudo dos mecanismos responsáveis pela construção de conceitos abstratos.

Nesse sentido, foi acompanhado o desenvolvimento da disciplina, com a intervenção da professora regente, observando-se as atividades propostas e como se deu a construção dos conceitos por parte dos estudantes. Restringiu-se o foco sobre a temática “Metabolismo de Carboidratos”, haja vista contemplar a temática com mais atividades desenvolvidas pela professora ministrante. O Caso apresentado durante a disciplina foi uma reportagem retirada do Jornal do Comércio (JC) intitulada “*Boa alimentação começa na escola – Hábito alimentar: Escolas estão aderindo à proposta de oferecer refeições naturais e ensinar os benefícios de uma boa alimentação*” e versava sobre a adesão de algumas escolas às boas práticas de alimentação. A fim de alcançar os objetivos propostos para a investigação (relações entre as concepções paradigmáticas,

níveis biológicos e construção de conceitos), delineou-se um recorte focado nos minicasos e travessias temáticas.

Figura 1. Dinâmica de execução do MoMuP-PE ao longo da disciplina.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Após os estudantes acompanharem as aulas introdutórias e a consequente apresentação dos passos metodológicos do MoMuP – PE, foram convidados a elaborar, em grupos de cinco a seis integrantes, um esquema em *parking lot* que respondesse ao seguinte questionamento: “Como e em que condições o organismo recorre à cetogênese como um possível combustível metabólico?”. Este primeiro esquema esteve ligado à aula “06 – Metabolismo de Lipídios”, sobre a qual nos debruçamos para avaliar as travessias temáticas realizadas pelos estudantes, durante o MoMuP – PE. Em um segundo momento, a construção coletiva de esquemas foi mais uma vez solicitada, neste caso, após a aula “08 – Retomada de conteúdo”, a partir da qual os discentes tiveram a oportunidade de integralizar os minicasos vivenciados durante a disciplina.

Os estudantes foram motivados à elaboração de esquemas que assumissem uma visão não hierarquizada, em atendimento à uma proposta sistêmico-complexa, que viabiliza novas relações conceituais, mesmo de conceitos que primariamente não se concebiam relacionados (BRAYNER-LOPES, 2015; MACÊDO, 2014; SÁ, 2017).

Novak e Cañas (2010) repaginam sua proposta de mapas conceituais, através do modelo em *parking lot*, permitindo então, a articulação entre os conceitos e a movimentação entre estes, sem, contudo, perder o elo com o todo, através do processo de junção e separação.

Em síntese, a escolha do *parking lot* permite ainda que o docente disponibilize uma lista de conceitos que funcionem como ponto de partida para a construção do esquema conceitual oportunizando *insights* ao docente quanto aos conceitos e imagens que os participantes possuem maior e/ou menor dificuldade de incluir, relacionar e articular no esquema (NOVAK; CAÑAS, 2010).

2.1 ANÁLISE SEMIOLINGUÍSTICA DO DISCURSO

Para a conseqüente análise dos dados, utilizou-se os pressupostos da Análise Semiolinguística do Discurso (ASD) que, segundo Corrêa-Rosado (2014), não busca apenas a análise linguística do texto em si ou uma análise sociológica e/ou psicológica do respectivo contexto, mas sim a compreensão da questão da imagem de si, o *ethos* retórico.

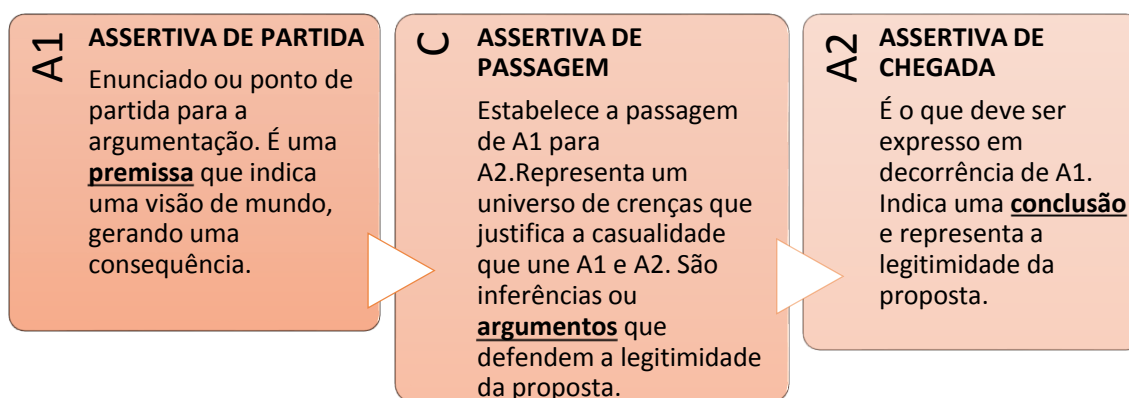
Segundo Charaudeau (2008), o discurso está além da representação de códigos linguísticos, é uma junção entre o que é explicitado e o que permanece implícito, mas que dá sentido ao processo de comunicação. O autor afirma que a simetria emissor/receptor não é suficiente para promover a percepção do ato de linguagem, exigindo uma maior atenção para a interação entre o implícito e o explícito do discurso.

Compreender este discurso orienta-nos na percepção entre o que se concebe internamente – embora não se exponha – entre as impressões e o que contribui para a elaboração do discurso em si, a expressão das concepções paradigmáticas.

