UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE LORENA

CARINA DE SOUZA CORDEIRO

**Utilização de mapas conceituais como ferramenta para a construção de
conhecimentos em biologia com foco na articulação da micro e
macrobiologia**

LORENA - SP

2018

CARINA DE SOUZA CORDEIRO

Utilização de mapas conceituais como ferramenta para a construção de conhecimentos em biologia com foco na articulação da micro e macrobiologia

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências do Programa de Pós-Graduação em Projetos Educacionais de Ciências.

Orientadora: Profa. Dra. Graziela Zamponi

Versão Corrigida

LORENA - SP

2018

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Automatizado
da Escola de Engenharia de Lorena,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Cordeiro, Carina de Souza

Utilização de mapas conceituais como ferramenta para a construção de conhecimentos em biologia com foco na articulação da micro e macrobiologia / Carina de Souza Cordeiro; orientadora Graziela Zamponi - Versão Corrigida. - Lorena, 2018.
95 p.

Dissertação (Mestrado em Ciências - Programa de Mestrado Profissional em Projetos Educacionais de Ciências) - Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo. 2018

1. Ensino de biologia. 2. Construtivismo interacionista . 3. Aprendizagem significativa. 4. Mapas conceituais. I. Título. II. Zamponi, Graziela, orient.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais **Mauricio Cordeiro** e **Izabel Cordeiro**, minhas bases, por tanto amor, por tudo o que sou, por cada oração, por terem me proporcionado educação e amor pelos estudos, por sempre me estimularem a continuar.

Ao meu esposo **Fabício Losowski**, meu equilíbrio, pela incansável boa vontade, incentivando-me sempre a prosseguir, insistindo para que eu avançasse cada vez mais. Enfim, por ser muito mais do que se pode esperar.

A minhas irmãs **Camila Cordeiro**, **Caroline Cordeiro** e sobrinho **Nicolas Silva**, que torceram por mim e me acompanharam nesta trajetória.

À minha orientadora, Prof. Dra. **Graziela Zamponi**, pela gentileza, pelas lições de Linguística e também de vida, pela confiança, pelos conselhos, enfim, por sua existência e ainda por me permitir fazer parte dela.

À Mantenedora e Diretora Sra. **Claudete Araujo**, por consentir o desenvolvimento desta pesquisa em sua escola, pelo carinho e atenção, que foram imprescindíveis.

Sobretudo a Deus, pelo dom da vida, pela permissão de chegar até aqui e por toda a força concedida para a concretização desse sonho.

RESUMO

CORDEIRO, C. S. **Utilização de mapas conceituais como ferramenta para a construção de conhecimentos em biologia com foco na articulação da micro e macrobiologia.** 2018. 95 p. (Mestrado em Ciências) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2018.

A prática de ensino dos conteúdos da Biologia como disciplina do Ensino Médio apresenta muitos obstáculos à aprendizagem, entre eles o de não desenvolver no estudante a visão holística e articulada quando se trata da abordagem da micro e macrobiologia. Isso favorece a construção de uma visão fragmentada de um sistema complexo e interdependente. Como forma de superar essa dificuldade, propõe-se a utilização dos mapas conceituais por alunos do 1º e 3º Ano do Ensino Médio de uma escola da rede particular de ensino de Pindamonhangaba – SP, objetivando oferecer uma prática pedagógica que, aliada à exploração dos mapas conceituais, crie condições para que o aluno construa o conhecimento de Biologia, desenvolvendo uma visão holística dos fenômenos com suas entidades e processos. A pesquisa foi aplicada em quatro etapas e realizada pelos alunos organizados em grupos. Inicialmente, foram desenvolvidas atividades para a familiarização com a ferramenta, utilizando-se o programa *CmapTools*. Em seguida, os alunos completaram mapas previamente construídos, inserindo conceitos e relações disponíveis em estacionamento, além de construírem um mapa a partir de texto do material didático adotado e completaram esse mapa a partir de pesquisa, o que buscou, entre outras coisas, o desenvolvimento da autonomia na busca do conhecimento. Finalmente, foram construídos quatro mapas a partir de questões-focais, elaboradas com intuito de buscar a reconciliação integrativa na construção de conhecimento dos alunos. Os resultados revelam que a maioria dos alunos conseguiu integrar os conceitos e relações necessárias para responder a questão-focal, permitindo o protagonismo dos estudantes, a aprendizagem significativa e a construção colaborativa do conhecimento.

Palavras-chave: Ensino de Biologia. Construtivismo-interacionista. Aprendizagem significativa. Mapas Conceituais.

ABSTRACT

CORDEIRO, C. S. Using conceptual maps as resource for the construction of knowledge in biology focusing on the articulation of micro and macrobiology. 2018. 95 p. (Master of Science) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2018.

The practice of teaching the contents of Biology as a discipline of High School presents many obstacles to learning, among them the non-developing of the student's holistic and articulated vision when dealing with the approach of micro and macrobiology. This favors the construction of a fragmented view of a complex and interdependent system. As a way to overcome this difficulty, it is proposed to use the conceptual maps by students of the 1st and 3rd Year of High School in a private school in Pindamonhangaba – SP, aiming to offer a pedagogical practice which with the exploration of conceptual maps, creates conditions for the student to build the biology's knowledge, developing a holistic view of the phenomena with their entities and processes. The research was applied in four stages and carried out by the students organized in groups. Initially, activities were developed to familiarize with the tool, using the *CmapTools* software. Next, the students completed maps previously constructed; inserting concepts and available relations in stagnation, besides constructing a map from text of the didactic material adopted and completed this map from research, which sought, among other things, the development of autonomy in the pursuit of knowledge. Finally, four maps were constructed based on focal questions, elaborated with the purpose of seeking the integrative reconciliation in the construction of students' knowledge. The results reveal that most of the students were able to integrate the concepts and relations necessary to answer the focal question, allowing the student's protagonism, meaningful learning and the collaborative construction of knowledge.

Key words: Biology Teaching. Constructivism-interactionist. Meaningful learning. Conceptual Maps.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Esquema do contínuo entre aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa.....	26
Figura 2	Contínuo entre dois polos: aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica.....	27
Figura 3	Exemplo de mapa conceitual	35
Figura 4	Porcentagem de preenchimentos corretos e parcialmente adequados.....	62
Figura 5	Mapa conceitual com preenchimento inadequado de conceitos.....	63
Figura 6	Porcentagem de preenchimentos adequados de relações no mapa conceitual.....	64
Figura 7	Mapa conceitual com preenchimento inadequado de relações.....	64
Figura 8	Porcentagem de acertos na construção do mapa conceitual a partir do texto de fermentação biológica.....	66
Figura 9	Porcentagem de acertos de construção do mapa conceitual fermentação biológica após discussão.....	67
Figura 10	Mapa conceitual com inadequação quanto à hierarquização, tipos de micro-organismos e articulação entre fermentação alcoólica e acética.....	68
Figura 11	Mapa conceitual construído corretamente após discussão.....	69
Figura 12	Porcentagem da análise referente aos mapas conceituais dos alunos 1º Ano.....	70
Figura 13	Mapa conceitual construído sem a utilização de vários conceitos do estacionamento.....	71
Figura 14	Porcentagem da análise referente aos mapas conceituais dos alunos 3º Ano.....	72
Figura 15	Mapa conceitual construído com todos conceitos fornecido pelo estacionamento.....	73
Figura 16	Porcentagem da análise referente aos mapas conceituais dos alunos 1º Ano.....	74
Figura 17	Porcentagem da análise referente aos mapas conceituais dos alunos 3º Ano.....	74
Figura 18	Mapa conceitual com articulação satisfatória (1º Ano)	77
Figura 19	Mapa conceitual com articulação insatisfatória (1º Ano)	78
Figura 20	Porcentagem da análise referente aos mapas conceituais dos alunos 1º Ano.....	79
Figura 21	Porcentagem da análise referente aos mapas conceituais dos alunos 3º Ano	80
Figura 22	Mapa conceitual com ligação cruzada.....	81
Figura 23	Porcentagem da análise referente aos MC dos alunos 2º Ano (2017)	82
Figura 24	Mapa conceitual com transcrição textual	83

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Modelo de Bartels para avaliação do mapa conceitual.....	44
Quadro 2	Modelo de Novak e Gowin para avaliação do mapa conceitual.....	45
Quadro 3	Modelo de Cronin, Dekker e Dunn para avaliação do mapa conceitual.....	46
Quadro 4	Modelo da Universidade de Minnesota para avaliação do mapa conceitual.....	47
Quadro 5	Modelo de Mueller para avaliação do mapa conceitual.....	48
Quadro 6	Modelo de NCSEC para avaliação do mapa conceitual.....	49
Quadro 7	Modelo de McMurray para avaliação do mapa conceitual.....	50
Quadro 8	Eixos da micro e macrobiologia.....	56
Quadro 9	Modelo de avaliação do mapa conceitual adotado nesta pesquisa.....	59

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	CONSTRUTIVISMO E APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	18
2.1	Construtivismo	18
2.2	Aprendizagem significativa	23
2.2.1	Aprendizagem mecânica/ e significativa e por recepção/por descoberta	25
2.2.2	Tipos e formas de aprendizagem	28
2.3	A perspectiva construtivista da aprendizagem significativa	30
3	MAPAS CONCEITUAIS	32
3.1	Definição e organização	32
3.2	Mapas conceituais e aprendizagem significativa	35
3.3	Mapas conceituais no ensino-aprendizagem	37
3.4	Mapas conceituais como instrumento de avaliação	43
4	METODOLOGIA	53
4.1	Contexto da pesquisa	53
4.2	Etapas e procedimentos	54
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	85
	REFERÊNCIAS	87
	APÊNDICES	91

1 INTRODUÇÃO

O crescimento da sociedade científico-tecnológica contribui de forma considerável para o desenvolvimento de pesquisas das mais variadas áreas, expandindo os campos do conhecimento e possibilitando descobertas inovadoras que serão agregadas ao nosso saber. No entanto, isso também colabora para um desafio no âmbito social pela definição de como os indivíduos terão acesso a uma educação formal que permita efetivamente a incorporação desses conhecimentos e inserção nessa sociedade.

Essa incorporação envolve, necessariamente, o desenvolvimento de competências básicas tanto para o exercício da cidadania quanto para o desempenho de atividades profissionais. Essas competências dizem respeito à capacidade de abstração, do desenvolvimento do pensamento sistêmico (ao contrário da compreensão parcial e fragmentada dos fenômenos), da criatividade, da curiosidade, da capacidade de pensar múltiplas alternativas para a solução de um problema, ou seja, da construção do pensamento divergente, da capacidade de trabalhar em equipe, da disposição para procurar e aceitar críticas, da disposição para o risco, do pensamento crítico, do saber comunicar-se, da capacidade de buscar conhecimento. Estas são competências que devem estar presentes na esfera social, cultural, nas atividades políticas e sociais como um todo, e que são condições para o exercício da cidadania num contexto democrático. Nesse quadro, encontra-se a escola, *locus* privilegiado para o desenvolvimento dessas competências e formação do cidadão crítico e reflexivo. (PCN BRASIL, 2000)

A Proposta Curricular de Biologia do Estado de São Paulo (FINI, 2008) salienta que o ponto central do desenvolvimento das competências e habilidades básicas concerne à compreensão das diversas maneiras em que o aluno pode ser envolvido no processo de construção do conhecimento em biologia. Isso se torna efetivo quando é promovida uma “aprendizagem ativa”, por meio de atividades significativas que avancem para além da memorização da mera observância de receitas para “descobrir” princípios biológicos. Para isso é recomendável realizar com os alunos discussões coletivas que contribuam para a elaboração pessoal e recíproca comunicação, promovendo a compreensão do tema e também a aprendizagem do respeito do aluno a si mesmo e aos colegas.

Nesse processo, os alunos encontram oportunidades para construir modelos explicativos, linhas de argumentação e instrumentos de verificação de contradições; são colocados em situações em que são instigados ou desafiados a participar e a questionar, valorizando as atividades coletivas que propiciem a discussão e a elaboração conjunta de

ideias e de práticas. A proposta curricular demonstra a importância de promover novas posturas didáticas utilizando linguagens e recursos diversos, de meios e de formas de expressão, além de trabalhar com conteúdos que tenham seu ponto de partida no universo vivencial comum de alunos e professores, da comunidade em geral, que permitam uma investigação do meio natural ou social real e, além disso, conteúdos que concorram para assegurar aos estudantes a compreensão dos conceitos fundamentais da Biologia.

