

O desenvolvimento do pensamento sistêmico de estudantes do Ensino Fundamental I da Cooperativa de Ensino de Central-BA- COOPEC

Darcy Ribeiro de Castro*

¹Universidade do Estado da Bahia (UNEB), Campus XVI Irecê, Bahia, Brasil.

Darcy Ribeiro de Castro.

E-mail: dcastro@uneb.br



Revista Sertão Sustentável 2023.
Open access sob licença Creative Commons BY-NC-ND 4.0 International.

Recebido: 10/02/2022

Aceito: 06/02/2024

Resumo

O presente trabalho foi desenvolvido na Cooperativa de Ensino de Central-BA- COOPEC, no período de 2009 a 2012. Trata-se de um estudo com crianças na faixa etária entre 7 e 11 anos de idade. Abrange a formação de conceitos científicos à luz da Teoria Histórico-Cultural de Vygotsky. Esse trabalho teve como objetivo investigar a compreensão sistêmica dos estudantes do Ensino Fundamental I para os conceitos de estrutura e funcionalidade de micro-organismos/células, vegetais e animais (ser humano), após participarem de atividades teórico-práticas investigativas na referida escola. A coleta de dados envolveu a observação participante com registros feitos com fotografias e notas de campo, sendo transcritos e analisados comparativamente em 4 Níveis de Conhecimento (NCs) conceitual ou sistêmico (NC1 a NC4). Para esses padrões, observamos um aumento gradativo na compreensão sistêmica dos estudantes sobre a estrutura e função de micro-organismos/células, animais (ser humano) e plantas.

Palavras-chave: Teoria Histórico-Cultural. Micro-organismos/células. Animais (ser humano). Plantas. Níveis de Conhecimento.

Abstract

The present work was developed at the Central-BA-COOPEC Teaching Cooperative, from 2009 to 2012. It is a study with children aged between 7 and 11 years old. It covers the formation of scientific concepts in light of Vygotsky's Historical-Cultural Theory. This work aimed to investigate the systemic understanding of elementary school students regarding the concepts of structure and functionality of microorganisms/cells, plants and animals (human beings), after participating in theoretical-practical investigative activities at that school. Data collection involved participant observation with records made with photographs and field notes, being transcribed and comparatively analyzed at 4 Conceptual or Systemic Levels of Knowledge (NCs) (NC1 to NC4). For these standards, we observed a gradual increase in students' systemic understanding of the structure and function of microorganisms/cells, animals (humans) and plants.

Keywords: Historical-Cultural Theory. Microorganisms/cells. Animals (human being). Plants. Levels of Knowledge.

Introdução

O conhecimento sobre o estado do aprendizado das crianças em idade escolar é fundamental para escolha de estratégias de ensino adequadas para a sua aprendizagem. Vygotsky (1991, 2010) defende que aprendizagem antecipa o desenvolvimento da criança, sendo para isso, necessário um ensino voltado para explicar sobre a causa dos eventos. Para esse autor o ensino acerca da causalidade que envolve as propriedades dos objetos/eventos contribui para a formação do pensamento conceitual dos estudantes. Isso minimiza a explicação funcional espontânea baseada no egocentrismo, já que esse é uma forma dominante no pensamento infantil.

É comum na Educação Básica e Superior, o ensino por definição que considera os limites empíricos da apropriação sensorial do estudante, ou seja, contribui para a formação do seu pensamento empírico, ao invés do teórico ou conceitual. O ensino por definição permite apenas a compreensão do estudante sobre as propriedades gerais dos objetos/eventos, enquanto aquele que objetiva explicar as suas propriedades específicas pode contribuir para a formação mais ampla do educando. Para esse último

tipo, defendemos o ensino conceitual por considerar o conhecimento historicamente produzido pela humanidade em nível de conteúdos (teoria) e dos seus métodos de abordagem (forma), em especial para os processos científicos envolvidos na sua elaboração (Sforni, 2004; Castro, 2010; 2014). Assim, o ensino direcionado para a formação de conceitos pode vir a ser uma das alternativas ao ensino por definição, comumente ofertado na educação brasileira, mas, para isso é indispensável o uso de estratégias de ensino capazes de auxiliar o aprendizado efetivo dos estudantes.

As atividades práticas investigativas têm se apresentado com eficazes estratégias de ensino nas últimas décadas. Esta proposição se fundamenta em autores como Hodson, (1992), Gil-Pérez, Navarro e González (1993), Carvalho (2000), Kuhn *et al.* (2000), Hansen *et al.* (2006), Abou Saab e Godoy (2007), Gomes, Borges e Justi (2008), Krassilchick (2008), Crawford e Capps (2018), Scarpa e Campos (2018), entre outros que defendem o uso da atividade prática investigativa como estratégia para o ensino de conceitos científicos na área de ciências/biologia. Castro, Santana e Silva (2021) e Castro *et al.* (2021) afirmam que a ênfase para o caráter teórico da atividade prática investigativa eleva a possibilidade do aprendizado dos estudantes.

A escolha de atividades teórico-práticas investigativas como estratégia de ensino favorece a aproximação do estudante do pensamento realista do meio (objetivo), da lógica e da racionalidade como alternativa para a superação do pensamento subjetivo e idealista do mundo, egocêntrico e superficial comum ao pensamento infantil. Essas formas de pensamento, muitas vezes, são comuns ainda em jovens estudantes ou em adultos não escolarizados (Vygotsky, 1991; 2010).

O uso da ideia de transformação relacionada a eventos biológicos para o ensino é outro aspecto que pode ser reforçado por meio das atividades teórico-práticas investigativas. Há poucos trabalhos na literatura voltada ao ensino de conceitos de ciências no Ensino Fundamental I, e que abordam a o fenômeno da transformação. Nesse sentido, de uma forma geral, encontramos para micro-organismos/células, animais e plantas, os estudos de Castro (2010, 2014), para vegetais Lawson (1988) e para animais (ser humano), os trabalhos de Teixeira (1999, 2004), Toyama (2000) e Cunha e Justi (2008).

Na perspectiva Teoria Histórico-Cultural (THC) de Vygotsky, no que tange a formação de conceitos, a criança/adolescente em cada fase da sua vida concebe o mundo de uma maneira diferente, a qual é mais rica depender das suas experiências escolares e do contato com os adultos que dominam os conteúdos científicos ensinados na escola. Assim, a identificação e análise de conhecimentos apropriados pelos estudantes entre essas fases possibilitam a construção de uma síntese final dos conceitos desenvolvidos (Vygotsky, 1991; 2008; 2010). Sob esse viés, a partir de aulas teórico-práticas ministradas para estudantes do Ensino Fundamental I, pode se distinguir níveis diferenciados de conhecimentos adquiridos para cada fase ou ano escolares.

Moura (2000) afirma que os conceitos viáveis para o ensino são aqueles que se relacionam com outros conceitos, constituindo um sistema conceitual hierarquizado, em que as ideias mais amplas derivam formas de pensamento mais específicas. A hierarquia conceitual envolve conceitos centrais, primitivos ou indefinidos (ser vivo, crescimento, respiração etc.), os quais têm capacidade de explicar os conceitos periféricos, derivados ou definidos (célula, mitose, metabolismo etc.) (Shaefer, 1979; Bunge, 2010; Castro, 2014). A abordagem de derivação conceitual proposta por Castro (2010, 2014), Castro, Santana e Silva (2021) e Castro *et al.* (2021), amparada no ideário da THC de Vygostky sobre desenvolvimento da criança (1), funções psicológicas elementares e funções psicológicas superiores (2), os conhecimentos espontâneos e científicos (3), a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) (4) e a subordinação conceitual (5), fundamentam uma compreensão para as formas de pensamento das crianças dentro de um sistema hierarquizado, como exposto, seguir:

1. Desenvolvimento da criança

Castro *et al.* (2019) diferencia as fases de desenvolvimento sincrético ou agregação desorganizada, por complexo e conceitual estudadas por Vygotsky. Esses autores consideram como

infância (0 a 11 anos de idade), adolescência (12 a 20 anos de idade), sendo que o pensamento sincrético, o pensamento por complexo (criança em fase pré-escolar) e o pensamento conceitual (criança/adolescente em fase escolar), com ressalva para a primeira etapa que envolve as crianças com 0-3 anos de idade.

Castro *et al.* (2019) destacam que a criança em tenra idade inicia a formação de conceitos através do pensamento sincrético que é caracterizado por formas de pensamento expressas de forma difusa, subjetiva, vaga e imprecisa sobre os objetos/eventos do seu meio. Em um complexo, a criança/adolescente em fase escolar associa objetos/eventos isolados não apenas por impressões subjetivas, mas também por meio das relações entre esses mediante ligações concretas e factuais dos seus componentes, e não abstratas e lógicas. As ligações abstratas e lógicas iniciam-se na transição do pensamento por complexo para o conceitual (pseudoconceito), no qual a associação entre objetos/eventos é feita pelo estudante apenas através das suas propriedades externas (fenotípicas), porém ainda sem considerar a especificação de seus atributos principais. Na fase de pensamento conceitual ou abstrato, os objetos/eventos (propriedades externas/fenotípicas e internas/genotípicas) são caracterizados pelo aluno (a) de acordo com as semelhanças evidenciadas a partir de um único atributo ou traço, o que permite a sua capacidade de síntese e de análise integrante às operações envolvidas na formação de conceito, não apresentada no pseudoconceito.