O discurso ainda pode ser classificado, segundo Charaudeau (2015), em quatro modos de organização para determinadas finalidades: enunciativo, descritivo, narrativo e argumentativo. Para a pesquisa, utilizou-se o modo argumentativo, que desenvolve uma explicação, uma contestação ou contraposição, sempre visando a defender um ponto de vista.

A referida modalidade alcança uma congruência com o objetivo de pesquisa e as respostas obtidas nos questionamentos, a partir do momento em que os estudantes são motivados a elaborar uma explicação em defesa de um ponto de vista. Importa ressaltar que os questionamentos e/ou problemáticas elaborados pela professora ministrante da disciplina aspiravam esse modo de discurso, contemplando os três elementos que caracterizam a relação argumentativa (Figura 2).

Figura 2: Elementos básicos para análise argumentativa segundo Charaudeau.



Fonte: Elaborado pelos autores

As categorias de análise utilizadas se relacionam com as concepções paradigmáticas (pensamento cartesiano, pensamento sistêmico e pensamento complexo), apontando para o modo como o discente vê o conhecimento científico e como transita

entre os níveis de organização em Biologia (molécula / célula / tecido / órgão / sistemas / organismo / ambiente), além do modo como articula os paradigmas e os conceitos em BCM. As categorias paradigmáticas são teóricas e encontram-se fundamentadas na Introdução desse trabalho.

Neste sentido, o foco da análise recai em dois momentos distintos do MoMuP-PE: 1) para acompanhar a construção dos conceitos com suas eventuais similitudes e disparidades (as **travessias temáticas** realizadas durante a atividade sobre Regulação Cetogênica) e, 2) a atividade de integração dos **minicazos** utilizados pela docente.

Cada um dos minicazos trata especificamente de uma situação, mas sobrepõem-se entre si e mantendo ligações com o caso: “Comida x Alimentação: (re) pensando nossas escolhas”, “Lanches saudáveis”, “Exercícios físicos” e “Estresse”. E permitem ainda a desconstrução/reconstrução de forma orientada e reflexiva.

As unidades de análise eram retiradas dos esquemas conceituais, a partir dos quais observavam-se textos, símbolos, ilustrações, setas e demais conectivos. A ocorrência das palavras e o modo como elas eram relacionadas (ou não) nos esquemas configuraram-se como eixo central para formação das unidades de análise, a partir das questões norteadoras disponibilizadas pela docente.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como a análise ampara-se na construção argumentativa de Charaudeau (2015), era necessário delinear a asserção de partida (A1) e a asserção de chegada (A2), no intuito de acompanhar a asserção de passagem dos estudantes durante a construção dos esquemas. Como assertiva de partida para todos os três grupos aqui analisados, temos os questionamentos da docente (Quadro 3):

Quadro 3. Asserções de partida (A1).

Minicazo	Asserções de partida
<i>Lanches saudáveis</i>	Quais são as vias metabólicas envolvidas no metabolismo de carboidratos?
<i>Evitando carboidratos</i>	Quais as vias metabólicas envolvidas no que diz respeito ao metabolismo de carboidratos, diante de uma dieta restritiva?
<i>Exercícios físicos</i>	Como se processam as vias metabólicas envolvidas no metabolismo dos carboidratos, no que diz respeito à prática regular de exercícios?
<i>Estresse</i>	Como o estresse pode influenciar o metabolismo de carboidratos?

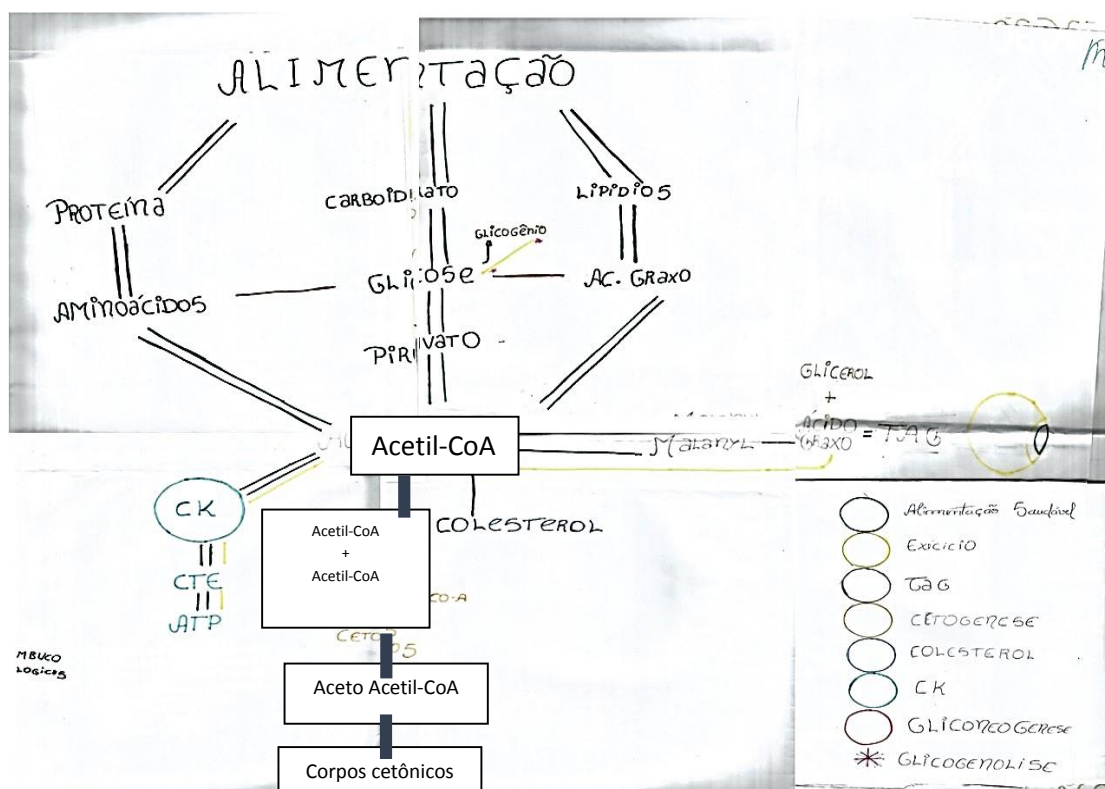
Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