Nessa perspectiva, é notado que a organização dos conteúdos de Biologia, de forma disciplinar, pelos currículos escolares, conduz na maioria das vezes, a um acúmulo de informações, a uma fragmentação e descontextualização de saberes (FAZENDA, 2002), entre outros motivos, por sua extensão e complexidade. Por isso, percebe-se que os alunos apresentam certa dificuldade em articular os conhecimentos referentes à microbiologia e a macrobiologia, por exemplo, numa visão global, como ocorre normalmente na abordagem de tópicos como genética humana, relação do homem com o meio ambiente, entre outros. Construir esse conhecimento dentro de uma concepção holística é importante, pois é necessário entender e relacionar os mecanismos da evolução, desenvolvimento de doenças, hereditariedade, metabolismo celular e funcionamento dos sistemas anatômicos.

Diante desse cenário, é necessário buscar estratégias de ensino que favoreçam a construção de uma visão holística. Uma estratégia possível é a utilização de mapas conceituais, idealizados e desenvolvidos por Novak, em 1972, com base no conceito de aprendizagem significativa de Ausubel. (NOVAK; CAÑAS, 2010)

Segundo a Teoria de Assimilação de Ausubel (2003), os conhecimentos prévios dos estudantes devem ser valorizados para que possam construir novas estruturas cognitivas, associando-as a informações que acabam de ser aprendidas para desenvolver a aprendizagem significativa. Uma ferramenta que pode ser potencializadora ou facilitadora nesse processo é justamente o mapa conceitual, que permite a construção de significados, hierarquizando-os, organizando-os e representando-os visualmente.

Para Moreira (1980), os mapas podem ser utilizados para se ter uma imagem da organização conceitual e relações hierárquicas entre conceitos que o aluno estabelece para um dado conteúdo. Assim, além de utilizados para observar o progresso conceitual e procedimental, constituem importante atributo para o *feedback* sobre a prática pedagógica do professor.

O uso dessa ferramenta no ensino-aprendizagem de biologia, a nosso ver, favoreceria a construção do conhecimento nessa área e o desenvolvimento de processos cognitivos

necessários para uma aprendizagem significativa prazerosa e eficaz conduzida dentro de uma visão holística.

Esta pesquisa tem como objetivo mais amplo criar condições para que o aluno construa o conhecimento de biologia, desenvolvendo uma visão holística dos fenômenos com suas entidades e processos pela articulação da unidade básica do ser vivo até o organismo pleno e sua relação com o meio ambiente. Especificamente, busca

- ✓ utilizar mapas conceituais como ferramenta de aprendizagem de tópicos de biologia para a articulação entre microbiologia e macrobiologia;
- ✓ desenvolver nos alunos autonomia na obtenção de conhecimento utilizando recursos tecnológicos;
- ✓ favorecer a construção do conhecimento partilhado, utilizando processos interativos na construção dos mapas conceituais.

Esta dissertação está organizada em quatro capítulos, além da Introdução e Conclusão. Na **Introdução**, apresenta-se o problema e a proposta de solução, além da perspectiva teórica em que se insere a pesquisa e os objetivos do trabalho. O **Capítulo 1** focaliza o referencial teórico em que se alicerça o conceito, organização e usos dos mapas conceituais no ensino aprendizagem: o construtivismo e a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel. O **Capítulo 2** aborda a ferramenta central desta pesquisa: os mapas conceituais e sua relação e exploração no ensino-aprendizagem em ambientes formais. Os **Capítulos 3 e 4** expõem, respectivamente, o percurso metodológico e os resultados obtidos e discussão da investigação. Por fim, nas **Considerações Finais**, apresentam-se algumas conclusões inferidas do processo investigativo.

2 CONSTRUTIVISMO E APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Assumindo-se que, subjacente a uma teoria de aprendizagem, existe sempre uma epistemologia adequada, este capítulo apresenta as duas perspectivas teóricas em que se fundamenta esta investigação: o construtivismo e algumas de suas vertentes teóricas, dando-se ênfase a Piaget e Vygotsky na sua relação com esse paradigma, além da teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel e sua relação com o construtivismo humano.

2.1 Construtivismo

O construtivismo é um paradigma voltado à aquisição do conhecimento, cujo princípio basilar consiste no postulado de que “o conhecimento não é recebido passivamente nem pelos sentidos nem por meio de comunicação; o conhecimento é construído ativamente pelo sujeito que o possui” (VALADARES, 2011, p. 40)¹ Assim, ele assume que o sujeito tem papel ativo na criação e modificação de suas representações relativamente ao objeto do conhecimento.

Essa postura envolve considerações do ponto de vista **ontológico**, que se volta para a natureza do ser, e **epistemológico**, que diz respeito à obtenção do conhecimento, não exclusivamente, mas principalmente o conhecimento científico, questões que estão na raiz das diversas vertentes de construtivismo. Aqui limitamo-nos a apresentar, em linhas gerais, o construtivismo radical e o construtivismo social, opostos do ponto de vista epistemológico, além do construtivismo cognitivo e do socioconstrutivismo, perspectivas construtivistas não radicais, mais consonantes com a perspectiva teórica desta investigação.²

O **construtivismo radical** considera o conhecimento como nada mais do que uma construção que o sujeito faz com base nos dados subjetivos de sua experiência e não há base objetiva para julgar essa construção, já que não existe a possibilidade de confrontação com o real. A ideia-chave é a de que as estruturas cognitivas que formam o significado ou conhecimentos não são entidades que possam ser utilizadas por diferentes sujeitos. Elas são representações mentais que cada representador tem que construir por si. Não são iguais; são

¹ Valadares (2011) trata o construtivismo como teoria; mas essa posição não é unânime: outros autores o tratam como paradigma ou metodologia, por exemplo. Esses embates ou divergências teóricas estão fora do escopo desta pesquisa.

² Existem diversas propostas de formas de construtivismo, que aqui não cabe detalhar. Nossa seleção é guiada pelo objetivo de oferecer um panorama de propostas radicais e não radicais e se baseia no que apresentam Valadares (2011) e Castañon (2015).

compatíveis. Apesar de não negar e nem afirmar a existência de uma realidade independente da estrutura cognitiva, o construtivismo radical rejeita qualquer tipo de acesso hipotético a ela. Mesmo considerando que a realidade dá sinais de sua existência ao não se comportar de acordo com esquemas construídos, o construtivismo radical nega (contraditoriamente) que ela tenha influência na construção do conhecimento. (CASTAÑON, 2015). Nesse sentido, essa concepção de construtivismo é ontologicamente antirrealista, pois não pressupõe um mundo separado e independente da percepção, rejeitando a correspondência entre o conhecimento dos objetos e fenômenos da realidade e o que eles realmente são. (VALADARES, 2011, p. 41)

O **construtivismo social** alça para o topo o papel da interação social na construção do conhecimento por meio da linguagem, que é dependente do contexto em que ocorre. A linguagem é comunitária e fundamental na continuação das relações entre indivíduos nas diversas comunidades. Em consonância com esse princípio, essa forma de construtivismo dá ênfase à influência dos fatores sociais na produção do conhecimento, assentado estritamente nas relações sociais, o que acaba por torná-lo radical do ponto de vista epistemológico. Além disso, do ponto de vista ontológico, o princípio estruturador é a ideia de que o mundo é construído pela linguagem; do ponto de vista epistemológico, o real não está subjacente na construção do conhecimento, mas o conhecimento é que subjaz à construção desse real. Como decorrência, a produção da ciência se reduz a uma atividade social de comunicação e negociação. (VALADARES, 2011, p. 46)

O **construtivismo cognitivo** assume que os indivíduos compreendem o mundo através de representações mentais que constroem. Ele não abdica do poder de descrever objetivamente a realidade, o que se dá por um processo de objetivação das representações mentais de cada indivíduo, que “vão sendo negociadas e submetidas ao veredito da experiência e sucessivamente descartadas e substituídas por outras, numa aproximação sucessiva às representações científicas.” (VALADARES, 2011, p. 47). As representações científicas são as que mais se aproximam da realidade, sem manterem com ela uma relação especular.

Aqui cabe trazer o que caracteriza o que muitos denominam *construtivismo piagetiano*, bastante influente no processo pedagógico das últimas décadas.

Para Piaget, de cuja obra surgiu o termo “construtivismo”, a construção do conhecimento requer uma interação entre o sujeito que conhece e o objeto conhecido. A centralidade de sua teoria reside no sujeito ativo que, na ação, constrói suas representações de mundo interagindo com o objeto. Para o autor, são dois os processos de construção do

conhecimento: *assimilação e acomodação*. O indivíduo, ao passar por uma experiência, primeiramente, tenta assimilá-la em suas estruturas cognitivas já existentes. No entanto, se essa experiência resiste ao enquadramento, se suas percepções são colocadas em xeque pelo mundo, a sua estrutura cognitiva tende a se modificar, incorporando as novas informações dessa experiência. Desse modo, o modelo construtivista de desenvolvimento cognitivo proposto por Piaget exige uma interação necessária entre o sujeito que conhece e o objeto a ser conhecido. Essa postura se baseia numa ontologia realista e adota a possibilidade de acesso racional do sujeito a uma realidade objetiva e independente. (CASTAÑON, 2015)

O **socioconstrutivismo**, abordagem da psicologia gerada a partir da obra de Vygotsky, assenta-se nas relações entre o funcionamento da mente e as situações culturais, institucionais e históricas nas quais esse funcionamento ocorre, segundo Wertsch (1998 apud CASTAÑON, 2015).³ Vygotsky (1978) construiu a sua teoria tendo por base o desenvolvimento do indivíduo como resultado de um processo sócio-histórico, enfatizando o papel da linguagem e da aprendizagem nesse desenvolvimento. A sua questão central é a construção de conhecimentos pela interação do sujeito com o meio.

O socioconstrutivismo adota a tese de que o conhecimento é uma construção social fruto da interação entre sujeitos. Nesse sentido, ele partilha com o construtivismo social a premissa de que o conhecimento é uma produção social. No entanto, o socioconstrutivismo, diferentemente do construtivismo social, reconhece a existência da realidade objetiva, embora o conhecimento não mantenha com ela uma relação direta.

Do ponto de vista epistemológico, no socioconstrutivismo, um conceito-chave é o de mediação social, que Vygotsky (1994) insere na raiz da dupla formação dos processos psicológicos: o desenvolvimento das funções psicológicas superiores da criança se dá em dois níveis, social e individual. O primeiro, de natureza interpsicológica, precede o segundo, de natureza intrapsicológica. Isso significa que tais funções são transmitidas dos adultos, que já as possuem, para as crianças, por meio da interatividade, na qual a linguagem tem função primordial.

Assim, o homem se forma e interage com seus semelhantes e seu mundo numa relação intercomplementar de troca. A relação entre o homem e o mundo passa pela mediação do discurso, pela formação de ideias e pensamentos através dos quais o homem

³ WERTSCH, J.V. (1998). A necessidade da ação na pesquisa sociocultural. In: WERTSCH, J.V.; DEL RIO, P. & ALVAREZ, A. (orgs.): Estudos socioculturais da mente. Trad. M.G.G. Paiva & A.R.T. Camargo. Porto Alegre: Artmed, p. 56-71. Orig. em inglês: 1995.

apreende o mundo e atua sobre ele, recebe a palavra do mundo sobre si mesmo e sobre ele-homem, e funda a sua própria palavra sobre esse mundo.

Na teoria do autor, o signo, como meio externo, à semelhança de um instrumento de trabalho, medeia a relação do homem com o objeto e com outro homem. Por intermédio dos signos, vistos como uma espécie de “órgãos sociais”, o indivíduo desenvolve as funções psíquicas superiores. Nesse caso, signo e sentido têm a mesma força significativa, são componentes inalienáveis da relação do homem com o mundo por meio do discurso. A ênfase no signo como elemento fundamental de construção da relação do homem com o mundo é muito recorrente em toda a teoria do autor. (VYGOTSKY, 1978).

Outro conceito criado pelo autor no que diz respeito ao processo de aprendizagem é o de *zona de desenvolvimento proximal*. Trata-se da

a distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com parceiros mais capazes (VYGOTSKY, 1994, p. 112).