Pode se destacar que as duas primeiras fases (pensamento sincrético e pensamento por complexo) representam formas mais elementares de pensamento da criança/adolescente, as quais gradativamente são passíveis de substituição por formas superiores de pensamento (conceitual) à medida que são ofertadas pelas escolas ou pelos adultos, experiências/ conhecimentos que auxiliem no seu desenvolvimento (Castro, 2010; 2014; Castro *et al.*, 2019).

2. Funções psicológicas elementares e funções psicológicas superiores

As funções elementares se caracterizam por serem diretamente determinadas pela estimulação ambiental, enquanto as funções superiores são caracterizadas pela estimulação produzida por estímulos artificiais (a exemplo da observação microscópica e da experimentação) que atuam como a causa imediata do comportamento. A sensação e os reflexos são funções psicológicas elementares, já a atenção voluntária, a linguagem e a consciência são processos superiores (Leontiev, 1998; Vygotsky, 2008).

3. Os conhecimentos espontâneos e científicos

Os conceitos espontâneos estão ligados à vivência, são assistemáticos, empíricos e de uso não intencional, têm fraca generalização, são usados do particular para o geral, são base para introdução do conceito científico, não são conscientes e são orientados para o objeto representado e não para o ato de pensar. Os conceitos científicos são aprendidos sistematicamente, apresentam boa generalização, estão relacionados à experiência transmitida intencionalmente, são usados do geral para o particular, são base para a consciência, generalização, sistematização dos conceitos espontâneos; são usados ainda de forma consciente e orientados para o ato de pensar representado e não para o objeto (Vygotsky, 2000, p. 265-269).

4. A Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP)

Grimes e Schroeder (2016) discutem sobre a importância do ensino a partir de níveis gradativos de conhecimento dos estudantes, desde as primeiras séries do Ensino Fundamental para os assuntos de Ciências/Biologia, como por exemplo, origem da vida. Segundo esses autores, a escola tem papel decisivo no desenvolvimento psicológico, e tal sucesso é alcançado quando há estímulo, ou seja, quando se trabalha algo novo e não o que o estudante já sabe. Nesse sentido, os autores se remetem ao conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), a qual é definida como um patamar mais elevado de conhecimento adquirido pelo estudante com uma colaboração de um (a) professor (a) ou adulto que

conhece mais sobre determinado assunto a partir do qual compreensão e/ou resolução de algum problema não seria possível sozinho, tendo como base a ideia de que primeiro se aprende para depois se desenvolver.

Nessa perspectiva, o domínio de novos conceitos contribui para a elevação do pensamento intelectual do estudante, o que é fundamental para que se possam formar indivíduos capazes de tomar decisões para problemas complexos. Defendemos que a dominação para um conceito novo deve ser iniciada a partir de explicações mais amplas dentro das quais, num sistema, ideias mais específicas vão sendo elucidadas via subordinação conceitual, da qual pode se derivar tal conceito.

5. A subordinação conceitual

Para Vygotsky (1993) um conceito se integra à consciência e ao controle deliberado da criança/adolescente, ou mesmo de adulto não escolarizado somente quando começa a fazer parte de um sistema. A consciência significa generalização e, esta, por sua vez, implica na formação de um conceito supra-ordenado que inclua o conceito dado como um caso específico. Assim, explicamos ainda que:

Um conceito supra-ordenado implica a existência de uma série de conceitos subordinados [...]. É nossa tese que os rudimentos de sistematização primeiro entram na mente da criança por meio do seu contato com os conceitos científicos, e são depois transferidos para os conceitos cotidianos, mudando a sua estrutura psicológica de cima para baixo (Vygotsky, 1993, p. 80).

Para ilustrar a questão acima mencionada, Vygotsky usa a ideia do conceito de classificação de ser vivo como supra-ordenação (reino a espécie), do mais geral para o específico, de modo a incluir/excluir diferentes organismos de determinadas categorias, assim permitindo diferenciar, analisar e sintetizar suas propriedades como uma atividade sistêmica. Assim, as categorias abaixo de reino (central) seriam os conceitos subordinados (derivados). Amparados nessa perspectiva, Castro (2010, 2014), Castro, Santana e Silva (2021) e Castro *al et.* (2021) têm desenvolvido alguns trabalhos sobre diferentes seres vivos/células em que, dentro de um sistema, os conteúdos/conceitos mais abrangentes são usados para se compreender os mais específicos e menos abrangentes por meio de atividades teórico-práticas investigativas.

A partir da derivação conceitual acima mencionada, demarcar os conceitos assimilados por estudantes após 4 anos, tendo como base os seus conhecimentos prévios é um desafio frente ao seguinte problema: como as atividades teórico-práticas investigativas sobre micro-organismos/células, vegetais e animais (ser humano) contribuem para a compreensão sistêmica de estudantes do Ensino Fundamental I? Para isso, tivemos o objetivo de investigar a compreensão sistêmica dos estudantes do Ensino Fundamental I para os conceitos de estrutura e funcionalidade de micro-organismos/células, vegetais e animais (ser humano), após participarem de atividades teórico-práticas investigativas na Cooperativa de Ensino de Central- BA- COOPEC.

Material e Métodos

A organização do ensino teórico-prático investigativo

O presente trabalho é decorrente de uma pesquisa que investigou sobre a formação de conceitos por estudantes do Ensino Fundamental I (faixa etária de 7 a 11 anos de idade) sobre estrutura e função de seres vivos, sendo submetida ao Comitê Ético de Pesquisa da Universidade do Estado da Bahia-UNEB, sob o processo nº. 0603090173126, em 21/09/2009. Envolveram turmas do Ensino Fundamental I (2º ao 5º ano) e quatro professoras deste nível de ensino da Cooperativa de Ensino de Central- BA- COOPEC, sendo: 3 professoras de 2º ano ao 4º ano (1 por série) e uma de ciências do 5º ano.

As aulas teórico- práticas forma ministradas par uma mesma turma (2º ano) ao longo de 4 anos com a quantidade de estudantes/ano, a saber: 18 no 2º ano em 2009; 17 no 3º ano em 2010; 23 no 4º ano em 2011 e 23 estudantes no 5º ano em 2012. Utilizamos dados para investigação apenas dos estudantes que continuaram na COOPEC desde 2009 (17 estudantes). Os estudantes que entraram no

4º ano em 2010, e permaneceram no 5º ano em 2011, participou das aulas teórico- práticas igualmente (sem distinção) àqueles com quem iniciamos a pesquisa.

O trabalho de pesquisa foi desenvolvido na COOPEC em etapas de um mesmo ano escolar no período (2009-2012), conforme o planejamento pedagógico feito pelas professoras do Ensino Fundamental I. Foram considerados, a cada ano, os conhecimentos produzidos como base para a ampliação das atividades teórico- práticas investigativas do ano seguinte, como meio de viabilizar uma análise comparativa do conhecimento dos estudantes em ano corrente, e também em relação aos anos anteriores para fins de atender aos diferentes níveis conceituais (CI, C1, C2, C3, C4, CF). Neste sentido, os dados e as evidências produzidas foram incorporados como elementos do processo, a fim de esclarecer questões suscitadas na sala aula ou selecionadas pelo pesquisador. Assim, buscamos favorecer uma compreensão acerca dos estados de pensamento dos estudantes apresentados antes e depois das aulas teórico-práticas ministradas, conforme as necessidades de aprendizagem dos estudantes.

As aulas teórico-práticas ministradas na COOPEC, em 2009, a partir de CI (conhecimentos prévios), ofereceram um ponto de partida concreto para análise dos diferentes níveis de conhecimento dos (das) alunos (as) por possibilitar itens norteadores e pressupostos para a continuidade do trabalho investigativo. Para tal, destacamos a importância da efetuação de atividades/experimentos como parte de um ciclo investigativo. Esse considera os conhecimentos adquiridos pelos estudantes nos experimentos escolares, nas suas experiências com os objetos e com a natureza no dia a dia. Vale destacar ainda que as leituras escolares sejam fundamentais para a participação efetiva dos estudantes no ciclo investigativo. Esse é um processo que envolve vários Níveis de Conhecimento (NCs) e Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), entre o ponto de partida e o produto final.

O ciclo investigativo contou com os seguintes itens norteadores:

1. Os conceitos de estrutura, tamanho e funcionalidade de micro-organismos/células, animais e plantas;
2. A relação entre os nutrientes, transporte, crescimento dos animais e plantas e a interação de funções entre os órgãos vitais destes seres vivos.