Em adição, as asserções de chegada (A2) são as próprias construções dos esquemas, com todas as suas vias (representadas por expressões e/ou símbolos). E as asserções de passagem compreendem os modos de pensamento evocados observados nos esquemas,

que transitam entre o que foi solicitado e o que foi construído. Abridados nas categorias das concepções paradigmáticas e nos níveis biológicos em que os estudantes transitam, os procedimentos analíticos buscam compreender o discurso implícito ao longo das asserções de passagem. Em adição, estende-se o olhar analítico até às asserções de chegada – nas imagens – a fim de evitar uma perspectiva fragmentadora albergada em um único ponto desse extenso e fecundo processo: a construção de conceitos.

Desse modo, o grupo Oxford (Figura 3), apresenta o seu esquema com um hexágono central, ligado a dois ramos. As construções dos grupos Seul e Cairo são apresentadas no Quadro 5.

Figura 3. Asserção de chegada - Oxford.



Fonte: Elaborado pelos discentes sujeitos da pesquisa (2018)

É possível observar os reflexos das concepções paradigmáticas em suas construções coletivas: sendo o tema solicitado pela professora a “alimentação”, os estudantes se dedicam aos níveis moleculares e as reações metabólicas que ocorrem entre essas moléculas.

Ao integrar essas vias metabólicas, os discentes se aproximam de uma perspectiva sistêmica. Há ainda a ocorrência de uma figura que representa o adipócito, denotando assim um tímido salto microscópico.

Todavia, esse grupo inclui uma leve inserção no pensamento complexo, ao apresentar vias recursivas no metabolismo, compreendendo a co-existência das vias anabólicas e catabólicas. Recursividade e vias cíclicas são características do pensamento complexo, com uma dinâmica de autoprodução daquilo que a produz (MORIN, 2007;

FÁVERO; TAUCHEN, 2013). Segundo os autores, a recursividade permite o vaivém entre pensamentos, dissolvendo concepções estanques sobre os fenômenos analisados.

Como asserção de passagem, com o pensamento implícito do grupo, percebe-se uma construção pautada na tentativa de explicar os fenômenos metabólicos a partir da quebra de macromoléculas em seus monômeros; neste sentido os discentes buscam demonstrar que à alimentação segue a digestão, com a conseqüente produção de energia.

Inferimos também o cuidado do grupo em explicitar a relação dos exercícios físicos com o metabolismo de carboidrato – solicitado pela professora na asserção de partida – e ainda com o metabolismo de lipídio, relacionados pela Acetil-CoA.

O Quadro 4 traz ainda a produção do grupo Oxford e exemplifica como foram utilizados os traços de lógica argumentativa na análise das construções de cada grupo:

Quadro 4. Traço dos elementos da lógica argumentativa – Grupo Oxford

ASSERÇÃO DE PARTIDA (Questionamentos da professora)	ASSERÇÃO DE PASSAGEM (Discurso implícito dos estudantes)	ASSERÇÃO DE CHEGADA (Palavras e/ou figuras utilizadas nos esquemas)
<i>Quais são as vias metabólicas envolvidas no metabolismo de carboidratos?</i>	A degradação de polissacarídeos em glicose, a síntese de glicogênio e a formação de glicose a partir de compostos não-carboidratos (anglicanos).	<ul style="list-style-type: none">• Acetil-CoA• Glicose• Gliconeogênese• ATP• Glicogenólise• Piruvato

Fonte: Elaborado pelos autores.

O grupo Cairo (Quadro 5) apresenta o termo alimentação de forma central, ligado a duas vias distintas: uma para os lanches saudáveis e outra para a restrição de carboidratos na dieta.

Embora se comuniquem por outras duas vias (a glicogenólise e a glicólise), visualizamos certa compartimentalização das vias metabólicas: O estresse ligado ao cortisol envolve-se apenas com a gliconeogênese e os exercícios físicos relacionam-se através da adrenalina também com aquela via metabólica. Não encontramos então, a ocorrência de vias recursivas ou não lineares, à exceção apenas do ciclo do ácido cítrico, que é cíclico por natureza.

o caso da adrenalina, que se mostra nos exercícios e no estresse, mas sem ligações entre ambos os fenômenos.

Destaca-se, no entanto, a presença do nível celular, a partir da inserção do adipócito e da mitocôndria em duas vias, o que pode ser configurado como um salto microscópico, a partir do momento em que visualiza o vaivém das moléculas entre as entidades celulares.