Na ótica de Vygotsky (1978), esse “fazer em colaboração” não anula, mas destaca a participação criadora da criança e serve para medir o seu nível de desenvolvimento intelectual, sua capacidade de discernimento, de tomar a iniciativa, de começar a fazer sozinha o que antes só fazia acompanhada, sendo, ainda, um valiosíssimo critério de verificação da eficácia do processo de ensino-aprendizagem. Resumindo, é um estágio em que a criança traduz no seu desempenho imediato os novos conteúdos e as novas habilidades adquiridas no processo de ensino- aprendizagem, em que ela revela que pode fazer hoje o que ontem não conseguia fazer.

Um ponto central que Vygotsky (2005) enfatiza no processo de aprendizagem é a formação de conceitos pela criança. Neste sentido, ele faz uma análise comparada do sistema de conceitos no processo de aprendizagem pré-escolar e escolar, e toma como fundamento da sua comparação dois esquemas conceituais: o que já existe no sistema de aprendizagem da criança antes do ingresso na escola, que ele denomina *conceitos espontâneos*, e o outro que a ele se junta, com ele interage e acaba por enriquecê-lo e modificá-lo como resultado da aprendizagem, que ele denomina *conceitos científicos*. A etapa de fixação das mudanças dos conceitos é seguida de uma etapa de explicação deles, isto é, da busca dos meios que determinam a mudança do sistema conceitual. E é nessa base que o autor vê a construção do processo de criação propriamente dito.

Dessa forma, o autor divide esses conceitos em duas categorias, correspondentes a dois diferentes estágios. Nos estágios inferiores, onde ele localiza os conceitos espontâneos, o sistema de conceitos dispõe de meios de descrição simples da realidade empírica. Nos estágios superiores, onde se localizam os conceitos científicos, formam-se conceitos mais amplos pelo conteúdo, não mais relacionados a exemplares particulares de uma classe de fenômenos e sim a toda uma classe de fenômenos. Já não se limitam a descrever, mas explicam os fenômenos. Trata-se de um passo fundamental no processo de aprendizagem infantil, no qual a criança evolui do conceito espontâneo para o científico, troca o simples registro do fenômeno pela associação a grupos de fenômenos e atinge o ponto fundamental da generalização, isto é, do conceito propriamente dito, pois, segundo o autor, todo conceito é uma generalização e, em termos científicos, só quando é capaz de generalizar a criança toma consciência do conceito e pode generalizar o “antes e o agora”.

A generalização é um dos mais importantes meios de conhecimento científico, um procedimento de transição a um nível mais elevado de abstração, que revela os atributos comuns aos fenômenos. Como diz Vygotsky,

quando uma palavra nova é aprendida pela criança, o seu desenvolvimento mal começou: a palavra é primeiramente uma generalização do tipo mais primitivo; à medida que o intelecto da criança se desenvolve, é substituída por generalizações de um tipo cada vez mais elevado – processo este que acaba por levar à formação de verdadeiros conceitos. O desenvolvimento dos conceitos, ou dos significados das palavras, pressupõe o desenvolvimento de muitas funções intelectuais: atenção deliberada, memória lógica, abstração, capacidade para comparar e diferenciar. (VYGOTSKY. 2005, p. 104)

O processo de aprendizagem e formação de conceitos é como um sistema, considerado o ponto central de toda a história do desenvolvimento dos conceitos e no qual os conceitos espontâneos e os científicos estão interligados por complexos vínculos internos. É isso que dá sistematicidade ao caminho da aprendizagem e permite identificar as suas diferentes fases como integrantes de um processo articulado. (VYGOTSKY, 2005).

O autor ainda destaca que a escola é o lugar onde a intervenção pedagógica intencional desencadeia o processo aprendizagem. O professor tem o papel explícito de interferir no processo, diferentemente de situações informais nas quais o aluno aprende por imersão num ambiente cultural. Portanto, é papel do professor provocar avanços nos alunos e isso se torna possível com a sua interferência na zona de desenvolvimento proximal.

Desse modo, o conhecimento é frequentemente construído quando o aluno interage com o professor ou seus pares, criando juntamente com eles o contexto para a interação, através da qual o conhecimento é produzido coletivamente e compartilhado entre os participantes. Essa construção pode ser um sistema cooperativo de resolução de problemas,

significados e compreensões discutidos e negociados, por exemplo. Assim, o estudante incorpora esse conhecimento construído gerando, elaborando ou revisitando seus conhecimentos prévios.

2.2 Aprendizagem significativa

A aprendizagem, tal como concebe Ausubel (2003), é qualificada como “significativa” quando uma nova informação (conceito, ideia, proposição) adquire significados para o indivíduo através de uma ancoragem em aspectos relevantes da sua estrutura cognitiva preexistente, isto é, em conceitos, ideias, proposições já existentes em sua estrutura de conhecimentos (ou de significados) com determinado grau de clareza, estabilidade e diferenciação. As informações de maior relevância da estrutura cognitiva, que funcionam como ancoradouro para a nova informação, são chamadas *subsunçores*.

Segundo o autor, na aprendizagem significativa, existe uma articulação entre o novo conhecimento e o já existente, na qual ambos se transformam. À medida que o conhecimento prévio serve de molde para a atribuição de significados à nova informação, ele também se modifica, ou seja, os subsunçores vão adquirindo novos significados, tornando-se mais diferenciados, mais estáveis. Desse modo, a estrutura cognitiva está em constante reestruturação durante a aprendizagem. Em um processo dinâmico, o conhecimento vai sendo construído.

No processo de aprendizagem significativa, o novo conhecimento nunca é internalizado de maneira literal, pois, no momento em que passa a ter significado para o indivíduo, entra em cena o componente mais íntimo da significação. Aprender significativamente implica atribuir significados e estes têm sempre componentes pessoais. Aprendizagem sem atribuição de significados pessoais, sem relação com o conhecimento preexistente, é mecânica, não significativa. Na aprendizagem mecânica, o novo conhecimento é armazenado de maneira arbitrária e literal na mente do indivíduo. Isso não significa, entretanto, que esse conhecimento seja armazenado em um vácuo cognitivo, mas sim que ele não interage significativamente com a estrutura cognitiva preexistente e, portanto, não adquire significados. (AUSUBEL, 2003)

No curso da aprendizagem significativa, aponta o autor, ocorrem dois processos inter-relacionados: *diferenciação progressiva* e *a reconciliação integrativa*.

A *diferenciação progressiva* consiste no processo de atribuição de novos significados a um determinado subsunçor. Em outras palavras, através de interações sucessivas, um

subsunção vai, progressivamente, adquirindo novos significados e tornando-se mais diferenciado e capaz de servir de ancoragem para novas aprendizagens significativas. Moreira (2012) exemplifica esse processo tomando o conceito de “força”. Segundo ele, antes de entrar na escola, qualquer criança já formou esse conceito atribuindo significados de *puxão*, *empurrão*, *esforço físico*, o que envolve o significado básico e “*qualidade do que é forte, do que tem vigor físico*”. Na escola, ela aprenderá que existe uma “força gravitacional”, muito importante no sistema planetário, que é atrativa e se rege por leis etc. Nesse processo, o conceito já presente na estrutura cognitiva da criança e o novo conceito interagem de modo que o conceito preexistente se torna mais rico e o novo adquire significado. Esse mesmo processo ocorrerá quando o aluno travar conhecimento com os conceitos de “força eletromagnética” e “força nuclear forte e fraca”, por exemplo. Moreira (2006) apresenta ainda um outro exemplo esclarecedor. Tome-se o conceito de “conservação”. À medida que o aluno vai aprendendo significativamente o que é “conservação da energia”, “conservação da carga elétrica”, “conservação da quantidade de movimento”, o subsunção “conservação” vai se tornando cada vez mais elaborado, mais diferenciado, mais capaz de servir de âncora para a atribuição de significados a novos conhecimentos. Assim, sua aquisição diferenciada em ciências é progressiva.

Em suma, no caminho da aprendizagem significativa, os conceitos que interagem com o novo conhecimento e servem de base para a atribuição de novos significados também se modificam em função dessa interação, adquirindo novos significados e se diferenciando progressivamente.

Mas para alcançar essa diferenciação é necessário que o aluno também realize reconciliações das diferenças reais ou aparentes dos conceitos. Esse processo é chamado de *reconciliação integradora* ou *integrativa*, que consiste em eliminar diferenças aparentes, resolver inconsistências, integrar significados e fazer superordenações. Toda aprendizagem que resultar em reconciliação integradora resultará também em diferenciação progressiva adicional de conceitos e proposições. Assim, o indivíduo estabelece relações entre ideias, conceitos, proposições, já estabelecidos na estrutura cognitiva. Elementos existentes nessa estrutura com determinado grau de clareza, estabilidade e diferenciação são percebidos como relacionados, adquirem novos significados e levam a uma reorganização da estrutura cognitiva. É o que ocorreria, por exemplo, se o aluno tivesse conceitos de “campo elétrico” e “campo magnético” claros e estáveis na estrutura cognitiva, os percebesse intimamente relacionados e reorganizasse seus significados de modo a vê-los como manifestações de um conceito mais abrangente, o de “campo eletromagnético”. Essa recombinação de elementos,

essa reorganização cognitiva, esse tipo de relação significativa consiste, assim, na reconciliação integradora ou integrativa. (MOREIRA, 2006)

2.2.1 Aprendizagem mecânica/significativa e por recepção/por descoberta

Para Ausubel (2003), a aprendizagem mecânica é caracterizada pela aquisição de conhecimentos por meio de procedimentos repetitivos, que levam apenas a associações arbitrárias (por ex., números, listas, pares associados etc.). Nessa forma de aprendizagem, os conceitos novos não se associam às informações já existentes na estrutura cognitiva e, portanto, a interação entre a informação nova e a informação já armazenada é mínima ou quase nula.

Já a aprendizagem significativa é aquela em que os novos conhecimentos interagem de maneira **substantiva e não arbitrária** com os conhecimentos prévios presentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Ausubel (2003) esclarece que *substantiva* significa “não literal” e *não arbitrária* significa que a interação se produz com determinado conhecimento prévio relevante e não com qualquer conhecimento aleatoriamente.

O fundamento da aprendizagem significativa como processo é o fato de que os pensamentos expressos simbolicamente de modo não arbitrário e objetivo unem-se aos conhecimentos já existentes no sujeito, sendo um processo ativo, porque depende da assimilação deliberada da tarefa da aprendizagem por parte do aprendiz e pessoal porque a significação de toda a tarefa de aprendizagem depende dos recursos cognitivos utilizados pelo aprendiz. Em suma, ela é ativa porque depende da assimilação deliberada da tarefa de aprendizagem por parte do aluno; é também pessoal, porque a significação de toda tarefa de aprendizagem depende dos recursos cognitivos utilizados por cada aluno. (PEÑA, 2005)

Deve-se reconhecer que a distinção entre o aprendizado mecânico e o significativo não é uma simples dicotomia, mas sim um *continuum*, pelo fato de os indivíduos variarem no que se refere à quantidade e qualidade da sua bagagem de conhecimento relevante, à intensidade de sua motivação em procurar maneiras de incorporar conhecimento novo ao conhecimento prévio. (AUSUBEL, 2003; NOVAK; CAÑAS, 2010) A Figura 1 ilustra o caráter contínuo da aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa, entre as quais Moreira (2013) identifica uma “zona cinza” em que, na prática, grande parte da aprendizagem ocorre. Segundo o autor, um ensino potencialmente significativo pode facilitar a “caminhada do aluno nessa zona cinza” (p. 16).

Figura 1– Esquema do contínuo entre aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa

Fonte: Moreira, (2013)

O autor destaca três pontos:

1. A passagem da aprendizagem mecânica para a significativa não é automática; ela depende de subsunçores adequados, da predisposição do aluno para aprender, de materiais potencialmente significativos e da mediação do professor.
2. A aprendizagem significativa é progressiva: a construção de um subsunçor envolve captação, internalização, diferenciação e reconciliação e se dá por rupturas e continuidades.
3. Na aprendizagem significativa a captação de significados envolve negociação entre aluno e professor e domínio progressivo de situações-problema ou situações de aprendizagem. O autor cita como exemplo a aprendizagem de conceitos, em que a conceitualização ocorre à medida que o aluno vai dominando situações progressivamente mais complexas.