Para de planejamento das aulas teórico-práticas no ciclo investigativo, seguimos pressupostos abaixo:

I. Micro-organismos/células

Os estudantes têm dificuldades em compreender os conceitos relacionados às estruturas, tamanho de micro-organismos, a funcionalidades destes organismos para o ser humano e para a natureza, bem como distingui-los de seres pluricelulares pequenos (macroscópicos), células macroscópicas de organismos pluricelulares grandes (alvéolo do limão, fio de cabelo e fita de algodão) e células microscópicas dos seres macroscópicos pequenos.

II. Funções vitais de plantas

Os estudantes têm dificuldades em compreender os conceitos relacionados às funções vitais (fotossíntese, respiração, transpiração e crescimento) de vegetais e os processos envolvidos no desenvolvimento destas funções.

III. Funções vitais de animais (ser humano)

Os estudantes têm dificuldades em compreender os conceitos relacionados às funções vitais (digestão, circulação, respiração, excreção e crescimento) do ser humano e os processos envolvidos no desenvolvimento destas funções.

As aulas teórico-práticas foram desenvolvidas, seguindo o planejamento abaixo (Quadro 1):

Quadro 1. Aulas teórico-práticas desenvolvidas na COOPEC com estudantes do Ensino Fundamental I.

Estrutura/Função/Ano*	2009- P1	2010-P2	2011-P3	2012-P4
Micro-organismos/células	Paramécio, alvéolos de limão e fibras de algodão	Amostras de água (algas) e bolor de pão (fungos)	Formigas, besouro, fibra de algodão, fio de cabelo, cortes de insetos, alvéolos	Figuras/células de bactérias, paramécio, cebola, estômatos e de

			etc.	tecido sanguíneo humano
Plantas	Tecido vegetal/respiração órgãos reprodutivos	Experimento luz e vida	Experiência com copo de leite	Estrutura microscópica do sistema de transporte/reserva
Animais (ser humano)	Aulas teórico-práticas sobre funções vitais de animais	Identificação do amido nos alimentos e a digestão do amido	Alimentação e nutrição das crianças da COOPEC	Identificação do gás carbônico e a interação de funções vitais em animais

Legenda: 2009- 2012 (P1 a P4) em que P= aulas teórico-práticas.

Fonte: adaptado de Castro (2014, p.40).

As aulas teórico-práticas (P1 a P4) foram ministradas pelo pesquisador em uma das aulas semanais cedidas pelas professoras do Ensino Fundamental I da COOPEC durante 4 (quatro) bimestres letivos no período de 2009 a 2012. Essas aulas foram desenvolvidas com vistas a permitir aos estudantes alcançarem Níveis de Conhecimento- NCs (C1 a C4) adicional para os conteúdos teóricos ensinados pelas professoras em sala de aula, no que tange a estrutura e funcionalidade de seres vivos. Além de cederem as aulas, as professoras auxiliaram ao pesquisador quanto a organização dos registros em relação a depoimentos, desenhos, esquemas e fotografias.

Buscamos organizar e desenvolver as aulas teórico-práticas em conformidade com níveis crescentes de complexidade dos conteúdos e novas necessidades de aprendizagem dos estudantes emergidas no processo de ensino. Assim, o pesquisador tratou as proposições ou ideias trazidas ou elaboradas pelos estudantes, com vistas a identificar os conceitos centrais e direcionar a elaboração de conceitos derivados à luz da experimentação e da teorização dentro Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), bem como estabelecer os Níveis de Conhecimento- NCs (C1 a C4), como forma de elevar a compreensão sistêmica acerca dos seres vivos estudados, após 4 anos de trabalho.

A síntese do conhecimento adquirido pelos estudantes da COOPEC foi estabelecida pela diferença entre o final e o início do processo, passando por todas as fases no sentido inverso (C4-C3-C2-C1). Para cada aula (P1 a P4), estabelecemos que a diferença entre a ZDP e o Limite (L1 a L4) conceitual alcançado é igual ao nível de conhecimento adquirido pelo estudante, a exemplo de $P1=ZDP1-L1=C1$, com ressalvas para o fato de que esses níveis não obedecem a seqüências didáticas estanques, a ocorrência de problemas com o ensino (a exemplo de quem decide o que e como ensinar: professor ou aluno?) na sua correlação desenvolvimento do estudante, os limiares de compreensão conceitual dos estudantes, os percalços com a pesquisa, entre outros.

A interação entre pesquisador-estudante na realização das aulas teórico- práticas (P1 a P4) ocorreu da seguinte maneira: 1. Aula do pesquisador com atividade/experimento; 2. Perguntas dos estudantes; 3. Resposta do pesquisador; 4. Perguntas do pesquisador; 5. Respostas dos estudantes; 6. Aula do pesquisador com atividade/experimento. Tal procedimento foi realizado para fins de permitir a recapitulação e sumarização dos conceitos adquiridos por parte dos estudantes da COOPEC, no período de 2009 a 2012.

Apresentamos perguntas imediatas (nominativo-descritivas) e mediatas (explicativas) durante as aulas, a fim de buscar compreender propriedades externas e internas dos seres vivos estudados (Triviños, 1987; Castro, 2014), com a intenção de favorecer a derivação conceitual. Com base nesse autor, tomamos como exemplo para as primeiras perguntas, o seguinte: O que é ser vivo? O que é uma célula? "Quais os seres vivos/células que você conhece?" "Em que se diferenciam os seres vivos microscópicos e macroscópicos?". Para as últimas, por exemplo, tivemos: "Por que não encontramos micro-organismos na água filtrada/chuva"? "Como estes organismos chegaram até a lagoa, se não encontramos no ar, no solo"? Por que alguns micro-organismos, mesmo sendo tão pequenos,

conseguem ser tão perigosos? Ainda tivemos, questões mistas (imediatas e mediatas) como: o que faz uma planta crescer e como ocorre esse crescimento? E você cresce como? Explique.

A pesquisa qualitativa

Usamos para este trabalho a abordagem qualitativa vinculada a Observação Estruturada Participante (OEP).

A abordagem qualitativa permite ao pesquisador ir além da superfície dos eventos, determinar significados, muitas vezes ocultos, interpretá-los, explicá-los e analisar o impacto na vida em sala de aula (Bogdan; Biklen, 1994; Gil, 2010).

A coleta de dados

A recolha de dados foi feita mediante Observação Estruturada Participante (OEP1, OEP2, OEP3 e OEP4) com 42 horas de duração. Desse total, disponibilizamos 1h para fins de levantamento de conteúdos de cada prática, a partir de 2009. Incluímos 1h para recolha de depoimentos (D1 a D4) dos estudantes no final de cada sequência de aulas teórico- práticas (P1 a P4).

A Observação Estruturada Participante (OEP), em condições controladas, possibilita a descrição e a explicação por propósitos anteriormente definidos (meio), como no caso das aulas teórico- práticas (P1 a P4) desenvolvidas na COOPEC. Consiste na participação real do pesquisador com a comunidade ou grupo, bem como facilita, com esse, a familiarização, a obtenção de confiança e a interação (Alves-Mazzotti; Gewandsznajder, 1999; Gil, 2010).

Os depoimentos dos alunos (as) para questões mais gerais durante a exposição teórica dos conteúdos foram registrados diretamente na folha de resposta pelo pesquisador e pelas professoras. O trabalho prático, a esquematização do aprendizado feita pelos (as) alunos (as) na lousa e alguns depoimentos (D1 a D4) desses acerca de questões específicas sobre os conceitos de seres vivos foram registradas em áudio e vídeo e fotografadas com auxílio das professoras. Usamos as denominações (entre a A1 a a17), “A4”, “A7”, “A10” “A12” e “A13” para representar nomes dos alunos (as) que apresentaram diferentes Níveis de Conhecimento (C1 a C4) de compreensão sistêmica (depoimentos) acerca estrutura e funcionalidade de animais (ser humano) e plantas, com a finalidade de preservar suas identidades. Elaboramos relatórios sobre estas práticas, a fim de sistematizar os conhecimentos adquiridos pelos estudantes no período de 2009-2012.

Os registros originados das observações feitas pelos estudantes nas aulas teórico-práticas sobre micro-organismos e células plantas e animais (ser humano), tais como desenhos e fotografias foram selecionados e organizados, conforme a capacidade de representar os conteúdos e formas de compreensão acerca da estrutura e funções vitais de seres vivos.

A análise de dados

Autores como Huberman e Miles (1994) e Gil (2010) afirmam que a análise de dados tem como objetivo dar sentido as informações coletadas, com vistas a apresentar resultados e levar a conclusões para o estudo. Para isso, para cada série, comparamos os registros das observações em diferentes etapas da pesquisa de acordo com o roteiro de observação (OEP1, OEP2, OEP3 e OEP4).

Analisamos os desenhos, fotografias e depoimentos de acordo com a ordem crescente das turmas (2º ao 5º ano) e elaboramos uma síntese acerca das suas formas de representação. Buscamos, com isso, viabilizar uma reflexão sobre a contribuição das aulas teórica- práticas (P1 a P4) para a compreensão sistêmica dos micro-organismos/células, animais-ser humano e plantas.