Relativamente à asserção de passagem, percebe-se que os estudantes compreendem que a via metabólica para os exercícios físicos envolve a quebra do triacilglicerol em ácido graxo e consequente produção de energia nas mitocôndrias.

O uso da figura da mitocôndria e do adipócito revela que o grupo concebe que estes fenômenos ocorrem no nível celular e tecidual. No tocante aos exercícios físicos, desenvolvem sua asserção de passagem com detalhes relacionados à lipólise, a partir da qual ilustram a quebra do triacilglicerol em ácido graxo e consequente ativação do ciclo do glioxilato e ciclo do ácido cítrico.

Percebe-se aqui o domínio dos conceitos relacionados ao metabolismo de lipídios e sua relação com o metabolismo de carboidratos, concatenando os minicasos utilizados pela docente. Encontra-se ainda na asserção de passagem referências ao cortisol e à adrenalina, como uma possível referência ao aumento da produção hepática de glicose e ao aumento da glicemia.

Nosso olhar se volta para as asserções de passagem, pois, segundo Charaudeau (2015), no modo de organização argumentativo por mais que os fenômenos tenham uma explicação universal – como o metabolismo dos carboidratos – são percebidos através de duas filtragens: “a **experiência** individual e social do indivíduo e as **operações do pensamento** que constroem um universo discursivo de explicação, o qual depende de esquematizações coletivas” (CHARAUDEAU, 2015, p. 206). Importa então, buscarmos compreender em quais concepções paradigmáticas os estudantes se ancoram para construir os conceitos científicos.

Detectamos a ocorrência da assimilação dos conceitos por parte dos estudantes dos três grupos, a partir do momento em que utilizam os termos adequadamente aos seus contextos, ainda que cada esquema possua suas singularidades.

Bem como ainda que de forma incipiente, relacionam contextos diversos sob a ótica da Bioquímica e em outros momentos se valem de um olhar mais pontual, cartesiano. Ao longo das atividades, a professora estimula os discentes a relacionarem diferentes contextos para explicação de um mesmo fenômeno. Através das desconstruções e reconstruções, esses estudantes puderam perceber as concatenações entre as variadas vias metabólicas e seus constituintes.

Embora ainda com olhares cartesianos, ao compartimentalizar as informações de forma setorizada nos esquemas, compreendemos que todos os grupos apontam uma frutífera inserção no pensamento sistêmico. O que se assemelha aos dados obtidos por outros trabalhos envolvidos com as relações entre as concepções paradigmáticas e a construção de conceitos (MACÊDO, 2014; SOUZA, 2015).

No entanto, as limitações impostas aos estudantes, em face do modelo de ensino-aprendizagem ofertado na escolarização, não privilegiam este tipo de olhar. Dentre essas limitações podem ser citadas: a fragmentação dos conteúdos biológicos em áreas estanques ao longo das séries/anos, a hegemonia do professor como detentor do conhecimento e as inexistentes oportunidades de atividades crítico-reflexivas.

Assim, clarifica-se a importância do MoMuP-PE como uma proposta teórico-metodológica para a construção dos conceitos, lembrando que no processo *sistêmico-complexo* todos os conceitos são igualmente importantes como em uma teia, “uma vez que os olhares e as articulações são diferenciados de acordo com a dimensão que cada um dá aos conceitos, considerando o contexto no qual estão inseridos” (BRAYNER-LOPES, 2015, p. 145).

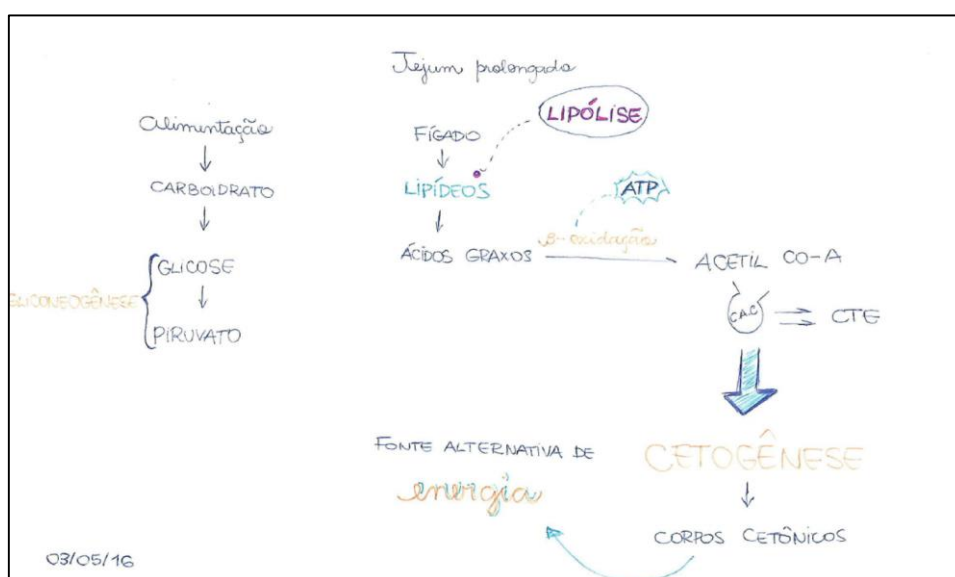
Seguidamente, a análise das travessias temáticas também faz parte do roteiro desta investigação, haja vista que segundo Brayner-Lopes (2015), no MoMuP-PE estas travessias orientam ou embasam a perspectiva de relações e a organização paradigmática dos conteúdos.