É preciso distinguir o tipo de aprendizagem (mecânica/significativa) do tipo de estratégia de instrução que se utiliza para promover a aprendizagem: a *aprendizagem por recepção*, em que a informação é dada diretamente ao aluno, e a *aprendizagem por descoberta guiada* pela ajuda do professor ou *aprendizagem por descoberta autônoma*, em que o aluno identifica e seleciona a informação a aprender. A Figura 2 mostra que, qualquer que seja a estratégia de instrução, a aprendizagem pode variar desde a memorização até a aprendizagem significativa.

Figura 2 - Contínuo entre dois polos: aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica

Fonte: Novak; Cañas (2010)

Assim, tanto os métodos de apresentação direta quanto os de aprendizagem por descoberta podem conduzir à aprendizagem altamente mecânica ou altamente significativa. Tratando-se dos ambientes formais de aprendizagem, o processo depende das características do aluno e da organização dos materiais didáticos. Esses materiais devem ser potencialmente significativos para o aluno. Para isso, deve satisfazer duas condições:

- o próprio material de aprendizagem deve estar relacionado de forma não arbitrária e não literal com qualquer estrutura cognitiva apropriada e relevante;
- a estrutura cognitiva particular do aprendiz deve conter ideias ancoradas relevantes, com as quais se possa relacionar o novo material. A interação entre novos significados potenciais e ideias relevantes na estrutura cognitiva do aprendiz dá origem a significados verdadeiros ou psicológicos. Devido à estrutura cognitiva de cada aprendiz ser única, todos os novos significados adquiridos também são únicos.

Quanto ao tipo de estratégia de instrução, Ausubel (2003) assume que o principal processo de aprendizagem significativa é por *recepção*, não por *descoberta*, contrariando a ideia muito difundida de que a aprendizagem por recepção está associada à passividade e ensino expositivo; ao contrário, afirma ele, a *aprendizagem significativa por recepção* é um processo ativo, porque exige ação e reflexão do aprendiz e é facilitada pela organização cuidadosa das matérias e das experiências de ensino. Ausubel descreve pormenorizadamente as condições em que essa aprendizagem significativa por recepção pode ocorrer, dando

especial importância ao papel da linguagem e da estrutura conceitual das matérias, bem como aos conhecimentos e competências que o estudante já possui. Este conhecimento prévio é, para Ausubel, o fator determinante do processo de aprendizagem.

2.2.2 Tipos e formas de aprendizagem

Ausubel (2003) distingue três tipos básicos de aprendizagem significativa em função do grau crescente de complexidade: aprendizagem representacional, aprendizagem conceitual e aprendizagem proposicional.

A aprendizagem representacional consiste em apoderar-se do significado de símbolos isolados (geralmente palavras) ou daquilo que elas representam. Esse tipo de aprendizagem está vinculado à aquisição do vocabulário. Nesta construção, devem-se distinguir dois aspectos: a aprendizagem antes dos conceitos e a depois da formação dos conceitos. No primeiro, as palavras representam objetos ou eventos reais. A palavra é igual à imagem concreta e específica do que tais referentes significam. Trata-se de um processo de etiquetagem. À medida que a criança se desenvolve, aprende novo vocabulário para representá-lo. Como afirma Ausubel (2003, p. 54), a aprendizagem representacional se aproxima mais da memorização mecânica no contínuo *aprendizagem mecânica-aprendizagem significativa*.

Um exemplo citado por Moreira (2013), demonstra que, para uma criança a palavra *mesa* (um símbolo linguístico) significa apenas a mesa de sua casa; ela não tem ainda o conceito de *mesa*, apenas uma representação. O mesmo acontece com um adulto frente a eventos e objetos em relação aos quais não identificou atributos e regularidades que definiriam o conceito correspondente.

Ainda que a aprendizagem representacional seja próxima à aprendizagem mecânica, ela é significativa pois o símbolo significa um referente concreto. Na aprendizagem mecânica a relação símbolo-objeto/evento é apenas associativa, sem significado.

A aprendizagem conceitual é definida como objetos, eventos, situações ou propriedades que possuem atributos de discernimento comuns e que se designem mediante algum símbolo ou signo. Os conceitos também podem ser representados por símbolos ou palavras individuais, mas há um maior nível de abstração em relação à alguns atributos de discernimento comuns. Dessa forma, a assimilação de conceitos consiste em relacionar estes aos já existentes, formando estruturas conceituais. Retomando o exemplo acima, quando uma pessoa tem o conceito de *mesa*, o símbolo *mesa* representa uma infinidade de objetos

(não apenas um como no caso da aprendizagem representacional) com determinados atributos, propriedades, características comuns. No entanto, para chegar ao conceito de *mesa*, provavelmente, o sujeito passou por representações de *mesa*. Por outro lado, uma vez construído o conceito, ele passa a ser representado por um símbolo, geralmente linguístico. (MOREIRA, 2013).

A aprendizagem proposicional consiste em captar o significado de novas ideias expressas sob a forma de proposições, isto é, estabelecer relações entre conceitos em uma frase ou oração. Segundo Novak (1985, apud PEÑA, 2005)⁴, as proposições são dois ou mais conceitos interligados por uma palavra ou frase de ligação formando uma unidade semântica. Para Ausubel, esse tipo de aprendizagem pode ser realizado combinando-se e relacionando-se palavras individuais entre si, cada uma com um referente distinto, em que o resultado é mais do que a soma dos significados das palavras individuais.

Nos dois primeiros tipos de aprendizagem, constroem-se representações ou conceitos unitários, enquanto na aprendizagem proposicional são desenvolvidos vários conceitos que se relacionam entre si e com a estrutura cognitiva do aluno para produzir um novo significado composto por meio da assimilação.

O processo de assimilação é realizado por meio de três formas ou modalidades diferentes:

Aprendizagem subordinada – o novo conceito é hierarquicamente subordinado a outro já existente, quando as novas ideias se relacionam com as ideias relevantes (inclusivas) de maior nível de abstração, generalidade ou inclusão, gerando uma diferenciação progressiva. A subordinação dos conceitos pode ocorrer sem que a nova informação modifique os atributos ou significado do conceito inclusivo.

Moreira (2013) exemplifica que, quando o aluno já tem uma ideia, uma representação do que seja *escola*, a aprendizagem significativa de diversos tipos de escola como escola técnica, escola aberta, escola normal, escola pública, e outros, serão aprendidos por ancoragem e subordinação à ideia inicial de *escola*. Mas, ao mesmo tempo, como o processo é interativo, essa ideia inicial vai se modificando, ficando cada vez mais elaborada, mais rica e mais capaz de servir de ancoradouro cognitivo para novas aprendizagens.

Aprendizagem supraordenada – nesse processo, inverso ao subordinado, os conceitos relevantes (inclusivos) são de menor grau de abstração do que os novos adquiridos,

⁴ NOVAK, J. D. Metalearning and metaknowledge strategies to help students learn how to learn. In L. H. T. West y A. L. Pines (Eds.) **Cognitive Structure and Conceitual Change**. Orlando: Academic Press, 1985.

resultando na reorganização dos conceitos formando um novo significado. Este processo acontece de baixo para cima, produzindo uma reconciliação integradora como visto anteriormente.

Retomando o exemplo de Moreira (2013), suponhamos agora que o aluno não tivesse uma ideia mais ampla ou o conceito geral de “escola”. Nesse caso, ele iria aprendendo de modo significativo o que é “escola pública”, “escola aberta”, “escola confessional”, “escola militar”, etc. e poderia começar a fazer ligações entre diferentes tipos de escola, com base em semelhanças e diferenças e chegar, por meio de um raciocínio indutivo, ao conceito de *escola*. Esta seria uma aprendizagem superordenada

Aprendizagem combinatória - consiste na relação, de uma forma geral, de novos conceitos com a estrutura cognitiva já existente, mas sem produzir a inclusão. Apoia-se na busca de elementos comuns entre as ideias, mas sem estabelecer relações de supraordenação ou subordinação. (AUSUBEL, 2003).

Para Moreira (2013), a aprendizagem combinatória é, então, uma forma de aprendizagem significativa em que a atribuição de significados a um novo conhecimento implica interação com vários outros conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva, mas não é nem mais inclusiva nem mais específica do que os conhecimentos originais. O autor exemplifica que, para o aluno entender relações escola-sociedade, ou perguntas do tipo “*Que escola a sociedade quer?*”, provavelmente, não é suficiente ter os conceitos de “escola” e “sociedade”. Ou, para entender o significado de certas fórmulas físicas ou químicas, não basta ter os conceitos nela envolvidos; é preciso um conhecimento mais amplo de Física ou Química.

2.3 A perspectiva construtivista da aprendizagem significativa

Valadares (2011) atribui a relação entre a teoria da aprendizagem significativa e o construtivismo a Novak, que propõe um construtivismo humano como “um esforço para integrar a psicologia da aprendizagem humana e a epistemologia da produção de conhecimento”. (NOVAK, 1990) Essa integração permite atingir significados amplamente compartilhados através de uma teoria da aprendizagem alicerçada numa psicologia cognitivo-humanista que privilegie a comunicação, partilha, discussão e mudança de significados.

Com base em vários autores, Valadares (2011, p. 49) aponta as seguintes características do construtivismo humano (aqui resumidas): o conhecimento é fruto da

interação entre sujeito e objeto, sem que qualquer um deles tenha hegemonia epistemológica no processo; os seres humanos criam significados, que se modificam por meio de ações; o objetivo da educação é a construção de significados compartilhados, que podem ser facilitados pela mediação de professores. Uma última característica merece destaque: a produção de conhecimentos é uma construção de significados e uma forma original e criativa de aprendizagem significativa. Para a aprendizagem ser efetiva, o indivíduo deve buscar uma aprendizagem autônoma e criativa.

Segundo o autor, a teoria da aprendizagem significativa é uma teoria construtivista. De acordo com a teoria da aprendizagem significativa, a obtenção do conhecimento é um processo que ocorre em etapas e se alicerça na estrutura cognitiva prévia de quem aprende. A aprendizagem, de fato, ocorre com a influência de fatores sociais e pelo ensino na sala de aula e em última instância é considerada um processo pessoal e idiossincrásico. Dessa maneira, a aprendizagem significativa é uma teoria cognitivo-humanista em que o indivíduo age recorrendo a pensamentos, sentimentos e ações para dar significado às experiências que está vivenciando.

Valadares (2011) aponta que as dimensões da aprendizagem, mecânica ou significativa, por recepção ou por descoberta, são ideias construtivistas que integram a teoria da aprendizagem significativa adequando-se perfeitamente a uma forma de construtivismo designada por construtivismo humano. Este é um construtivismo não radical articulado à ideia de assimilação significativa como construção de novos significados.

Dessa maneira, pode-se concluir que os altos níveis de aprendizagem significativa são caracterizados como subjacentes ao processo de construção de novos conhecimentos. A tese central é que o processo de aprendizagem significativa, como compreendido pela teoria de Ausubel, é fundamental tanto para o processo psicológico de desenvolvimento cognitivo dos indivíduos, quanto para o processo epistemológico de construção de novos conhecimentos. (NOVAK, 1990).

Esta pesquisa será conduzida com base na perspectiva do compartilhamento e na interação entre os alunos, controlada e aplicada com intuito de gerar novos conhecimentos adotando-se a perspectiva construtivista-interacionista.

A ferramenta usada para tornar manifesta e promover a aprendizagem significativa e a construção do conhecimento são os mapas conceituais, tópico abordado no próximo capítulo.

3 MAPAS CONCEITUAIS

Neste capítulo, aborda-se o mapa conceitual, ferramenta usada nesta pesquisa, destacando-se seu enraizamento na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e sua relação com o processo de ensino-aprendizagem em ambiente formal de aprendizagem, vale dizer, escolar.

3.1 Mapas conceituais: definição e organização

Os mapas conceituais foram desenvolvidos em 1972, dentro do programa de pesquisa realizado por Novak na Universidade de Cornell, Estado de Nova York – EUA, no qual ele buscou acompanhar e entender as mudanças na maneira como as crianças compreendiam a ciência (NOVAK; MUSONDA, 1991). Novak (1990) relata que inventou e refinou a técnica do mapa conceitual como ferramenta para representar as estruturas conceituais/proposicionais presentes em entrevistas ou construídas pelos alunos. Subsequentemente, os mapas conceituais se mostraram úteis para planejar as atividades de ensino e ajudar o aluno a aprender como aprender. Assim, vê-se que, desde sua criação, os mapas conceituais estiveram atrelados ao campo da aprendizagem.