Resultados e Discussão

Castro (2014) verificou que as atividades teóricos-práticas investigativas desenvolvidas com 4 turmas de Ensino Fundamental I (2º ao 5º ano), num mesmo ano, contribuíram menos para a compreensão sistêmica dos conteúdos pelos estudantes do que aquelas direcionadas de forma

seqüencial durante 4 anos do referido nível de formação. Para os conceitos de estrutura e funcionalidade de micro-organismos/células, vegetais e corpo humano, percebemos uma mudança no pensamento causal dos estudantes, que gradualmente passam a esquematizar os conceitos sob a forma de desenhos, diagramas e frases que mostram uma compreensão sistêmica para os termos assimilados. Assim, os vínculos subjetivos, elementares, completamente inconscientes, involuntário são substituídos por conexões objetivas, voluntárias e conscientes à medida que os estudantes interagem progressivamente com as atividades (observação microscópica e experimentação) desenvolvidas.

As aulas teórico-práticas possibilitam o aprendizado de conceitos não observáveis ao olho nu, como célula, núcleo celular, respiração e fotossíntese. Assim, o uso do microscópio e/ou da experimentação auxilia na derivação de uma série de conceitos os quais não seriam facilmente possibilitados apenas com teorização nas aulas. Contudo, essas aulas permitem o estudante explicar sobre um objeto/evento (referente concreto) sem que esse esteja presente, o que significa a tomada de consciência acerca do conceito, como passo importante para o desenvolvimento do pensamento teórico (científico), generalizante ou sistêmico.

Sublinhamos que a aquisição de conhecimento pelos estudantes não é linear para todas as atividades propostas, e isso os leva a apresentar diferenças no pensamento sistêmico dentro dos Níveis de Conhecimento (NCs) com variação de C1 para C4. Dessa forma, um mesmo estudante pode apresentar compreensão C1 para um conteúdo e C2 ou C3 para outro. Acrescentamos que mesmo aqueles estudantes que apresentam nível C4 para um aspecto específico, podem apresentar as formas C1, C2 ou C3 para outros conteúdos, o que mostra a complexidade dos processos envolvidos na formação de conceitos. A seguir, discutimos sobre características comuns e/ou diferenças para esses níveis.

Níveis de Conhecimento (NCs) dos estudantes da COOPEC

As atividades teóricas-práticas investigativas foram essenciais para que pudéssemos verificar os Níveis de Conhecimento (NCs) alcançados pelos estudantes da COOPEC sobre micro-organismos/células, funções vitais de plantas e animais (ser humano), após as aulas ministradas pelo pesquisador na COOPEC, no período de 2009 a 2012. Demonstramos os NCs por meio de Redes de Conhecimento (RCs) dentro da qual se discutiu elementos importantes para a compreensão sistêmica acerca das células e seres vivos estudados, com destaque para o desenvolvimento do pensamento causal (causa e efeito) e funcional (domínio da funcionalidade geral e específica).

Inicialmente, tomamos como exemplos para análise do pensamento causal os seguintes conceitos: diferenciação celular, espécie e adaptação. Constatamos que os estudantes do 5º ano, mesmo após participarem das atividades teóricas-práticas investigativas, ainda não dominam cientificamente esses conceitos, mas sinalizam uma transição para tal nível de conhecimento. Eles concebem que as diferenças entre os seres vivos (estrutura e tamanho) ou das regiões do corpo de uma mesma espécie (cabeça, tórax, membros do corpo humano etc., por exemplo) é explicada somente pelo número de células, mas não pela especialização celular, que leva a diferenciação de um ser vivo em tecidos, órgãos e sistemas, ou mesmo do “corpo” de um organismo unicelular, com formas peculiares de adaptação relacionadas, por exemplo, em relação ao tamanho e a forma da célula.

O conceito de adaptação é dependente (derivado ou subordinado) de uma compreensão dos estudantes para o termo espécie, o qual é derivação do táxon reino. Além do número de células, esses iniciam a elaboração de explicações para o referido termo com base o tamanho e a forma do corpo de espécies iguais ou diferentes, a saber:

I. Espécies iguais com:

1. Tamanho e a forma do corpo igual como animais jovens e animais adultos (ex: ser humano, gato, cachorro etc.);
2. Tamanho igual e a forma do corpo diferente (ex: porco x javali, melancia com fruto maior x melancia com fruto menor);

3. Tamanho diferente e a forma do corpo igual (cachorro pequeno x cachorro grande- vira lata, formiga grande x formiga pequena- formigueiro);
4. Tamanho e a forma do corpo diferente (ex, homem baixo gordo x homem alto magro, homem x mulher).

II. Espécies diferentes com:

1. Tamanho e a forma do corpo igual (ex: cachorro pequeno x gato, jegue x cavalo etc.);
2. Tamanho igual e a forma do corpo diferente (boi x cavalo, homem x macaco);
3. Tamanho diferente e a forma do corpo igual (ex: gato do mato x gato de casa, pastor alemão x vira lata etc.);
4. Tamanho e a forma do corpo diferente (ex: planta x gato, grama x milho, cavalo x ser humano etc.).

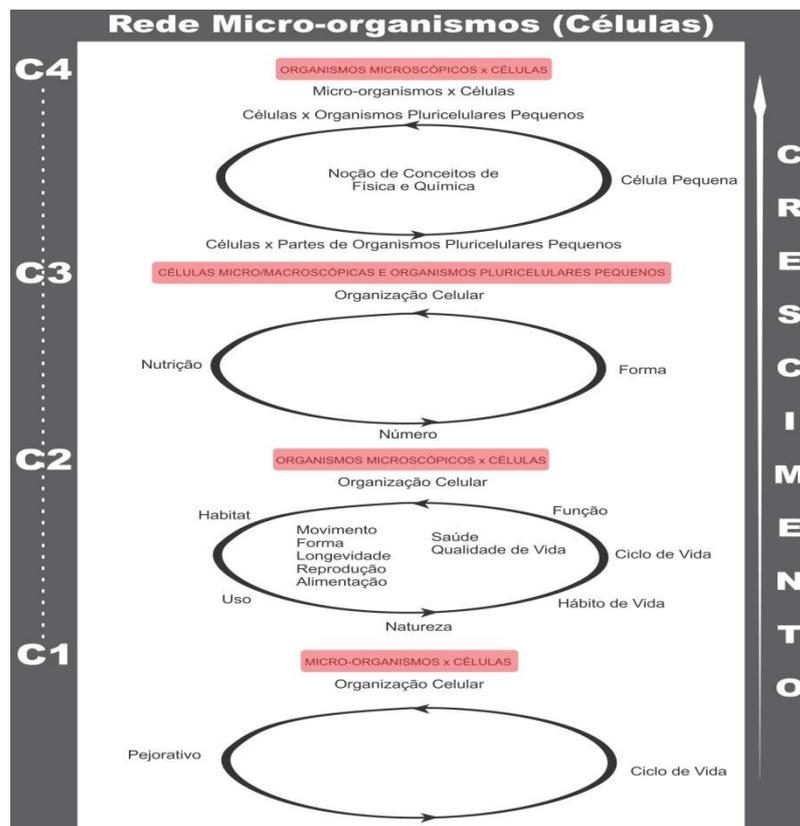
O tamanho e a forma do corpo são atributos externos que não são suficientes para o domínio de um conceito de espécie, já que esse contempla também denominações internas como anatomia, fisiologia, bioquímica, entre outras. Destaca-se que a capacidade de distinguir as semelhanças e as diferenças entre os seres vivos é uma das características essenciais para a formação de conceitos (Vygotsky, 1991; 2010), sendo que a primeira é mais complexa e tardia no desenvolvimento da criança/adolescente, ou seja, a explicação para as semelhanças é mais difícil do que para as diferenças, porque envolve atributos internos, muitos vezes articulados entre si (número de células e diferenciação celular). Por isso, os estudantes usaram explicações desde organismos diferentes, quando solicitados a discorrer sobre as características peculiares de um determinado animal ou planta. O atributo interno número de células é suficiente para explicar sobre os variados tamanhos de espécies iguais ou diferentes numa mesma fase de desenvolvimento, contudo não contribui para esclarecer sobre as suas diferentes formas corpóreas, as quais têm dependência do domínio acerca da diferenciação celular, que é uma limitação conceitual para esses estudantes.

Percebe-se que os estudantes, ao sistematizarem as informações referentes às propriedades externas (tamanho e forma do corpo) e internas (número de célula), sinalizam uma aproximação para o conceito de espécie. Assim, o termo adaptação é concebido pelos estudantes como ideia de desenvolvimento (espontânea), mas também de variação (dentes, pêlos, tipo de alimentação etc.) Isso mostra que os conceitos de adaptação e espécie ainda não estão completamente assimilados pelos estudantes, contudo já avançam sobre a aparência do conceito verdadeiro, ou seja, do pseudoconceito, justamente pelo pensamento sistêmico apresentado, ao mesmo tempo mais concreto, lógico, abrangente ou generalizante, que já inclui propriedades internas dos seres vivos.