Delineamos nosso foco para as travessias temáticas existentes em uma atividade relacionada ao Metabolismo de Lipídios, a fim de acompanhar possíveis interações com o Metabolismo de Carboidratos. Nessa etapa, buscamos angular mais uma vez o olhar sobre as asserções de passagem e chegada.

Em determinado momento da disciplina, a docente disponibilizou um texto-base e solicitou aos estudantes que desenvolvessem esquemas conceituais que respondessem ao seguinte questionamento: *como e em quais condições o organismo recorre à cetogênese como um possível combustível metabólico?* Para os esquemas, foram disponibilizadas como sugestões as seguintes palavras: Beta-oxidação dos ácidos graxos, Lipólise, Gliconeogênese, Ciclo de Krebs, Cadeia Transportadora de Elétrons, Energia, Jejum, Ácidos graxos e Carboidratos. Aplicando mais uma vez a ASD, procedemos com os resgates das expressões-chave e suas unidades de análise em quatro grupos que participaram desta atividade e que produziram esquemas representativos para a pesquisa.

O grupo Torrén põe a palavra cetogênese em destaque e não centralizada (Figura 4), mas inserida em uma via relacionada ao jejum prolongado (contexto dado para análise) que se estende por todo o esquema. Percebe-se porém que o grupo quis explicitar uma comparação entre o que ocorre metabolicamente em caso de alimentação e em caso de jejum prolongado.

Figura 4. Travessia temática - Torrén.



Fonte: Elaborado pelos discentes sujeitos da pesquisa

O metabolismo de carboidratos aparece ligado à alimentação e gliconeogênese, de forma linear, demonstrando o que ocorre no organismo em casos normais de alimentação, a quebra dos carboidratos em monômeros de glicose para conseqüente formação do piruvato.

Esta via poderia ser ligada ao termo energia ou ainda ao fígado, pela glicogênese e glicogenólise. Mas os estudantes preferiram destacar a via do jejum prolongado, sinalizando a via da alimentação em paralelo. Neste caso de jejum, os estudantes demonstram reconhecer que para o organismo suprir a necessidade de glicose, ativa a lipólise (quebra de gordura), degradando triglicerídeos em ácidos graxos e glicerol. A cetogênese aparece para ilustrar a formação de corpos cetônicos a partir de uma seta azul destacada. Essa disposição dos termos revela que os discentes compreendem a distinção de duas vias que podem ser seguidas pela Acetil- CoA.

A presença da palavra fígado se justifica pois no processo analisado a rota metabólica acontece nesse órgão, o que denota ainda um salto macroscópico a partir do qual os estudantes desenvolvem sua construção, em maior parte atrelada ao nível molecular. É importante que no ensino da BCM, os discentes sejam motivados ao livre trânsito entre os níveis biológicos que impulsiona a formação de sujeitos dispostos a inovar, transitando de perspectivas tradicionalistas rumo às novas propostas paradigmáticas (PIETROBON, 2006; BEHRENS, 2013).

Observa-se que a professora ministrante privilegia rotas metabólicas alternativas, proporcionando ao estudante alargar seu olhar além da percepção encaixotada de cada via, o que compromete a construção de conceitos em BCM.

Ao analisar os esquemas, percebe-se claramente que os discentes buscam explicar os fenômenos, no mínimo, com um pensamento sistêmico, que (re)conhece a relevância do estudo das partes em interação com o todo. Vale ressaltar que ao grupo amostral foi mencionado o objetivo da pesquisa, o que pode influenciar as construções por parte dos estudantes.

O grupo Munique (Quadro 6) apresenta uma construção linear, reflexo do pensamento cartesiano, cujas vias metabólicas não se comunicam entre si. Essa linearidade parte do jejum prolongado – como causa – e segue até à energia, a conseqüência total. Neste esquema, contudo, encontramos os níveis tissular e orgânico, além do molecular, o que representa uma vai-e-vem próprio do pensamento complexo, entre as partes e o todo.

a inserção do metabolismo de carboidratos nesta asserção de passagem, por meio do Acetil-CoA, interagindo com o metabolismo de lipídios. Através destas relações, se evidenciam as articulações conceituais realizadas pelos participantes da pesquisa.

Os discentes buscam ilustrar a ciclicidade na formação de ATP e sua consequente degradação para fornecimento de energia, ao explicarem o Ciclo de Krebs. Pecebemos também a utilização do termo Jejum no canto superior direito. Ao redor dele, constroem uma asserção de passagem, implícita, que denota outra ciclicidade, ainda que não representada graficamente. Compreendemos ainda que o grupo Belém reconhece a centralidade do Acetil-CoA como substrato de distintas vias anabólicas e catabólicas, tanto de carboidratos quanto de lipídios. Não sendo em vão, cremos, sua localização central na figura.