Eles se alicerçam na psicologia da aprendizagem de David Ausubel (1963), segundo a qual, como visto no capítulo anterior, a aprendizagem se dá por meio de assimilação de novos conceitos e proposições dentro de conceitos e sistemas proposicionais preexistentes ou subsunçores na *estrutura cognitiva* do indivíduo, fornecendo as condições de ancoragem de novos conhecimentos.

Os mapas conceituais são ferramentas gráficas que organizam e representam o conhecimento. (NOVAK; CAÑAS, 2010) Para Moreira (2006), eles podem ser interpretados como diagramas hierárquicos que procuram refletir a organização conceitual de um corpo de conhecimento ou de parte dele. Em outras palavras, sua existência deriva da estrutura conceitual de um conhecimento. Dessa forma, os mapas conceituais devem ser entendidos como diagramas bidimensionais que procuram mostrar relações hierárquicas entre conceitos de um corpo de conhecimento e que derivam sua existência da própria estrutura conceitual desse corpo de conhecimento.

Eles são construídos com a inserção de *conceitos* dentro de círculos, elipses ou retângulos interligados por linhas. Sobre estas linhas são encontradas *palavras* ou *frases de ligação* que mostram a articulação entre dois conceitos. Novak e Canãs (2010) definem

conceito como uma regularidade percebida em eventos ou objetos, designada por um rótulo podendo este ser representado por um símbolo ou palavra. O conjunto de dois ou mais conceitos relacionados por meio de *palavras ou frases de ligação* de modo a formar um segmento significativo constitui a *proposição*, também chamada de *unidade semântica*.⁵ Essa unidade semântica não precisa ser necessariamente uma frase completa.

Quanto à organização, os mapas conceituais apresentam uma estrutura hierárquica organizada a partir do conceito mais inclusivo até o mais específico. Essa estrutura se alicerça no pressuposto de que a aprendizagem significativa é alcançada mais facilmente quando novos conceitos são subsumidos por outros mais amplos. Assim, os conceitos superordenados devem situar-se no topo do mapa e, abaixo deles, colocados em disposição escalar em direção aos mais específicos, os conceitos menos inclusivos. Consequentemente, as proposições mais abrangentes deverão estar posicionadas também na parte superior do mapa e as proposições mais específicas, na parte inferior. (NOVAK; GOWIN, 1984). De modo similar à estrutura cognitiva, os mapas conceituais tendem, assim, a ser hierarquicamente organizados com respeito ao nível de abstração, generalidade e inclusividade.

Moreira (2013) alerta que, embora muitas vezes os mapas conceituais incluam setas, elas não são necessárias, uma vez que eles não implicam sequência, temporalidade ou direcionalidade, nem hierarquias organizacionais ou de poder; elas podem ser usadas para dar um sentido de direção a determinadas relações conceituais, mas não obrigatoriamente, ainda de acordo com o autor.

Quanto à hierarquia, Moreira a considera com certa flexibilidade:

Mapas conceituais podem seguir um modelo hierárquico no qual conceitos mais inclusivos estão no topo da hierarquia (parte superior do mapa) e conceitos específicos, pouco abrangentes, estão na base (parte inferior). Mas este é apenas um modelo, mapas conceituais não precisam necessariamente ter este tipo de hierarquia. Por outro lado, sempre deve ficar claro no mapa quais os conceitos contextualmente mais importantes e quais os secundários ou específicos. (MOREIRA, 2013, p. 42).

Aparentemente, a posição do autor poderia questionar um traço inerente do mapa conceitual; no entanto, interpreta-se aqui que, quando relativiza a hierarquia, o autor está

⁵ Trata-se de elementos relacionais cuja função é manifestada por preposições e locuções prepositivas, conjunções, orações reduzidas, entre outros, dotados de significado e capazes de construir uma proposição. Isso significa que modificadores como artigos, pronomes adjetivos, adjetivos, entre outros, não podem cumprir essa função; no entanto, é comum o uso desses elementos não relacionais em iniciantes na elaboração dos mapas conceituais, o que sugere que o conceito de *elementos de ligação* não foi ainda assimilado.

referindo-se à organização hierárquica piramidal do mapa conceitual e, nesse sentido, o último período da citação é claro: os conceitos mais importantes e os secundários devem ser claramente diferenciados. Diante disso, o autor afirma que as diretrizes para elaboração dos mapas conceituais são diretrizes contextuais, válidas para situações e ambientes de aprendizagem específicos, como por exemplo, a sala de aula.

Como diagramas de relações significativas, de hierarquias conceituais, os mapas são diferentes de *redes semânticas*, que não são necessariamente organizadas em hierarquia e não incluem apenas conceitos, ou com *mapas mentais*, associações livres que não se preocupam com relações entre conceitos e ou organização hierárquica, ou ainda com *quadros sinóticos*, diagramas classificatórios, o que está fora do escopo da ferramenta, já que os mapas buscam relacionar e hierarquizar conceitos e não classificá-los. (MOREIRA, 2013).

Os mapas conceituais podem ser elaborados utilizando-se *Post-its* ou, preferencialmente, o *CmapTools*⁶, que permite mover conceitos junto às frases de ligação, bem como grupos de conceitos, para reestruturar o mapa. Quando o *CmapTools* é usado juntamente com um projetor multimídia, a montagem do mapa é possível com dois ou mais indivíduos facilitando integração entre grupos. É importante salientar que um mapa conceitual nunca está finalizado. Uma vez concluído o mapa preliminar (rascunho), é sempre necessário revisá-lo. Outros conceitos podem ser adicionados ou mesmo informações que são irrelevantes podem ser retiradas. (CAÑAS *et al.*, 2004)

A Figura 3 exemplifica um mapa conceitual elaborado por meio do software *CmapTools*

Observando-se o campo superior direito da Figura 3, identifica-se como domínio “*Mapas conceituais*” dentro do primeiro retângulo, interligado por linhas a outros conceitos; sobre estas linhas encontram-se palavras ou frases de ligação (Ex. *representam, ajudam a responder, necessários para responder*), que instauram os relacionamentos entre conceitos que se localizam dentro de outras estruturas geométricas (Ex. *conhecimento organizado, questão-foco, dependente do contexto*). A união desses conceitos forma uma proposição ou unidade semântica, por ex., *Mapas conceituais representam conhecimento organizado* ou

⁶ O software *CmapTools* permite que os usuários construam, naveguem e compartilhem modelos de conhecimento representados como mapas conceituais. O programa é gratuito e está disponível no endereço <<http://cmap.ihmc.us>>.

Mapas conceituais ajudam a responder questões centrais (frases verbais completas) ou ainda unidades de sentido construídas em estrutura cognitiva (parte de uma frase).

Figura 3 – Exemplo de mapa conceitual

Fonte: Novak; Cañas (2010)

3.2 Mapas conceituais e aprendizagem significativa

Como já apontado, os mapas conceituais têm suas raízes na aprendizagem significativa de David Ausubel. Moreira (2013) considera-os como estratégia potencialmente facilitadora de aprendizagem significativa.

Segundo Novak e Cañas (2010), para ocorrer a aprendizagem significativa utilizando os mapas conceituais, são necessárias três condições:

1. O conteúdo a ser abordado deve ser conceitualmente claro e apresentado com linguagens e exemplos relacionáveis ao conhecimento prévio do aluno. Para tanto, os mapas conceituais podem ajudar a cumprir essa exigência, tanto por identificar conceitos amplos e gerais possuídos pelo aprendiz, quanto aprender conceitos mais específicos, que podem se basear em quadros de desenvolvimento conceitual.

2. O aluno deve possuir conhecimento prévio relevante. Essa condição pode ser encontrada após os três anos de idade para praticamente para qualquer campo disciplinar. Deve-se tomar cuidado na elaboração de quadros conceituais se o objetivo for apresentar conhecimento específico detalhado em qualquer campo das lições subsequentes. Para isso as condições (1) e (2) estão inter-relacionadas e são importantes.

3. O aluno precisa ter a vontade de aprender de modo significativo. A única condição sobre a qual o professor não possui controle direto é a da motivação dos estudantes em aprender tentando incorporar novos significados ao seu conhecimento anterior. O controle indireto sobre essa escolha encontra-se essencialmente, nas estratégias de ensino que enfatizam o relacionamento do conhecimento novo com o conhecimento já existente do aluno e nas estratégias de avaliação que incentivam os aprendizes a relacionar ideias que possuem com as ideias novas em que ambas favorecem a aprendizagem significativa.

Novak, considerando os fundamentos psicológicos dos mapas conceituais, se volta para a questão da memória. Partindo do princípio de que a memória não é um recipiente a ser preenchido com conhecimento, retoma o sistema de memória do ser humano, a saber, a *memória operacional* ou *de trabalho*, a *memória de curto prazo* ou *episódica* e a *memória de longo prazo*. A memória operacional e a de curto prazo são responsáveis pela incorporação do conhecimento na memória de longo prazo. A entrada de informações é organizada e processada na memória operacional pela interação com o conhecimento armazenado na memória de longo prazo. No entanto, a memória operacional é curta: ela processa um pequeno número de unidades psicológicas ($\pm 5-9$).

Isso significa que o relacionamento entre dois ou três conceitos é suficiente para atingir o limite da capacidade de processamento da memória operacional. Desse modo, se as unidades de entrada (palavras, por exemplo) não forem familiares ou estiverem relacionadas de alguma forma, a memória operacional processará um número pequeno dessas unidades; por outro lado, se essas unidades forem familiares ou estiverem relacionadas ao conhecimento do indivíduo na sua estrutura cognitiva, a memória de trabalho processará um número maior de unidades e elas poderão ser lembradas.

Novak (2002) acrescenta que a retenção de informações aprendidas mecanicamente ocorre na memória de longo prazo, assim como a informação aprendida significativamente; a diferença é que na aprendizagem mecânica há pouca ou nenhuma integração do novo conhecimento ao conhecimento existente, resultando em duas consequências negativas. Em primeiro lugar, o conhecimento aprendido mecanicamente tende a ser rapidamente esquecido, a não ser que seja muito repetido. Em segundo lugar, a estrutura de conhecimento

ou estrutura cognitiva do indivíduo não é aprimorada ou modificada para esclarecer ideias incorretas. Assim, as concepções erradas persistirão e o conhecimento aprendido tem pouco ou nenhum potencial de ser usado em situações de aprendizagem e/ou resolução de problemas.

Para Novak e Gowin (1984), embora ainda não entendamos os mecanismos específicos que operam no cérebro e que nos permitem armazenar informação, é evidente que as redes neurais que se estabelecem são complexas, com muitas ligações cruzadas entre os neurônios em atividade. Estas redes podem explicar, em parte, os padrões alternativos de significados que estão à nossa disposição quando utilizamos os conceitos armazenados para captar os significados. Até que se produzam mais avanços na nossa compreensão dos processos neurobiológicos da memória, estamos limitados a modelos que apenas descrevem os processos psicológicos que operam na aprendizagem e no recordar de materiais significativos. Segundo os autores, a elaboração de mapas conceituais

é uma técnica para externar conceitos e proposições. Até este momento, só se podem fazer conjecturas sobre o grau de precisão com que os mapas conceituais representam os conceitos que possuímos, ou a gama de relações entre conceitos que conhecemos (e que podemos expressar como proposições). É indubitável que, no processo de elaboração dos mapas, podemos desenvolver novas relações conceituais, especialmente se procurarmos ativamente construir relações proposicionais entre conceitos que até então não considerávamos relacionados. (NOVAK e GOWIN. 1984, p.33)

Considerando esse quadro, Novak e Cañas (2010) dão as razões pelas quais o mapa conceitual é tão poderoso para a facilitação da aprendizagem significativa: ele funciona como um tipo de *template* que ajuda a organizar e estruturar o conhecimento, embora essa estrutura deva ser construída peça por peça com a interação de conceitos e proposições. Segundo os autores, o mapa conceitual facilita a aprendizagem significativa e a criação de estruturas de conhecimento que permitem a sua retenção por longos períodos e utilização em novos contextos.