O pensamento sistêmico dos estudantes da COOPEC tem início no nível espontâneo com ideias isoladas que vão sendo substituídas por formas de pensamento em que uns conceitos são articulados com outros, formando as Redes Conceituais (RCs). As RCs evidenciam os vínculos entre os aspectos centrais dos conteúdos, o que favorece a derivação e a generalização conceitual, a deliberação do pensamento, dentre outros aspectos do pensamento sistêmico (Fig. 1, 2 e 3).

Os estudantes do 2º ano da COOPEC (2009) usam e associam os conceitos de micro-organismos/células aos aspectos pejorativos, movimento e ciclo de vida (funcionalidade espontânea ou geral) para o C1. Nesse nível, os estudantes ainda não associam que o micro-organismo é a própria célula e tem forma própria (Fig. 1).

Figura 1. Rede de Conhecimento (RC) sobre micro-organismos/células.



Fonte: Castro (2014, p.250).

Assim, como para a turma do 2º ano, para as demais turmas (3º ao 5º ano), encontramos a mesma dificuldade de associação, antes do desenvolvimento das atividades teórico-práticas investigativas, em 2009 (levantamento de conhecimentos prévios). Para autores como Byrne e Sharp (2006), Castro (2014), Bernardi *et al.* (2019) e Castro e Bejarano (2017, 2021) a falta de noção dos estudantes em ter a ideia acerca do tamanho e da forma de micro-organismos/células, em decorrência da falta de experiência concreta com esses, limita a sua compreensão para aspectos estruturais (forma, composição e tamanho) e funcionais de micro-organismos/células (funções vitais e importância).

Mesmo após terem participado das atividades teórico-práticas investigativas (período de 2009-2012), alguns estudantes do 5º ano (C1), embora dominem a relação de causa e efeito e de transformação para as propriedades gerais macro/micro dos organismos/células, se serve do pensamento espontâneo sistêmico para explicar sobre a contração de doença pelo ser humano e a sobrevivência dos micro-organismos nas plantas e outros seres vivos, a de exemplo da declaração apresentada por A4: “Eles causam doenças se alimentando e se reproduzindo dentro da gente [...] Nas nossas células [...] Vão para as plantas e movimentam no ar para sobreviver [...] vão para outro ser vivo”. A compreensão sistêmica desse estudante envolve uma explicação geral e articulada dos termos reprodução, alimentação, movimento e efeitos das doenças no corpo humano (Castro, 2010; 2014). Tal concepção se diferencia daquela apresentada pelos estudantes em 2009, em que as ideias eram isoladas e pouco explicativas.

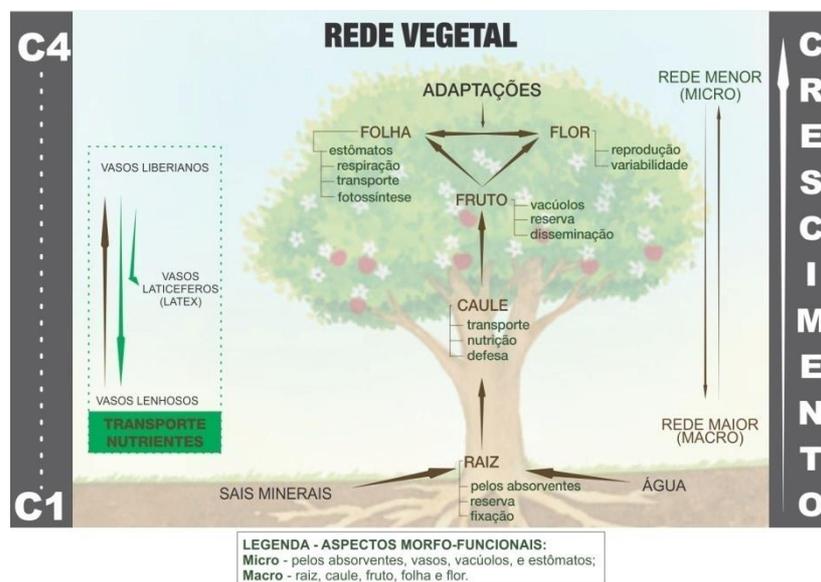
Para o C2, a maioria dos estudantes do 5º ano ainda associa os conceitos gerais sobre micro-organismos/células (aspectos pejorativos, movimento e ciclo de vida) com a reprodução, longevidade e alimentação (ciclo interno). Alguns estudantes também relacionam o tamanho e a forma do organismo unicelular com o pluricelular pequeno e usa a nutrição como elemento indispensável, ou seja, a nutrição é causa do aumento celular e para variação da forma e do tamanho do corpo (C3). Assim, o domínio do conceito de nutrição pode ser usado para explicar diferenças no aprendizado dos estudantes em relação a C2. Assim, outros aspectos funcionais (produção conservação de alimentos e bebidas, fabricação de medicamentos, higiene etc.), aliado ao trabalho prático, podem ser tomados como referência para se

discutir assuntos em escala microscópica, já que para esses estudantes (C3) o desenvolvimento do pensamento abstrato é lento e sofre limitações impostas pela própria idade.

A diferenciação inicial entre organismos unicelulares, seres pluricelulares pequenos e células macroscópicas (C4) só foi possível quando os estudantes ampliaram suas experiências com organismos com variados níveis de complexidade biológica, desde as primeiras aulas ministradas por meio de atividades teórico-práticas investigativas. Esse acúmulo de experiências envolveu também os vegetais e animais (ser humano), ou seja, as aulas seguiram a mesma relação de complexidade biológica: do mais geral para o mais específico, do macro para o microscópico, do mais simples para o mais complexo (aulas P1 a P4). Apenas 4 estudantes (A4, A7, A12 e A13) da turma do 5º ano se apropriaram, ainda que relativamente, dos conteúdos no nível de complexidade mencionado para C4.

Em relação à estrutura e a função vegetal, observamos um aumento na compreensão sistêmica dos estudantes (C1 para C4) da COOPEC a partir da relação dos aspectos externos (rede macro) com os internos (rede micro) (Fig.2).

Figura 2. Rede de Conhecimento (RC) funções vitais de plantas.



Fonte: Castro (2014, p.251).

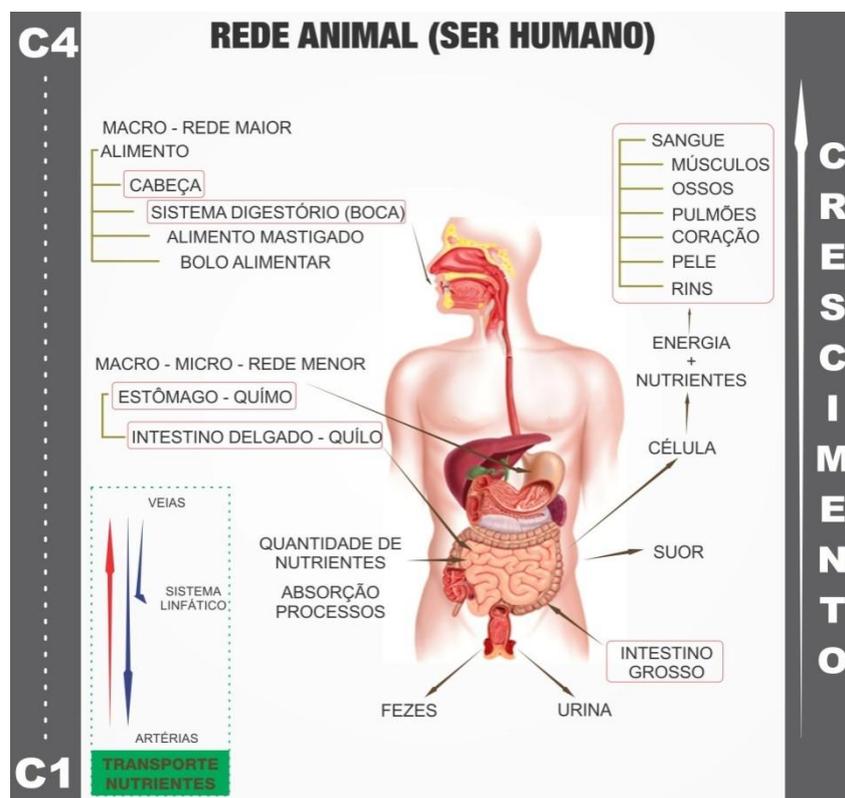
Em geral, observamos um domínio por parte dos estudantes do 5º ano para os NCs (C1 e C2) (plantas) apenas para os atributos externos/aparência dos vegetais (rede maior). Para C3 e C4 (rede menor), progressivamente destacamos a capacidade dos estudantes em associar as estruturas externas (raiz, caule, folha flor e fruto) internas (estômatos, vasos- lenhosos, laticíferos e liberianos) à funcionalidade vegetal, com termos como transporte, fotossíntese, armazenamento, variabilidade etc.) ainda que com características vinculadas ao pensamento espontâneo e científico concomitantes. Evidenciamos um aumento na compreensão sistêmica desses estudantes em relação às estruturas das raízes, folha e caule, tanto no aspecto macro (C1 e C2) como no microscópico (C3 e C4), com destaque para os estômatos, o xilema e floema (vasos lenhosos e liberianos).