Mais uma vez, relembra-se que o MoMuP-PE tem como bases a Desconstrução (orientada e reflexiva) e a Reconstrução (articulada e paradigmática) conceituais associadas à Travessia Temática, isto é, a multiplicidade de percursos para o estudo dos temas. Atribuindo ao estudante, segundo Carvalho (2011), um papel mais participativo durante as fases de desconstrução e reconstrução, pois o insere ativamente na compreensão do Caso. A partir dessas ideias e das travessias observadas, podemos entender que os estudantes não se apropriam dos conceitos científicos de forma estanque, mas desenvolvem uma nova forma de conceber os fenômenos moleculares, intercalando dinamicamente o conteúdo ao atravessar a paisagem em várias direções (BRAYNER-LOPES, 2015).

No grupo Adelaide (Quadro 6) encontramos uma construção que traz os termos adipócitos e corrente sanguínea, além daqueles solicitados pela professora. À semelhança do grupo Torrón, apresenta o metabolismo de carboidrato em uma via distinta do metabolismo de gordura que se encontram com o Acetil-CoA através da β -oxidação.

Embora a docente tenha disponibilizado apenas termos relacionados às vias metabólicas propriamente ditas, os estudantes desse grupo extrapolam os níveis moleculares previsíveis da construção. Um esquema que ilustra compartimentos específicos (uma via para lipídios, outra via para carboidratos, β -oxidação centralizada com Ciclo do ácido cítrico) porém comunicantes entre si.

Comparam na asserção de passagem, a quebra dos lipídios - na β -oxidação - e a quebra de carboidrato na glicólise culminando na formação de Acetil-CoA. Ilustram a lipogênese que recursivamente fornecerá substratos para a lipólise quando a concentração de glicose abaixar. Infere-se que os estudantes compreendem que todas essas vias se congregam na formação de Acetil-CoA para a manutenção do ciclo do ácido cítrico e da cadeia transportadora de elétrons.

Em sua asserção de passagem, infere-se que visualizam o fenômeno de forma integrada e articulada no organismo, ao ilustrarem a mitocôndria no centro – na qual ocorrem a β -oxidação e a respiração celular – e o percurso das moléculas através da corrente sanguínea.

Esta travessia temática transita livremente entre os níveis e entre as reações metabólicas, evidenciando um pensamento sistêmico-complexo (ainda que incipiente), com reelaborações das articulações consequente das desconstruções de cada minicaso, como pode ser encontrado em Sá (2017).

As desconstruções realizadas de forma orientada e com alto grau reflexivo permitiram, de acordo com Brayner-Lopes (2015) a reconstrução de forma articulada e paradigmática.

Quadro 7. Resultados da análise dos esquemas

ETAPA DO MOMUP-PE	UNIDADE DE ANÁLISE	NÍVEL DE ORGANIZAÇÃO BIOLÓGICA							PARADIGMAS		
		Molécula	Célula	Tecido	Órgão	Sistema	Indivíduo	Ambiente	Cartesiano	Sistêmico	Complexo
Momentos distintos a fim de comparar a condução da construção dos conceitos	Esquemas conceituais elaborados pelos grupos de estudantes										
Integração dos Minicasos	Seul	X	X						↔		
	Cairo	X							↔		
	Oxford	X	X						↔		
Travessia Temática	Adelaide	X	X			X			↔		
	Torréon	X			X				↔		
	Munique	X		X			X		↔		
	Belém	X							↔		

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Brayner-Lopes (2015).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para detectar-se o processo de reconstrução ainda mais definido, necessita-se aplicar o conhecimento flexivelmente em vários contextos, o que foi permitido graças às orientações promovidas pela docente ao longo da execução do MoMuP-PE em sua disciplina.

Pode ser observado que o MoMuP-PE configura um ambiente de aprendizagem facilitador deste processo, por ser rico em momentos de mediação e interação que a todo momento instiga o estudante durante as atividades, a repensar um novo contexto para o conceito estudado; tornando possível sucessivas reelaborações conceituais (BRAYNER-LOPES, 2015), que por sua vez caracterizam a perspectiva sistêmico-complexa.

Não nos precipitamos, todavia, em apontar apenas a perspectiva sistêmico-complexa dos conceitos científicos como correta, pois embora essa perspectiva seja desejável, a compreensão cartesiana não deve ser considerada como um mal a ser extirpado. Nossa tentativa e proposta porém, foi a de interligar o *linear* e o *sistêmico* ao longo das construções, abrindo possibilidades para novas articulações com o que já sabemos.

Sugere-se que o MoMuP-PE seja objeto de pesquisa de futuras e contínuas investigações, a partir de sua aplicação em contextos distintos, como em disciplinas de outros cursos superiores e ainda, em níveis de ensino da educação básica. Pois a execução das pesquisas relacionadas ao mesmo, concentram-se em ambientes de ensino do curso de licenciatura em Biologia (ANDRADE-MONTEIRO, 2016; COUTO et al., 2016; MOUL et al. 2017; SÁ, 2017). Desse modo, serão obtidas considerações cada vez mais nítidas quanto à eficácia desse modelo como recurso didático.

Importante relembrar que ao longo dessas construções os estudantes vivenciaram a desconstrução (orientada e reflexiva) e reconstrução (articulada e paradigmática). Evidentemente que cada grupo, com seus componentes, apresenta especificidades no raciocínio, e ainda similaridades que evidenciam a aprendizagem dos conceitos.