3.3 Mapas conceituais no ensino-aprendizagem

Os mapas conceituais têm sido amplamente explorados nos processos de ensino-aprendizagem e utilizados com vários objetivos, que vão de ferramenta de construção de conhecimentos até instrumento de avaliação discente nas mais diversificadas áreas de ensino. Citam-se, entre outros, os estudos de Novak e Cañas (2010), e as aplicações como estratégias didáticas (MOREIRA; BUCHWEITZ, 1993), estratégias de aprendizagem

(BLOOR, 1991), instrumento de avaliação (LOPES, 2007; SOUZA; BORUCHOVITCH, 2004 e 2010), instrumento de identificação de indícios de aprendizagem significativa em diferentes níveis de ensino (ROCHA et al., 2016). Pesquisas também têm sido feitas nas áreas de ensino de genética (ROSA; LORETO, 2013), ensino de química orgânica (FREITAS FILHO, 2007), ensino de Cálculo (FERRÃO; MANRIQUE, 2014), ensino superior aplicado à Educação Ambiental (MENOYO et al., 2011), no ensino de física aplicado à medicina (PARISOTO et al., 2016), entre outros.

Novak e Cañas (2010) voltam-se à exploração dos mapas conceituais em sala de aula, oferecendo possíveis etapas para a aplicação da ferramenta. Eles sugerem a seguinte sequência de passos para a elaboração do mapa conceitual.

1. Iniciar com um domínio de conhecimento que seja muito familiar ao aluno, inserindo-o num contexto (um segmento de texto didático, uma atividade de laboratório ou pesquisa de campo, um problema para o qual se busca uma solução). Esse contexto auxiliará na determinação da estrutura hierárquica do mapa conceitual.
2. Elaborar uma questão-focal para definir o contexto. Tal questão deve especificar claramente o problema que o mapa conceitual deve solucionar ou o tópico sobre o qual deve versar, o que pode levar à elaboração de um mapa conceitual mais rico.
3. Identificar de 15 a 20 conceitos-chave do domínio, que podem ser listados em uma ordem estabelecida – do mais geral para o mais específico ou vice-versa. Os autores alertam que, embora essa ordem possa ser apenas aproximada, ela ajuda o processo de construção do mapa. Essa lista é denominada *estacionamento*. Alguns conceitos podem permanecer no estacionamento se o construtor do mapa não vir conexões para esses conceitos. No desenvolvimento de mapas conceituais de maior complexidade, os autores recomendam a utilização de “esqueletos”, que são mapas elaborados por especialistas na área, permitindo aos professores e estudantes construírem o conhecimento sobre bases sólidas. Esses mapas servem como guia, suporte ou ajuda na aprendizagem.
4. Construir um mapa preliminar e revisá-lo, já que um mapa conceitual nunca está terminado, já que outros conceitos podem ser acrescentados.
5. Realizar *ligações cruzadas* entre conceitos de diferentes segmentos ou domínios de conhecimento, que ajudam a ilustrar como esses domínios estão inter-

relacionados e mostram que o aprendiz compreende os relacionamentos entre subdomínios no mapa.

6. Revisar o mapa, reposicionar conceitos em nome da clareza e estruturação adequada.

Da mesma forma que os mapas conceituais podem ser utilizados de diversas maneiras nas atividades de sala de aula, existe uma série de “pontos de partida” para a sua elaboração preliminar pelos alunos. Cada aluno pode construir seu mapa conceitual preliminar individualmente, dando ao professor um retorno quanto ao nível de compreensão dos assuntos abordados na elaboração do mapa. Nessa opção de construção individual, pode-se fazer com que os alunos trabalhem em conjunto por meio de uma Sopa de Conhecimento⁷, na qual eles possam partilhar proposições, mas não vejam os mapas uns dos outros; isso também pode ser feito por duplas ou pequenos grupos de alunos, sendo que, nesse caso, o professor deve estar atento ao nível de participação de cada um. (NOVAK; CAÑAS, 2010)

Os autores destacam pontos importantes que devem ser levados em consideração quando da construção do mapa conceitual em ambiente formal de aprendizagem. O primeiro diz respeito à necessidade de os alunos reconhecerem que todos os conceitos são, em alguma medida, inter-relacionados. Portanto, é necessário ser seletivo na identificação das ligações cruzadas e ser o mais preciso possível na seleção dos elementos de ligação que relacionam os conceitos. O segundo diz respeito a evitar o uso de frases (in)completas como conceitos, orientando-se o estudante a perceber que com os elementos presentes na frase podem-se construir outras subseções do mapa.

Também é importante salientar a inclusão de ligações cruzadas, que demonstram as relações entre conceitos nos diferentes segmentos ou domínios. Na construção de um conhecimento novo, as ligações cruzadas muitas vezes representam saltos criativos por parte do produtor do conhecimento. Para Novak e Canãs (2010), duas características nos mapas conceituais são importantes para a facilitação do pensamento criativo: a estrutura hierárquica e a capacidade de buscar e caracterizar novas ligações cruzadas.

Moreira (2010) também fornece orientações a alunos para a construção de mapa conceitual para a promoção da aprendizagem.

1. Identificar e listar de 6 a 10 conceitos-chave do conteúdo que vai ser mapeado.

⁷ Sopa de Conhecimento consiste em um “banco de dados” altamente organizado de frases simples, representando o crescente conhecimento do grupo. É através dessas sopas de conhecimento que a colaboração e o compartilhamento acontecem. Sopas de conhecimento têm muitas interpretações e podem ser exibidas de várias maneiras. Elas podem ser consideradas como um corpo de texto, uma codificação de um mapa conceitual grande ou uma coleção anotada de discussões entre alunos. (CAÑAS et al., 1995; CAÑAS et al., 2001)

2. Ordenar os conceitos do mais geral para o mais específico, num processo de diferenciação progressiva. Nessa ordenação, é preciso analisar o contexto em que os conceitos são considerados.
3. Conectar os conceitos com palavras que explicitem as relações entre eles, de forma a construir uma proposição que expresse o significado da relação.
4. Usar setas se se quer indicar o direcionamento da relação. Usar muitas setas pode transformar o mapa conceitual em um diagrama de fluxo.
5. Evitar palavras que indiquem relações triviais entre os conceitos e buscar relações horizontais e cruzadas.
6. Agregar exemplos, se necessário, sob os conceitos correspondentes.
7. Reconstruir o mapa, evitando relações pobres ou fracas e buscando relações mais pertinentes e significativas.
8. Compartilhar os mapas com os colegas e examinar os mapas produzidos por eles, questionando as relações e a inclusão ou omissão de conceitos. O mapa conceitual deve ser um instrumento para compartilhar, trocar e negociar significados.

Quanto a ações pedagógicas sob a responsabilidade do professor, os autores também sugerem orientações de procedimentos.

De acordo com Novak e Gowin (1984), para que os mapas conceituais sejam utilizados de maneira significativa, é necessário que o professor forneça orientações para os alunos, como:

1. eleger cuidadosamente os termos conceituais chave que se selecionam para servirem de base para o mapa;
2. ajudar os estudantes a irem buscar conceitos relevantes às suas estruturas cognitivas;
3. ajudar os alunos a construir proposições com os conceitos novos que foram propostos a eles e os conceitos que eles já conhecem, facilitando-lhes a escolha de palavras de ligação apropriadas para unirem os conceitos, ou mesmo ajudando-os a reconhecer outros conceitos mais gerais que encaixem na organização hierárquica;
4. ajudar os alunos a distinguir os objetos ou conceitos específicos dos conceitos mais inclusivos que esses acontecimentos ou objetos representam;

O produto final desta atividade de elaboração de mapas antes da instrução é um bom ponto de referência conceitual a partir do qual os estudantes podem construir significados mais ricos. Tal elaboração tem também a função de ilustrar o desenvolvimento conceitual. Após as etapas de instrução, os estudantes podem mesmo ficar surpreendidos ao verificarem o quanto eles elaboraram, clarificaram e relacionaram conceitos nas suas próprias estruturas

cognitivas. Não há nada que tenha maior impacto efetivo para estimular a aprendizagem significativa de um aluno que o êxito demonstrado ao obter conquistas substanciais na própria aprendizagem significativa.

Moreira (2010) também se volta para a ação do professor na utilização dos mapas conceituais como ferramentas de aprendizagem. Segundo ele, o professor poderá iniciar o contato do aluno com o mapa conceitual utilizando seu próprio mapa para iniciar, recapitular ou concluir tópicos de estudo. Nessa situação, o professor estaria adotando uma metodologia expositiva tradicional, já que ele próprio elaboraria e apresentaria o mapa. Essa opção se deve à necessidade de os alunos captarem o significado de mapa conceitual.

Após a compreensão do que seja um mapa conceitual, o professor pode dar aos alunos, organizados em pequenos grupos, a tarefa de construir mapas conceituais de tópicos da matéria da disciplina. Essa construção deve ser interativa, envolvendo negociações e questionamentos sobre conceitos e suas relações. O professor, por sua vez, deverá assumir o papel de mediador, interagindo intensamente com os grupos por meio de observações quanto a acertos e inadequações ao mesmo tempo em que relembra aos alunos alguns cuidados na elaboração do mapa, como, por exemplo, a necessidade de hierarquização.

Na sequência dessa atividade, os grupos devem apresentar os mapas para a classe, explicando-os. Moreira (2010, p. 55) salienta que esse ato é importante, porque mapas conceituais “não são autoexplicativos”. Quando a esse aspecto, embora se reconheça que o mapa pode apresentar um caráter muito pessoal, deve-se ponderar que ele precisa apresentar legibilidade; afinal, o mapa, dentro da situação pedagógica proposta pelo autor, deve ser construído e comunicado.

Depois da apresentação, o professor deve estimular a participação da classe por meio de comentários e reflexões críticas, tendo o cuidado de trabalhar a aceitação da diversidade de propostas, eliminando os conceitos de “certo” e “errado”, sem negligenciar, contudo, o seu papel quanto ao alerta de relações não aceitas no contexto da disciplina.

Por fim, o professor pode tentar construir com todos os alunos um mapa conceitual que seria o mapa do grande grupo. Mas deve ter o cuidado de enfatizar que as discussões podem ser mais importantes que o resultado final para a aprendizagem.

A proposta de Moreira – como o próprio autor destaca – insere-se numa perspectiva metodológica construtivista-interacionista, em que o professor assume o papel de mediador e o aluno o de agente de construção do conhecimento. Por fim, o autor ainda alerta que tais orientações não devem ser consideradas um receituário; o professor deve usar o mapa

conceitual da forma que lhe parecer adequada e as sugestões de procedimento poderão ajudá-lo nessa decisão.

Com respeito a aplicações dos mapas conceituais no processo de aprender a aprender, Novak e Gowin (1984) apontam algumas finalidades: a) explorar o que o aluno já sabe, determinando o ponto de partida conceitual para se avançar na assimilação de novo conhecimento; b) traçar um roteiro de aprendizagem, evidenciando o conhecimento de uma disciplina ao longo de um semestre, ou algumas semanas ou alguns dias de aula; c) extrair significados dos textos didático; d) extrair significado de trabalhos de laboratório ou de campo para perceber regularidades em acontecimentos ou objetos com que trabalham; e) ler artigos de jornais ou revistas; f) preparar trabalhos escritos ou exposições orais.

Um aspecto importante nas orientações de Novak, Cañas e Moreira diz respeito ao uso de metodologias de base construtivista-interacionista. Peña et al. (2005), por exemplo, define educação renovada, como aplicações de novos modelos de ensino e aprendizagem sintetizados em duas expressões: aprender a aprender e ensinar a pensar, as quais delimitam a orientação do trabalho em uma sala de aula. Para que isso seja efetivo, é necessário o desenvolvimento da mentalidade do professor no sentido de aperfeiçoamento e atualização profissional, em que ele apresente a habilidade de despertar a reflexão em seus alunos buscando aplicar as metodologias ativas e participativas.

Para esse autor, aplicar as metodologias participativas deu a ele uma nova perspectiva sobre a educação centrada no aluno, descobrindo novas dinâmicas e mudanças comportamentais nos discentes. Seu intuito é se aproximar da realidade de sala de aula, concentrando-se no aluno, construindo e compartilhando conhecimentos significantes e contextualizando a aprendizagem. Nesse processo de reflexão-ação, o uso dos mapas conceituais contribui amplamente para um aprendizado cooperativo favorecendo a interação entre os alunos e com o professor.