Em C4, é possível observar que os conceitos adquiridos espontaneamente e/ou na escola (órgãos vegetais e suas funções) se conectam com outros termos como trocas gasosas, tecido epidérmico vegetal (incluindo os estômatos), transporte de substâncias (seiva bruta e elaborada), respiração, fotossíntese, defesa e nutrição, crescimento, reprodução, entre outros. Nesse sentido, autores como Kawasaki (2000), Charrier, Cañál e Vega (2006) e Castro e Bejarano (2018) defendem que as aulas práticas direcionadas para explicar as dúvidas apresentadas pelos estudantes em sala de aula

contribuem para o domínio da causa e efeito, ampliação da noção acerca do fenômeno da transformação e para a edificação do pensamento sistêmico desses, como visto adiante nessa seção.

Quanto à estrutura e função do corpo humano, a ampliação da compreensão sistêmica dos estudantes (C1 para C4) da COOPEC é notada a partir da relação entre os aspectos externos (alimentação, suor, fezes, urina, trocas gasosas com o meio ambiente- rede maior) com os internos (rede menor) (Fig.3).

Figura 3. Rede de Conhecimento (RC) sobre funções vitais de animais (ser humano).



Fonte: Castro (2014, p.252).

A rede menor envolve aspectos que não são visualizados como digestão dos alimentos, sangue, produção e eliminação de gás carbônico, consumo de oxigênio, a não ser pela observação microscópica (aulas P1 a P4). Destacamos que a referência dada aos processos vitais que ocorrem com o próprio corpo dos estudantes foi fundamental para despertar o seu interesse e participação nas aulas, com conseqüente aumento na compreensão dos seres vivos estudados.

Observamos que em C1 e C2 predomina as influências da memorização do conteúdo do livro ou ensinado pelo professor e não o desenvolvimento de pensamento causal. Para C1, os estudantes relacionam os nutrientes do organismo animal (ser humano), mas não os associam à célula, ou seja, não concebem que as células têm a mesma composição de nutrientes do corpo humano. Para C2, os estudantes conhecem os conceitos de composição de nutrientes do organismo/célula, diferenciam alimento e nutriente, mas não explicam bem como são mantidos os nutrientes no organismo (causa e efeito), ou o faz de uma maneira espontânea, a exemplo de afirmarem que a digestão do alimento ocorre porque o organismo precisa do nutriente e que uma célula ajuda a outra.

Para NCs (C3 e C4), apesar de ainda não se descolarem das ideias espontâneas completamente (o gás carbônico serve para o pulmão respirar, a produção de gás carbônico depende do coração), os estudantes concebem, de forma limitada, que os nutrientes são consumidos no organismo/célula na presença do oxigênio e liberam o gás carbônico (causa x efeito). Para o estudante A13, por exemplo, o oxigênio fornece nutrientes para a célula porque participa de processos celulares, envolvendo circulação

e metabolismo. Isto evidencia certa sistematicidade se aproximando de um nível de conceitos verdadeiros, porém com inversão de causa efeito, comum ao pensamento espontâneo. Para autores como Teixeira (2006) e Castro (2014), é preciso oportunizar meios aos estudantes do Ensino Fundamental para que esses possam articular os vínculos entre as estruturas e as funções do corpo humano, a exemplo da identificação do amido nos alimentos e a digestão do amido (aula P2), na qual se pôde relacionar alimento, enzimas, digestão, nutrientes, transformações químicas, metabolismo etc.

Assinalamos que a apresentação do referente concreto é indispensável para o aprendizado dos estudantes, como meio de articular as informações adquiridas por eles no seu meio (espontaneamente) com aquelas que são ensinadas teoricamente na escola, principalmente para assuntos para os quais a sua observação a olho nu não é possibilitada no dia a dia da sala de aula (micro-organismos, tecidos vegetais, células sanguíneas, digestão etc.). O referente concreto é essencial para que estudante migre da compreensão das propriedades externas dos seres vivos para a compreensão interna dessas, ou seja, as atividades teórico-práticas investigativas oferecem “um ponto de partida” para o desenvolvimento conceitual, principalmente por possibilitar um melhor domínio sobre a relação causa-efeito envolvido nas propriedades mencionadas.

Vale ressaltar que a relação de causa e efeito é menos evidenciada para os micro-organismos/células do que para animais (ser humano) e plantas, pois para esses últimos organismos, os estudantes têm uma vivência no dia a dia que favorece a contextualização do ensino e na qualidade do aprendizado dos estudantes (Castro, 2014). Nesse sentido, podemos considerar para o ensino em sala de aula, por exemplo, que os estudantes conhecem concretamente (no aspecto macro) sobre alimentos, órgãos do corpo humano (ainda que não visualizem, mas identifica a posição do coração, estômago, intestino etc.) e suas funções, órgãos vegetais (raiz, caule, folha, flor, fruto, semente) e sua importância. A contextualização pode ser melhor efetuada para micro-organismos/células a partir da sua funcionalidade e de uma abordagem “leve” ou gradual para a noção de escala, para a qual o domínio básico dos estudantes é possibilitado a partir do Ensino Fundamental II.

Pelo que expusemos até aqui, as atividades teórico-práticas investigativas desenvolvidas COOPEC contribuíram, em geral, para o aprendizado dos estudantes sobre a estrutura, tamanho de células e sistemas que compunham os organismos pluricelulares (animais e plantas). Com isso, evidenciamos o pensamento causal (causa e efeito), lógico e sistêmico dos estudantes na associação que fazem, por exemplo, com bactérias, fungos etc., sintomas de doenças causadas por esses micro-organismos no organismo humano, com destaque para reprodução desses dentro da célula, morte celular, febre, perda imunidade, desnutrição, dentre outras questões (Jone; Rua, 2004; Sforini; Galuch, 2006; Mayerhofer; Márquez, 2009; Castro, 2014).

Verificamos uma inversão de causa e efeito (C3) quando os estudantes afirmam que uma pessoa adulta tem mais células do que um anão porque é maior do que esse, sendo que a relação correta é ter mais células para se ter um tamanho maior, ou seja, o número de célula causa para o tamanho. Entretanto, no mesmo nível, outros estudantes concebem que o número de células aumenta nos organismos de acordo com as suas necessidades vitais. Essa é uma forma de pensamento causal que se amplia nos NCs (C3 e C4) porque os estudantes tiveram mais contatos com organismos com diferentes tamanhos e níveis de complexidade, nos anos em foram ensinados mediante atividades teórico-práticas investigativas.

Observamos uma ampliação no pensamento sistêmico da fase C1 para C4 para as propriedades gerais de células/seres vivos (estudantes do 5º ano), mas para seus aspectos específicos, poucos estudantes apresentaram uma compreensão sistêmica para os conteúdos ensinados, devido à dificuldade de compreendê-los de maneira lógica e objetiva. Como o final de cada fase, em geral, indica uma nova Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), a exemplo da relação entre micro-organismos, células de defesa e a diferenciação celular, metabolismo, enzima etc., isso sinaliza a necessidade de direcionamento/ajuste para atividades teórico-práticas desenvolvidas nesse estudo, também num nível mais próximo das experiências diárias dos estudantes. A seguir, ilustramos (Quadro 2) o reflexo do

desenvolvimento de atividades teórico-práticas investigativas sobre algumas características do pensamento dos estudantes da COOPEC:

Quadro 2. Aspectos do pensamento sistêmico dos estudantes do 5º ano da COOPEC.

Propriedades (células/ ser vivo)	Causa x Efeito	Funcionalidade Geral	Funcionalidade Específica	Egocentrismo
Gerais	↑	↑	↓	↓
Específicas	↓	↓	↑	↑

Legenda: ↑ – Aumenta e ↓ – Diminui

Fonte: adaptado de Castro (2014, p.259).

A predominância do pensamento funcional generalista em relação ao funcional específico é decorrente da explicação feita pelos estudantes para as propriedades das células/ seres vivos, tendo como base mais a questão da aparência, do tamanho e da forma do que as suas especificidades (células micro e macroscópicas, intestino, sangue, vasos lenhosos e liberianos). Os estudantes, quando são requisitados a explicar aspectos dos quais exigem maior abstração e dedução lógica, como diferenças entre as células micro e macro, alimentos, nutrientes, digestão, sangue, absorção, crescimento, transporte de seiva e fotossíntese etc., a distinção para a causa e efeito e a descrição funcional geral são minimizadas para a maioria dos estudantes. Esses estudantes buscam explicar os fatos de forma egocêntrica e espontânea, mais do que de forma abstrata. Com isso, usam mais a intuição/imaginação para a compreensão da maioria desses conceitos abstratos, devido a sua não familiaridade com os fenômenos abstratos num nível concreto, porém sinalizando que pensamento sistêmico abstrato está em desenvolvimento (Castro, 2014). Percebemos uma menor minimização da causa e efeito e da descrição funcional para os conceitos mencionados apenas para 4 estudantes, o que indica que o pensamento sistêmico se aproxima do nível científico completamente desenvolvido.