Cabe aos docentes e pesquisadores, sensibilidade para dedicar-se a novas formas de ensino e aprendizagem. Novas pesquisas devem continuamente ser desenvolvidas a fim de detectarmos e compreendermos como esses licenciandos exercerão suas práticas pedagógicas enquanto docentes familiarizados com novas perspectivas paradigmáticas: Assentarão seu *modus operandi* em formatos pré-estabelecidos ou se dedicarão a fluida transição entre os níveis de organização biológica? Enquanto isto, concordamos com as palavras de Machado (2004), ao dizer que estamos no mar da complexidade à procura de uma pequena ilha para recuperar o fôlego.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE-MONTEIRO, A. S. F. Análise da mobilização de saberes docentes por professores de Biologia em uma perspectiva sistêmico-complexa. 2016, 182 f. **Dissertação** (Mestrado em Ensino das Ciências) –, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, 2016.
- BAIOTTO, C. R.; LORETO, E. L. S. Simulando a relação entre mutação e câncer na sala de aula. **Genética na escola**, v. 11, n. 1, p. 46 – 53, 2016.
- BEHRENS, M. A.; MORAN, J. M.; MASSETO, M. T. **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. Campinas: Papirus, 2012.
- BEHRENS, M. A. **O paradigma emergente e a prática pedagógica**. Petrópolis: Vozes, 2013.
- CAMARGO, S.; INFANTE-MALACHIAS, M. A genética humana no ensino médio: algumas propostas. **Genética na Escola**, Ribeirão Preto, v. 2, n. 1, p. 14-16, 2007.
- CAPRA, F. **O ponto de mutação**. 35. ed. São Paulo: Cultrix, 2006.
- CARNEIRO-LEÃO, A. M. A.; CARDOSO, S. C. S.; BRAYNER-LOPES, F. M.; JÓFILI, Z. M. S. Os paradigmas científicos de licenciandos de Biologia registrados a partir de um estudo sistêmico sobre os níveis de organização dos seres vivos. **Enseñanza de las Ciencias**, número extra, p. 689-695, 2013.
- CARVALHO, A. A. A. Abordar a complexidade através da desconstrução e da reflexão: implicações na estruturação de objectos de aprendizagem. In: **XV Colóquio AFIRSE** –

Complexidade: um novo paradigma para investigar e intervir em educação?. *Anais*, Lisboa, 2011.

CARVALHO, M. C. M. **A construção do saber científico**: algumas posições. In: Metodologia científica - fundamentos e métodos: construindo o saber. Campinas: Papyrus, 2008.

CERQUEIRA, B. R. S.; SOBRINHO, I. S. J.; PERIPATO, A. C. “Ta ligado?” Uma forma lúdica de aprender ligação gênica. **Genética na Escola**, v. 8, n. 12, p. 132 – 145, 2013.

CHARAUDEAU, P. Uma teoria dos sujeitos da linguagem. In: Gláucia Lara; Ida Machado; Wander Emediato (Orgs.). **Análises do Discurso hoje**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira/Lucerna, vol. 1, p. 11-30, 2008.

CID, M.; NETO, A. J. Dificuldades de aprendizagem e conhecimento pedagógico do conteúdo: o caso da genética. **Revista Electrónica Enseñanza de Las Ciencias**. VII Congresso, Portugal, n. extra, p. 1-5, 2005.

CÔRREA-ROSADO, L. C. Teoria Semiolingüística: alguns pressupostos. **Memento**, v. 5, n. 2, p. 1 – 18, 2014.

COUTO, J. A. et al. O modelo das múltiplas perspectivas-Pernambuco e a bioquímica: vivenciando uma alternativa teórico metodológica durante a formação inicial de professores. **Revista da Associação Brasileira de Ensino de Biologia**, n. 9, p. 3886-3896, 2016.

FABRÍCIO, M. F. L.; JOFÓLI, Z. M. F.; SEMEN, L. S. M.; LEÃO, A. M. A. C. A compreensão das leis de Mendel por alunos de biologia na educação básica e na licenciatura. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, Uberlândia, v. 8, n. 1, p. 12-25, 2006.

FÁVERO, A. A.; TAUCHEN, G. Epistemologia da complexidade e didática complexa: princípios e desafios. **Revista Educação e Filosofia**, v. 27, n. 53, p. 175 – 192, 2013.

FERREIRA, P. F. M.; JUSTI, R. S. A abordagem do DNA nos livros de biologia e química do ensino médio: Uma análise crítica. **Ensaio: Pesquisa em educação em ciências**. 2004.

GUEDES, K. C. S.; MOREIRA, S. T. Genetikando: usando seriados de TV e simulações de laboratório para ensinar Genética. **Genética na Escola**, v. 11, n. 1, p. 20 – 27, 2016.

JOAQUIM, L. M.; EL-HANI, C. N. A genética em transformação: crise e revisão do conceito de gene. **Scientiae Studia**, v. 8, n. 1, p. 93 – 128, 2010.

JORGE, M. M. A. O impacto epistemológico das investigações sobre complexidade. **Sociologias**, v. 8, n. 15, p. 24 – 55, 2006.

KELLER, E. F. The century beyond the gene. **Journal of Biosciences**, v. 30, n. 1, p. 101 - 118, 2005.

KLAUTAU-GUIMARÃES, M. N.; PEDREIRA, M. M.; OLIVEIRA, S. F. Tirinhas no ensino de estrutura, função e conceito de gene. **Genética na Escola**, v. 9, n. 2, p. 118 – 123, 2014.

LEITE, R. C. M. **A Produção Coletiva do Conhecimento Científico**: um exemplo no ensino de Genética. 2004. 219 f. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004.