Johnson et al. (2000) definem a aprendizagem cooperativa como momento em que os alunos trabalham juntos para alcançarem os objetivos da aprendizagem compartilhada, isto é, a realização de processos que auxiliam os estudantes a interagir em conjunto para realizar um objetivo específico ou desenvolver um produto final, orientados pelo professor.

As relações pedagógicas construídas em sala de aula sejam elas entre aluno/professor ou aluno/aluno privilegiam o processo de ensino-aprendizagem, pois, a interação os incentiva a encontrarem seus próprios métodos de aprendizagem e a discuti-los amistosamente, trabalhando a empatia e a solução dos problemas a serem resolvidos.

Quando estudantes trabalham cooperativamente em grupos e usam mapas conceituais para guiar seu aprendizado, a assimilação dos conteúdos é significativamente maior. (NOVAK; CAÑAS, 2010).

Um ambiente de aprendizado centrado em mapas conceituais requer que todo o desenvolvimento de uma unidade ou módulo de ensino seja feito utilizando este instrumento. Nesse contexto, os mapas conceituais provavelmente serão usados como uma ferramenta para determinar o nível de compreensão que os alunos têm sobre o tópico a ser estudado antes de ele ser introduzido. Os mapas são então elaborados, ampliados e aprimorados à medida que os alunos realizam outras atividades relacionadas ao tópico e aumentam seu entendimento sobre ele, possivelmente gerando, ao final, modelos de conhecimento complexos que interligam fontes, resultados, experimentos, etc.

Desse modo deve-se revisar o mapa, reposicionar conceitos de modo a transmitir clareza e melhor estrutura geral, estando tudo pronto, já na versão final do mapa as informações devem estar organizadas de maneira clara e precisa, em que os conceitos estejam articulados com suas palavras chaves.

Essa atividade favorece a descoberta de boas palavras de ligação e a identificação de boas ligações cruzadas, levando à percepção de que cada conceito pode ser relacionado a qualquer outro conceito diferente, mas é necessário identificar as ligações cruzadas mais evidentes e úteis. Esse processo envolve o que o Bloom (1956 apud NOVAK; CAÑAS, 2010) identificou como níveis elevados de desempenho cognitivo, ou seja, avaliação e síntese do conhecimento. A produção de mapas conceituais é uma maneira fácil de estimular níveis muito elevados de desempenho cognitivo, quando o processo é bem realizado. Por esse motivo, a produção de mapas conceituais pode ser uma ferramenta poderosa para avaliação.

3.4 Mapas conceituais como instrumento de avaliação

A inserção dos mapas conceituais como ferramenta na prática pedagógica leva à questão da avaliação da produção dos alunos.

No processo de ensino-aprendizagem, a utilização de ferramentas auxiliares tem grande importância, considerando-se a recorrente dificuldade apresentada por jovens na assimilação dos conteúdos ministrados em sala de aula. Desse modo, faz-se necessário buscar suporte em ferramentas capazes de revelar a compreensão de conteúdos por parte dos discentes e, assim, traçar estratégias de aperfeiçoamento. Uma dessas ferramentas, como

vimos, são os mapas conceituais, que, como recursos para a promoção da aprendizagem, podem e devem ser avaliados no tocante a evidências de aprendizagem significativa.

É consenso entre os estudiosos que a avaliação dos mapas conceituais deve privilegiar a sua construção, voltando-se para a percepção de aprendizagem de cada indivíduo. Isso significa que se deve adotar a premissa de que não há mapas 100% corretos ou incorretos. Mas, por outro lado, não significa que não se deva pensar em critérios de avaliação. Vários autores propõem critérios que, de acordo com Silva (2014), utilizam diferentes escalas de avaliação, como, por exemplo, a quantitativa ou numérica (0 – 3) e a qualitativa ou conceitual (*excelente, bom, aceitável e inaceitável*). Apresentamos, sem qualquer juízo de valor, alguns desses modelos tomando-os apenas como parâmetros de referência de avaliação. (SILVA, 2014).

Bartels (1995), usando os mapas conceituais para promover conexões em Matemática, adotou uma escala de avaliação de acordo com três critérios: (a) conceitos e terminologia; (b) conhecimento das relações entre os conceitos; (c) habilidade de comunicação por meio de mapas conceituais. Os dois primeiros dizem respeito aos componentes do mapa conceitual e o último ao seu uso e função comunicativa. Cada critério foi desdobrado em itens com a respectiva pontuação, como mostra o Quadro 1.

Quadro 1 – Modelo de Bartels para avaliação do mapa conceitual

CRITÉRIOS	ITENS DE AVALIAÇÃO		PONTOS
Conceitos e terminologia	O aluno	mostra entendimento dos conceitos e princípios matemáticos e usa de forma apropriada terminologia e notações matemáticas.	3
		comete alguns erros quanto à terminologia matemática ou apresenta alguns equívocos no uso de conceitos matemáticos.	2
		comete muitos erros no uso da terminologia e mostra falta de compreensão de muitos conceitos matemáticos.	1
		não mostra qualquer compreensão sobre conceitos e princípios matemáticos.	0

“continua”

CRITÉRIOS	ITENS DE AVALIAÇÃO		“conclusão”
			PONTOS
Conhecimento dos relacionamentos entre conceitos	O aluno	identifica todos os conceitos importantes e mostra compreensão do relacionamento entre eles.	3
		identifica conceitos importantes, mas estabelece algumas conexões incorretas.	2
		estabelece muitas conexões incorretas.	1
		falha em usar quaisquer conceitos ou conexões apropriadas.	0
Habilidade de comunicação por meio dos mapas conceituais	O aluno	constrói um mapa conceitual completo e adequado e inclui exemplos; organiza os conceitos em hierarquia adequada e usa palavras de relação em todas as conexões; produz um mapa conceitual de fácil interpretação.	3
		insere quase todos os conceitos de forma hierárquica adequada e usa palavras de ligação na maioria das conexões; produz um mapa conceitual de fácil interpretação.	2
		insere somente alguns conceitos em hierarquia adequada ou usa somente poucas palavras de relação; produz um mapa conceitual de difícil interpretação.	1
		elabora um produto final que não é um mapa conceitual.	0

Fonte: Bartels, (1995). (Tradução nossa)⁸

O segundo modelo, de Novak e Gowin (1984), é estruturado em 5 (cinco) níveis, (Quadro 2). Os critérios elencados privilegiam exclusivamente o mapa conceitual como produto.

Quadro 2 – Modelo de Novak e Gowin para avaliação do mapa conceitual

CRITÉRIOS	DESCRIÇÃO (Questões de análise e pontuação)
Proposições	<p><i>A relação entre os conceitos é indicada por meio de palavra(s) de ligação? A relação é válida?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Para cada proposição significativa, atribui-se 1,0 ponto.
Hierarquia	<p><i>O mapa mostra hierarquia entre os conteúdos?</i></p> <p><i>Cada conceito mais específico é subordinado a um mais geral (acima) no contexto do conteúdo do mapa?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Para cada nível válido da hierarquia, atribuem-se 5,0 pontos.

“continua”

⁸ Todas as traduções deste trabalho são de nossa inteira responsabilidade.

CRITÉRIOS	DESCRIZAÇÃO (Questões de análise e pontuação)
Ligação Cruzada	<p><i>O mapa mostra conexões significativas entre um segmento da hierarquia de conceitos com outro segmento? A relação é significativa e válida?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Para cada ligação cruzada válida e significativa, atribuem-se 10,0 pontos; • Para cada ligação cruzada válida, mas que não aponta uma síntese entre os conjuntos de conceitos ou proposições relacionadas, atribuem-se 2,0 pontos. • Se houver ligações cruzadas originais e criativas, o professor pode atribuir pontuações extras.
Exemplos	<p><i>Eventos científicos ou objetos que são instâncias válidas de um conceito são apresentados como exemplo?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Para cada exemplo válido, atribui-se 1,0 ponto.

Fonte: Novak e Gowin (1984, adaptado por SILVA, 2014).

O terceiro modelo é o de Cronin, Dekker e Dunn (1982), que apresenta estrutura similar ao de Novak e Gowin (1984), como se vê no Quadro 3.

Quadro 3 – Modelo de Cronin, Dekker e Dunn para avaliação do mapa conceitual

CRITÉRIOS	DESCRIZAÇÃO/PONTUAÇÃO	
Conceito	<p>Conceitos são objetos, eventos, situações ou propriedades das coisas que são designados por um rótulo ou símbolo.</p> <p>Para cada conceito que está conectado, pelo menos, a outro conceito por meio de palavra(s) de relação, formando uma proposição.....</p>	1,0 ponto
Agrupamento	<p>Agrupamento são as maneiras que os conceitos podem ser ligados. Há três tipos de agrupamentos:</p> <p>(a) agrupamento de ponto: uma série de conceitos únicos emanam de um conceito</p> <p>(b) agrupamento aberto: três ou mais conceitos estão ligados em uma única cadeia</p> <p>(c) agrupamento fechado: os conceitos formam um sistema fechado (<i>loop</i>)</p>	<p>1,0 ponto</p> <p>2,0 pontos</p> <p>3,0 pontos</p>
Hierarquia	<p>Hierarquia é a representação dos conceitos numa estrutura em que os mais gerais, mais inclusivos, localizam-se no topo do mapa, enquanto os conceitos mais específicos localizam-se na extremidade inferior. Hierarquia de conceitos baseia-se na medida em que os conceitos estão presentes em níveis atribuídos (como designado pelo instrutor) conceitos corretamente atribuídos a um nível.....</p> <p>Um conceito localizado em um nível adequado.....</p> <p>Conceitos que estão no nível dois ou mais níveis removidos de um nível assinalado.....</p>	<p>4,0 pontos</p> <p>1,0 ponto</p> <p>0,0</p>

“continua”

CRITÉRIOS		“conclusão”
DESCRIÇÃO/PONTUAÇÃO		
Ramificação	<p>Ramificação de conceitos refere-se ao nível de diferenciação entre conceitos, na medida em que os mais específicos estão conectados aos mais gerais.</p> <p>Ramificação que tem ao menos duas linhas de instruções.....</p>	1,0 ponto
Proposição	<p>Relações entre conceitos são representados por palavras de que conectam dois os mais conceitos:</p> <p>(a) proposição simples é uma palavra ou uma frase.....</p> <p>Uso repetido de proposições simples.....</p> <p>(b) proposição científica é uma frase ou sentença que é composta por palavras técnicas e/ou científicas (2.0 pontos)</p> <p>Proposição.....</p> <p>Proposições técnicas e/ou científicas repetidas.....</p>	<p>1,0 ponto</p> <p>0,5 ponto</p> <p>2,0 pontos</p> <p>1,0 ponto</p>

Fonte: Cronin, Dekker e Dunn (1982).

O quarto modelo foi elaborado pela University of Minnesota (2004), em que a avaliação de natureza qualitativa se baseia em 5 (cinco) itens: *excelente*; *bom*; *adequado*; *inadequado*; e *inaceitável* para cada um dos 4 (quatro) parâmetros de referência: *estrutura*, *relacionamento*, *exploratório* e *comunicação*, como mostra o Quadro 4

Quadro 4 – Modelo da Universidade de Minnesota para avaliação do mapa conceitual

CRITÉRIO	Excelente	Bom	Adequado	Marginal	Inadequado
Estrutura	Estrutura não linear que prove uma imagem bem completa das ideias.	Estrutura não linear com uma imagem completa das ideias.	Estrutura linear que prova uma imagem das ideias.	Estrutura não linear que mostra algumas relações entre ideias.	Estrutura inapropriada
Relação	A importância relativa de ideias é indicada e há relações simples e complexas que foram eficazmente mapeadas.	A importância relativa de ideias é indicada e relações foram eficazmente mapeadas.	Importância relativa de ideias é indicada e relações são mapeadas.	Importância é evidente, mas não é muito distintiva e as relações são claras, mas há lacunas.	Não há diferenciação entre ideias e não se evidenciam relações significativas.