Ilustramos, a seguir, alguns exemplos sobre a causa efeito em relação às generalidades/especificidades dos conteúdos ensinados e os diferentes Níveis de Conhecimento (NCs) sistêmico dos estudantes da COOPEC. Para isso, foi solicitado aos estudantes que discorressem para os NCs (C1 a C4), respectivamente, para os aspectos de diferenças entre seres vivos microscópicos e macroscópicos (C1), absorção de nutrientes pela célula a relação entre organismo desnutrido (C2), células sem nutrientes e doenças (C3), transporte e armazenamento de água em vegetal (C4), conforme expresso abaixo:

C1- P– De que forma você diferencia um ser vivo microscópico de outro macroscópico? A4– É fácil essa: que usa um aparelho e outro que não usa aparelho; olha no microscópio um corpo maior e forte; ao olho nu, corpo menor e não é tão forte; a célula da formiga por ser mais fina e mais coisa podemos mais ver [...] A alga, só dá uma mordida pequena e o corpo é minúsculo quanto mais à boca. A12– Acho que os microscópicos são pequenos para entrar na gente com força. [...] A pulga é quase um microscópio e quando vai surgir no sangue é como formiga que vai ajudar a Natureza e os outros seres vivos.

C2- P– Por que os alimentos precisam ser quebrados para chegar à célula? [...] Isso trará doenças. [...] E isso é ruim?, A7– As células são pequenas e o alimento tem que chegar bem pequenino [...] É difícil separar o bom do ruim. [...] O ruim leva mais tempo para separar. [...] Fica mais tempo no estômago. A12– Mais difícil de as células se alimentarem e se não se alimentar direito, as células não terão a proporção necessária de nutrientes.

C3- P- O que ocorre com o organismo se ficar desnutrido? As células podem ficar sem nutrientes? A4– Algumas morrem [...]. Não desenvolve porque as células não têm nutrientes suficientes para crescer, ou não se alimentam bem porque comem alguma coisa estragada; A10– Não fica imune às bactérias e diminuição de células [...].

C4- P– O cacto é verde o ano inteiro, mesmo no sol, por quê? A10- Sim porque são os estômatos que sugam a água para subir pela raiz [...] Eles se abrem como se fossem umas 'aberturinhas' microscópicas que são [...]; A13– Porque quando chove, ele absorve a água e o espinho não deixa

a água sair [...] Ele se alimenta da água que guardou [...] No caule em um "bucado" de vasos apropriados para armazenar a água.

Verificamos, um aumento leve na relação causa efeito, idéia de transformação, logismo e sistematicidade entre os NCs (C1 a C4), mas uma tendência no uso da funcionalidade em diferentes escalas, no que tange a aproximação com o pensamento sistêmico científico. Para C1, os estudantes A4 e A12 usam a funcionalidade (geral) em nível espontâneo/egocêntrico para diferenciar um ser vivo microscópico e outro macroscópico (Castro, 2014).

O C2 se diferencia do C1 por sinalizar as características do pensamento sistêmico científico, aqui mencionado, como relacionar o tamanho do alimento e da célula, a necessidade de quebra, proporção de nutrientes na célula/organismo etc. (estudante A7). Para o C3, os estudantes A4 e A10 articulam de forma lógica, conceitos relacionados à perda da imunidade, inanição, qualidade do alimento e redução do número de células para explicar sobre a desnutrição, embora sem aprofundar sobre a transformação e causa dos efeitos declarados para os conceitos de morte, crescimento, danificação do alimento etc.

Porém, cabe assinalar que esses estudantes começam a perceber que os termos (alimentação, nutrição, vida celular e imunidade) são interdependentes e representam processos sistêmicos que ocorrem nos organismos estudados (bactéria e ser humano). Esses processos ficam mais claros quando o estudante relaciona a estrutura com o evento apresentado, ainda que com idéias espontâneas vinculadas, como mostra a declaração emitida acima pelo estudante A10 (estômatos e transporte de água) e A13 (espinho, vaso e economia de água no vegetal). Destacamos que a tomada de consciência, entre as outras características citadas, para os assuntos estudados é uma característica do pensamento conceitual (Vygotsky, 1991; 2010).

Destacamos ainda que o domínio sistêmico apresentado pelos estudantes A4, A7, A10, A12 e A13 para os conceitos acima mencionados representa exemplos de uma síntese acerca das propriedades gerais e específicas dos seres vivos/células que fizeram parte das atividades teórico-práticas investigativas. Evidenciamos a síntese quando estudante tem capacidade de teorizar e/ou explicar, esquematizar sobre os assuntos que foram ensinados nas aulas ministradas em anteriores a 2012, que culmina com a assimilação de um determinado conceito, ainda que na sua forma inacabada. Assim, o estudante que domina conceitos hierárquicos (supra-ordenados ou centrais) como ser vivo e crescimento, por exemplo, é capaz de explicar termos descendentes ou derivados como micro-organismo, germe, fungo, citoplasma etc.

Pelo que foi exposto até aqui, podemos afirmar que a compreensão sistêmica sobre a estrutura e funções vitais de micro-organismo, animais (ser humano) e plantas, em nível científico, não está devidamente elaborada. Mas percebemos que dentro de um sistema, a partir da compreensão sistêmica espontânea, o nível científico poderá ser edificado, uma vez que tem como base essa última. Vygotsky (1991, 2010) não abordou o pensamento espontâneo com capacidade de sistematização, o que para no nosso estudo foi possibilitado pelas atividades teórico-práticas investigativas.

Considerações finais

Com base no referencial de Vygotsky (1991, 2010) sobre diferenciação dos conhecimentos espontâneos e científicos, em relação à estrutura, tamanho e funcionalidade de micro-organismos/células, animais (ser humano) e plantas, evidenciamos uma evolução nos níveis dos saberes dos estudantes do 5º ano da COOPEC a partir das atividades teórico-práticas investigativas desenvolvidas nesta escola no período de 2009 a 2012.

É recorrente a explicação desses estudantes para conteúdos que envolvem componente ultra celular (vacúolos, plastos, enzimas etc.), assim, percebemos que o ensino sobre a funcionalidade de micro-organismos/células, animais (ser humano) e plantas favorece o reconhecimento dessas estruturas pelos estudantes, bem como a sua compreensão para os fenômenos associados.

Conseguimos promover uma melhor compreensão sistêmica dos estudantes acerca dos conteúdos ensinados com desenvolvimento de uma capacidade para reflexão, comparação, inferência,

explicação, coerência e precisão. Embora muitos estudantes não descolassem completamente suas ideias das experiências diárias (qualidade do pensamento por complexo), o uso de referentes concretos (observação microscópica e experimentos práticos) contribuiu com elaboração do pensamento sistêmico na direção do domínio científico, bem como para elaboração de novas formas de compreensão em nível espontâneo.

Foi visível o descolamento (autonomia) de alguns estudantes em relação a fatos/eventos em direção à etapa C4, o que indica que a formação deles está em processo. Assinalamos, porém, que os limites de compreensão sistêmica alcançados pelos estudantes (C1 a C4) não são uniformes para os conteúdos ensinados nas aulas (P1 a P4) porque numa etapa anterior (C1 ou C2), podem ter apresentado uma melhor elaboração conceitual para alguns questionamentos e conteúdos do que nas últimas fases (C3/C4).

Houve um aumento da relação de causa e efeito com uso da função dos micro-organismos/células, animais (ser humano) e plantas (conceitos gerais), sendo que para assuntos específicos, os estudantes usaram a funcionalidade espontânea, ou seja, não fundamentada nos conteúdos, mas na sua vivência no meio, ou pela sua imaginação. No geral, percebemos a redução do pensamento espontâneo/ egocêntrico nas interfases dos Níveis de Conhecimento (NCs), em detrimento de uma compreensão sistêmica (funcionalidade específica).

A síntese dos conceitos mais assimilados pelos estudantes da COOPEC foi apresentada em Redes Conceituais (RCs): micro-organismos/células, animais (ser humano) e plantas. Os conceitos de seres vivos (micro-organismo- ser humano e plantas), sistemas orgânicos e crescimento se mostraram como mais centrais para o processo de formação da compreensão sistêmica por conta da capacidade de derivar ou articular outros conceitos, a exemplo da estrutura, tamanho de seres microscópicos e funções vitais (fotossíntese, respiração, digestão, transporte, excreção, nutrição e reprodução).

Assim, podemos admitir, enfim, que as atividades teórico-práticas investigativas contribuíram para o desenvolvimento do pensamento sistêmico dos estudantes da COOPEC. Essa discussão poderá ser estendida para análise de outras realidades do ensino brasileiro, como contribuição para a formação de professores (as) capazes de promover mudanças qualitativas nas suas aulas, tendo em vista a formação de conceitos.