- LIMA, L. C. A. O jogo da resposta ao dano no DNA. **Genética na Escola**, v. 9, n. 1, p. 46 – 55, 2014.
- LIMA, A. C.; *et al.* **O entendimento e a imagem de três conceitos**: DNA, gene e cromossomo no ensino médio. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 6, 2007, Florianópolis. Anais... Florianópolis: ABRAPEC.
- LOPES, F. M. B. Ciclo celular: estudando a formação de conceitos no Ensino Médio. 2007, 101 f. **Dissertação** (Mestrado em Ensino das Ciências) –, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, 2007.
- LOPES, F. M. B. Formação de docentes universitários: um complexo de interações paradigmáticas. 2015, 260 f. **Tese** (Doutorado em Ensino das Ciências) –, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, 2015.
- MACÊDO, P. B. Investigando as relações sistêmicas homem-ambiente-teia alimentar à luz do Modelo das Múltiplas Perspectivas de Aprendizagem- MoMuP. 2014, 125 f. **Dissertação** (Mestrado em Ensino das Ciências) –, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, 2014.
- MACHADO, V. M. Em busca de uma didática da complexidade. **Rev. Elet. Do Mestrado em Educação Ambiental**, v. esp., p.110 – 133, 2004.
- MARIOTTI, H. A técnica do zoom: entre o foco e a periferia. **Revista BSP**, v. 3, n. 1, p. 1 – 6, 2012.
- MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. Porto Alegre: Sulina, 2007.
- MOUL, R. A T. M.; R. V. S. ARAUJO,; ROCHA, M. F.; CARNEIRO-LEÃO, A. M. A. O ensino de Bioquímica sob uma perspectiva sistêmico-complexa. In: SILVA, M. G. V.; et al. (Orgs). **Propostas inovadoras de ensino-aprendizagem no Ensino de Ciências e Matemática**. Curitiba: Editora CRV, v. 1, p. 277 – 284, 2018.
- MOURA, J.; DEUS, M. S. M.; GONÇALVES, N. M. N.; PERON, A. P. Biologia/Genética: o ensino de biologia, com enfoque a genética, das escolas públicas do Brasil – breve relato e reflexão. **Semina**, v. 34, n. 2, p. 16 – 174, 2013.
- NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. **Práxis educativa**, v. 5, n. 1, p. 9 – 29, 2010.
- PAIVA, A. L. B.; MARTINS, C. M. C. Concepções prévias de alunos de terceiro ano do Ensino Médio a respeito de temas na área de Genética. **Ensaio. Pesquisa em Educação em Ciências**. v.7, número especial, 2005.
- PEREIRA, A. F. Diagnóstico inicial das dificuldades de articulação e sobreposição de conceitos básicos da Genética utilizando jogos didáticos. 2008. 191 f. **Dissertação de Mestrado**. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências. Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), 2008.
- PESSOA, T.; NOGUEIRA, F. Flexibilidade Cognitiva nas vivências e práticas educativas: Casebook para a formação de professores. In: NASCIMENTO, A. D.; HETKOSWSKI (Orgs). **Educação e contemporaneidade**: pesquisas científicas e tecnológicas. Salvador: EDUFBA, 2009, p. 109-131.

- PIETROBON, S. R. G. A prática pedagógica e a construção do conhecimento científico. **Práxis educativa**, v. 1, n. 2, p. 77 – 86, 2006.
- SÁ, R. G. B. Construção de conceitos da biologia na perspectiva sistêmico-complexa a partir do Momup-Pe, articulado à teoria histórico-cultural. 2017, 325f. **Tese** (Doutorado em Ensino das Ciências) –, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, 2017.
- SCHEID, N. M. J.; *et al.* A construção coletiva do conhecimento científico sobre a estrutura do DNA. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 2, p. 223-233, 2005.
- SCHUNEMANN, H. E. S.; *et al.* **Metodologias Ativas de Ensino**: Um instrumento significativo no ensino aprendizagem de genética. XVI ENDIPE - Encontro Nacional e Prática de Ensino, 2012. Disponível em: < <http://www2.unimep.br/endipec/1486p.pdf> >.
- SILVA, V. F. Investigando estratégias e aportes teóricos para a apropriação do conceito de expressão gênica. 2011. 200 f. **Dissertação** (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Educação, Recife, 2011.
- SILVA, M. **Complexidade da formação de professores**: saberes teóricos e saberes práticos. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009.
- SOUZA e SILVA, V. L. Contribuições dos princípios da complexidade no processo de aprender biologia na formação inicial de professores. In: **IX Congresso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias**. Girona, Comunicación, p. 3287 – 3291, 2013.
- SOUZA, A. F. Relações discursivas na compreensão de processos biológicos sistêmico complexos em uma rede social: contribuições para a formação do docente universitário. 2015, 187f. **Dissertação** (Mestrado em Ensino das Ciências) –, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, 2015.
- SUASSUNA, L. Pesquisa qualitativa em Educação e Linguagem: histórico e validação do paradigma indiciário. **Perspectiva**, v. 26, n. 1, p. 341 – 377, 2008.
- VESTENA, R. F.; LORETO, E. L. S.; SEPEL, L. M. N. Heredogramas dos estudantes: das anágrafes paroquiais para a escola. **Genética na Escola**, v. 8, n. 2, p. 114 – 123, 2013.