Referências

- ABOU SAAB, L. A.; GODOY, M. T. **Experimentação nas aulas de biologia e a apropriação do saber**. 2007. Disponível em <<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/446-4.pdf>>. Acesso em: 5 maio 2019.
- ALVEZ-MAZZOTTI, A. J.; GEWANDSZNAJDER, F. **O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa**. 2 ed. São Paulo: Pioneira, 1999.
- BERNARDI, G.; LEONARDI, A.F.; SILVEIRA, M.S.; FERREIRA, S.A.; GOLDSCHMIDT, A.I. Concepções prévias dos alunos dos anos iniciais sobre microrganismos. **Revista Ciências e Ideias**, v. 10, n. 1, janeiro/abril, 2019.
- BOGDAN, R.C.; BIKLEN, S.K. **A investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Portugal: Porto Editora LDA, 1994.
- BUNGE, M. **Física e Filosofia**. 1ª Ed.. São Paulo: Editora Perspectiva, 2000.
- BYRNE, J. Progression of children's ideas and understanding about microbial activity. In: CONFERENCE OF THE EUROPEAN SCIENCE EDUCATION RESEARCH ASSOCIATION - ESERA, 4th., 2003, Edinburgh, Scotland. **Proceedings...** 2003. Submitted.
- BYRNE, J.; SHARP, J. Children's ideas about micro-organisms. **School Science Review**, v. 88, n. 322, september 2006.
- BRASIL. **Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.
- CARVALHO, A. M. P. **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Pioneira Thompson, 2000.
- CASTRO, D. R.. **Estudo de Conceitos de Seres Vivos nas Séries Iniciais**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2010.
- CASTRO, D. R. **Estudo de Conceitos de Estrutura e Funcionalidade de Seres Vivos no Ensino Fundamental I**. 2014. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências, na área de concentração em Educação Científica e Formação de Professores) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.
- CASTRO D.R. *et al.* O ensino investigativo de biologia celular no curso de Engenharia de Pesca da Universidade do Estado da Bahia (UNEB), Campus XXIV – Xique-Xique-BA [83]. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 40, p. 82-94, 2021.
- CASTRO, D.R.; SANTANA, R.C.; SILVA, RC. Uma abordagem investigativa para o ensino acerca do processo respiratório vegetal. In: **ENEBIO- Itinerários de Resistência: Pluralidade e Laicidade no Ensino de Ciências e Biologia**. Organizadores, Jaqueline Rabelo de Lima, Mario Cezar Amorim de Oliveira, Nilson de Souza Cardoso. - Campina Grande: Realize Editora, 2021, 5500 p.

CASTRO, D.R.; BEJARANO, N.R.R. Níveis de desenvolvimento conceitual dos alunos do Ensino Fundamental I sobre estrutura e funcionalidade de micro-organismos/células. **Experiências em Ensino de Ciências**, V.16, No.2, 2021.

_____. Compreensão dos estudantes do Ensino Fundamental I sobre estrutura e funcionalidade vegetal. **Experiências em Ensino de Ciências**, V.13, No.2, 2018.

_____. Compreensão dos estudantes do Ensino Fundamental I sobre estrutura e funcionalidade micro-organismos/células. **Experiências em Ensino de Ciências**, V.12, No.3, 2017.

CHARRIER, M. M.; CAÑÁL, P.; VEGA, R. M. Las concepciones de los estudiantes sobre la fotosíntesis y la respiración: una revisión 150 sobre la investigación didáctica en el campo de la enseñanza y el aprendizaje de la nutrición de las plantas. **Investigación Didáctica, Enseñanza de las Ciencias**, 24 (3), 401-410, 2006.

CUNHA, M. de C. C.; JUSTI, R. da S. **Analogias sobre nutrição e digestão elaboradas por crianças do ensino fundamental**. 2008. Disponível em: <www.fae.ufmg.br/abrapec/viempec/CR2/p8.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2020.

CRAWFORD, B. A.; CAPPS, D. K. Teacher cognition of engaging children in scientific practices. In: DORI, J.; MEVARECH, Z.; BAKER, D. (Ed.) **Cognition, metacognition, and culture in STEM Education**. New York: Springer, 2018.

GIL-PÉREZ, D.; NAVARRO, J.; GONZÁLEZ, E. Las prácticas de laboratorio en la formación del profesorado (II). Una experiencia de transformación de las prácticas del ciclo básico universitario. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 7, n.1, p. 33-47, 1993.

GOMES, A. D. T.; BORGES, A. T.; JUSTI, R. Processos e conhecimentos envolvidos na realização de atividades práticas: revisão da literatura e implicações para a pesquisa. **Investigação em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 02, pp.187-207, 2008. Disponível em:<http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID194/v13_n2_a2008.pdf> Acesso em jan. 2018.

HANSEN, K. S.; HOFFMAN, M. B.; RODRIGUES, T. L.; FLORES, M. L. T. **Fórum Internacional Integrado de Cidadania: Educação, Cultura, Saúde e Meio Ambiente**. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Santo Ângelo/RS, 26 a 29 abr, 2006.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GIORDAN, A.; VECCHI, G. **As origens do saber**: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos. 2ª ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

GRIMES, C.; SCHROEDER, E. A atividade docente e a Zona de Desenvolvimento Próximo no estudo da origem da vida. **Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias**. [on-line]. V. 15, N. 2, p. 167-191, 2016.

HODSON, D. In search of a meaningful relationship: An exploration of some issues relating to integration in science and a science education. **International Journal of Science Education**, v.14, n.5, p.541-562, 1992.

- JONE, M. G.; RUA, M. J. Conceptions of Germs: Expert to Novice Understandings of Microorganisms. **Electronic Journal of Science Education**, v. 9, n. 1, sep. 2004.
- KAWASAKI, C. S. **Nutrição vegetal**: campo de estudo para o ensino de ciências. 1998. 313 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.
- KRASILCHIK, M. **Prática do ensino de biologia**. 6ª ed. São Paulo: EDUSP, 2008.
- LAWSON, A.E.. The acquisition of biological knowledge during childhood: cognitive conflict or Tabula rasa? **Journal of research in science teaching**, v. 25, n. 3, p. 185-199, 1988.
- LEONTIEV, A.N. Os princípios psicológicos da brincadeira pré-escolar. In: VIGOTSKI, L.S.; LURIA, A.R.; LEONTIEV, A.N. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. São Paulo: Ícone, 1998.
- MAYERHOFER, N.; MÁRQUEZ, C. Representações iniciais sobre micróbios desde o ponto de vista de alunos de primaria da região de Cerdanyola Del Vallès. In: **XIII Encontro Nacional de Educação em Ciências – Castelo Branco**, Portugal, set. 2009.
- MILES, M. B.; HUBERMAN, A. M. **Qualitative data analysis**. 2nd ed. London: SAGE Publications, 1994.
- MOURA, M. P. **Desenvolvimento do pensamento**: um estudo sobre formação de conceitos com jovens e adultos em processo de escolarização. Dissertação de mestrado apresentada. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2000.
- SCARPA, D. L.; CAMPOS, N. F. Potencialidades do ensino de biologia por investigação. **Revista Estudos Avançados**, 32 (94), 2018.
- SFORNI, M. S. F.; GALUCH, M. T. B. Aprendizagem Conceitual nas Séries Iniciais do Ensino Fundamental. **Educar em revista**. Curitiba, n. 28, jul-dez, 2006.
- SFORNI, M.S.F. **Aprendizagem conceitual e organização do ensino**: contribuições da teoria da atividade. Araraquara: Junqueira & Marin, 2004.
- SHAEFER, G. Concept Formation in Biology: The Concept ‘Growth’. **European Journal of Science Education**. Vol. 1, Issue 1, 1979.p87–101.
- SOARES, J. L. **Dicionário etimológico e circunstanciado de biologia**. São Paulo: Scipione, 1993.
- TEIXEIRA, F. M. Fundamentos teóricos que envolvem a concepção de conceitos científicos na construção do Conhecimento das ciências naturais. Ensaio, v. 8, n. 2, dez. 2006.
- _____. Teorias sobre a origem do conhecimento biológico na infância: avanços, limites e implicações. **Educ. Rev.** [online], n.39, pp. 61-78, 2004. ISSN 0102-4698.
- _____. **Conhecimento biológico das crianças**: um domínio autônomo? Concepções sobre o aparelho digestivo. Brasília: Psicologia: teoria e pesquisa, v. 15, n. 1, p. 1-8, jan-abr 1999.
- TOYOMA, N. What are Food and Air Like Inside Our Bodies?: Children’s Thinking About Digestion And Respiration. **International Journal of Behavioral. Development** 24: 220-230, 2000.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação.** São Paulo: Atlas, 1987.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem.** 3 ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

_____. **Pensamento e linguagem.** São Paulo: Martins Fontes, 1993.

_____. **A Construção do Pensamento e da Linguagem.** 1 ed., São Paulo: Martins Fontes, 2000.

_____. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores.** 6 ed. São Paulo: Martins Fontes, 2008.

_____. **A Construção do Pensamento e da Linguagem.** 2 ed., São Paulo: Martins Fontes, 2010.