“continua”

CRITÉRIO	“conclusão”				
	Excelente	Bom	Adequado	Marginal	Inadequado
Exploratória	Mapa demonstra pensamento complexo e a relação significativa entre ideias, temas e conceitos.	Mapa demonstra pensamento eficaz e há relação significativa entre ideias, temas e conceitos.	Mapa demonstra pensamento definitivo e tem relações entre ideias, temas e conceitos.	Mapa demonstra algum pensamento sobre relações entre ideias, temas e conceitos.	Processo de pensamento não é claro.
Comunicação	Informação está presente e mostra alto nível de compreensão.	Informação está presente e mostra bom nível de compreensão.	Informação está presente e mostra nível básico de compreensão.	Informação está presente e há alguma compreensão.	Informação não está clara, muito difícil a compreensão.

Fonte: Universidade de Minnesota Digital Media Center (2004).

O quinto modelo desenvolvido por Mueller (2007) adota 4 (quatro) parâmetros de avaliação: (a) Legibilidade, (b) Precisão, (c) Completude, (d) Sofisticação, faz referência ao uso de conexões tidas como significativas entre conceitos relevantes. Demonstrados no Quadro 5.

Quadro 5 – Modelo de Mueller para avaliação do mapa conceitual

CRITÉRIOS	DESCRIÇÃO/PONTUAÇÃO	
Legibilidade	Fácil de ler e livre de erros de ortografia.	
	Não.....	0.0 – 1.0 ponto
	Sim	2.0 pontos
Precisão	Conceitos usados com precisão.	
	Muitas imprecisões.....	0.0 – 2.0 pontos
	Poucas imprecisões	3.0 – 4.0 pontos
	Não há imprecisões	5.0 pontos
Completude	Número suficiente de conceitos e relações relevantes. Uso limitado de conceitos e relacionamentos.....	0.0 – 2.0 pontos
	Alguns usos de conceitos e relacionamento.....	3.0 – 4.0 pontos
	Número suficiente de conceitos e relações.....	5.0 pontos

“continua”

CRITÉRIOS	“conclusão”	
	DESCRIÇÃO/PONTUAÇÃO	
Sofisticação	Encontrar conexões significativas entre conceitos relevantes.	
	Pouca ou nenhuma.....	
	Poucas conexões significativas realizadas.....	0.0 – 1.0 ponto
	Algumas conexões significativas realizadas	2.0 – 4.0 pontos
	Conhecimentos significativos e originais demonstrados	5.0 – 7.0 pontos
		8.0 pontos

Fonte: Mueller (2007).

O sexto modelo foi elaborado pelo National Computation Science Education Consortium (NCSEC, 2000) de Louisiana, Estado Unidos. Este modelo avalia o mapa conceitual com base em 3 (três) componentes: organização, conteúdo e cooperação, como demonstra o Quadro 6.

Quadro 6 – Modelo de NCSEC para avaliação do mapa conceitual

CRITÉRIO	Exemplar	Excede os padrões	Adequado aos padrões	Abaixo dos padrões
Estrutura	Bem organizado; Formato lógico Contém conceitos centrais; Contém um número apropriado de conceitos; Mapa é em “formato de árvore”. Segue o padrão dos mapas convencionais.	Cuidadosamente organizado; Fácil de compreender; Contém a maioria dos conceitos centrais; Contém um número adequado de conceitos; Segue o padrão dos mapas convencionais.	Organizado; Coerente; Contém somente alguns dos conceitos principais.	Confuso.
Conteúdo	As ligações entre as palavras demonstram entendimento conceitual superior; Ligações são precisamente “rotuladas”.	As ligações entre as palavras são fáceis de compreender, mas as ideias não estão claras. Ligações não estão precisamente “rotuladas”.	As ligações entre as palavras são claras, mas apresentam “falhas” lógicas. Ligações não são rotuladas.	Difícil de compreender; Não há ligações.

“continua”

CRITÉRIO	Exemplar	Excede os padrões	Adequado aos padrões	“conclusão”
				Abaixo dos padrões
Cooperação da Equipe	Extremamente bem trabalhada com a participação da equipe em todas as etapas; Foram respeitadas e complementadas as ideias dos membros das equipes.	Muito bem trabalhada com a participação da equipe em algumas etapas; Trabalhou em equipe para obter complementações de ideias.	Tentativa de trabalhar em equipe; Há ideias que não foram contempladas por outros da equipe.	Pouco e nenhum trabalho em equipe.

Fonte: National Computation Science Education Consortium (2000).

O último modelo, organizado por McMurray (2014), baseado no modelo de Novak e Gowin (1984). O modelo de avaliação tem 6 (seis) parâmetros: amplitude, interconectividade, ligações descritivas, ligações eficientes, aparência e progressão. Definiu-se 4 (quatro) escalas, semelhantes aos modelos acima: exemplar, bom, aceitável e inaceitável, como mostra o Quadro 7.

Quadro 7 – Modelo de McMurray para avaliação do mapa conceitual

CRITÉRIO	Exemplar	Bom	Aceitáveis	Inaceitáveis
Amplitude	O mapa inclui os conceitos mais importantes e os descreve em múltiplos níveis.	O mapa inclui os conceitos mais importantes e os descreve em um número limitado de níveis.	Os conceitos mais importantes são perdidos e/ou esquecidos e os descreve e em apenas um nível.	O mapa inclui poucos conceitos importantes.
Conectividade	Todos os conceitos interligados com vários outros.	A maioria dos conceitos interligados com outros.	Vários conceitos ligados a outros conceitos.	Alguns conceitos ligados a outros conceitos.
Uso de Ligações Descritivas	As ligações sucintas e precisas descrevem todos os relacionamentos	As ligações são descritivas e válidas para a maioria dos relacionamentos	Algumas ligações são pouco claras, vagas; com relacionamentos inválidos.	As ligações são vagas e mostram relacionamentos inconsistentes.
Eficiência das Ligações	Cada tipo de ligação é distinto de todas outras, descreve claramente o relacionamento.	A maioria das ligações é distinta das outras; discriminam conceitos; demonstra uma variedade de relacionamentos usados de maneira consistente.	Muitas ligações são sinônimas; não discriminam os conceitos corretamente; não mostram uma variedade de relações; usado de forma inconsistente.	A maioria das ligações é sinônima ou descreve vagamente as relações e não são distintas de outras ligações.

“continua”

CRITÉRIO	Exemplar	Bom	Aceitáveis	“conclusão”
				Inaceitáveis
Layout	O mapa está presente em uma única página, possui várias hierarquias claras, é bem definido e fornece um número suficiente de exemplos relevantes com muitas ligações.	O mapa está em uma única página, tem várias hierarquias claras, é bem definido e fornece um número suficiente de exemplos com algumas ligações.	O mapa não está em uma única página, tem hierarquias pouco claras, é mal definido e fornece alguns exemplos relevantes com algumas ligações.	O mapa não está em uma única página, é confuso para sem uma hierarquia organizada.
Desenvolvimento ao Longo do Tempo	O mapa final apresenta uma progressão cognitiva considerável desde o início do mapa e demonstra uma grande profundidade de compreensão do assunto.	O mapa final apresenta alguma progressão cognitiva desde o início do mapa e demonstra profundidade de compreensão do assunto.	O mapa final apresenta uma progressão cognitiva mínima desde o início do mapa e um pouco de profundidade de compreensão do assunto.	O mapa final não apresenta nenhuma progressão cognitiva desde o início do mapa e não demonstra profundidade acerca do assunto.

Fonte: McMurray (2014).

Uma comparação entre os diferentes modelos acima apresentados permite identificar o partilhamento de aspectos comuns. Com diferentes terminologias, os modelos privilegiam a validade do conteúdo e a exatidão do mapa, quanto à sua configuração. Os mapas conceituais são geralmente classificados e/ou avaliados por meio de rubricas – registros, anotações, apontamentos e indicação dos conceitos gerais do mapa a ser desenhado. Portanto, quanto mais elementos segundo os modelos propostos por Novak e Gowin (1984) e Cronin, Dekker e Dunn (1982), for encontrado no mapa conceitual, mais completo ele será. Cabe lembrar que não há um mapa conceitual correto ou incorreto; entretanto, é possível identificar aquele que está mais completo de acordo com esses modelos.

Contudo, os mapas também são avaliados a partir de outros critérios com base em aspectos distintos. O modelo proposto por Bartels (1995), enfatiza a habilidade de se comunicar através dos mapas, analisando como os conceitos principais são levados ao leitor. A Universidade de Minnesota (2004) realiza a sua avaliação baseada em escalas, pontuando a comunicação e os elementos principais que estão inseridos no mapa. O modelo proposto por Muller (2014) analisa em maior escala o aspecto visual do mapa; já a avaliação de

NCSEC (2000), visa entender a construção do mapa priorizando a colaboração coletiva. O último exemplo de avaliação de McMurray (2014), traz uma análise não só do resultado final do mapa, mas também, o seu desenvolvimento como um todo, desde os primeiros conceitos inseridos até sua finalização; em outras palavras, ele propõe uma avaliação do produto e do processo.

Todos os modelos propostos exploram a avaliação da aprendizagem como um processo educativo. Essas formas de avaliação trazem diagnósticos da incorporação dos mapas conceituais no ambiente de sala de aula como estratégia de ensino que prevê aberturas para as incertezas, pois eles permitem explicitação das idiossincrasias presentes na estrutura cognitiva dos alunos. Um aspecto relevante nessas formas de avaliação é o desafio em lidar com a incerteza e a subjetividade; por outro lado, surgem oportunidades para diálogos e interações entre estudantes e professor. Isso rompe um dos paradigmas vigentes na maioria das salas de aula, em que somente o professor tem direito de julgar no processo avaliativo da produção intelectual dos estudantes. De acordo com Novak (2010), estratégias de ensino que enfatizam o relacionamento do conhecimento novo com o conhecimento já existente do aprendiz favorecem a aprendizagem significativa. Estratégias de avaliação que incentivam os aprendizes a relacionar as ideias que possuem com novas ideias também incentivam essa aprendizagem. O mapa conceitual abre diversas possibilidades para que ocorra o diálogo e a aproximação entre o aluno e o professor.

4 METODOLOGIA

Neste capítulo, apresenta-se o processo metodológico adotado, conduzido da perspectiva da abordagem qualitativa.

4.1 Contexto da pesquisa

Esta pesquisa foi realizada com 21 alunos do 1º Ano (oriundos, na sua maioria, do Ensino Fundamental II da própria escola) e 8 alunos 3º anos do Ensino Médio (oriundos, na sua maioria de outras escolas públicas e privadas) de uma escola privada da cidade de Pindamonhangaba-SP. As atividades foram desenvolvidas nas duas aulas ministradas no contraturno, cujo objetivo, de acordo com o Plano de Ensino, é desenvolver projetos. Ressalta-se que as atividades foram desenvolvidas com as duas turmas separadamente. Os alunos participantes da pesquisa foram consentidos pelos pais ou responsáveis, por meio do **Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE C)**.

O curso segue material apostilado, do qual consta, ao final de cada módulo, uma representação visual estruturada, denominada “organizador gráfico”. O tópico *genética humana*, focalizado na etapa 4, foi estudado pela primeira vez pelos alunos do 1º ano, que, embora tenham tido contato com o assunto *célula* no 7º e 8º ano, não tinham conhecimento ampliado e aprofundado sobre ele, necessitando, portanto, da assimilação de novos conceitos. Quanto aos alunos do 3º ano, trata-se de uma revisão do conteúdo estudado no 1º ano, o que, em princípio, não exigiria a assimilação de novos conceitos. No entanto, em qualquer dos casos, constata-se uma lacuna: a inexistência de articulação entre micro e microbiologia.

Para preservar a privacidade dos sujeitos da pesquisa, foi adotada a identificação por números e letras, relativamente às turmas e aos grupos de alunos, respectivamente, precedidos da palavra “grupo” (Grupo1.A / Grupo 3.A). Os membros do grupo foram identificados por nomes fictícios. Adotou-se o desempenho dos alunos como critério de formação dos grupos, o que lhes conferiu um caráter de heterogeneidade. Essa decisão se respalda no conceito de zona de desenvolvimento proximal de Vygotsky (v. capítulo 2) e seu funcionamento. A realização das atividades em grupos se justifica por tratar-se de uma estratégia pedagógica que tem grande potencial para facilitar a aprendizagem significativa na medida em que viabiliza o intercâmbio, a negociação de significados e leva o professor a assumir o papel de mediador. (MOREIRA, 2012, p. 51).

4.2 Etapas e Procedimentos

Inicialmente, foram formados três grupos com os alunos do 3º ano e seis grupos com os do 1º ano. A partir da 4ª etapa da metodologia, foi feita uma reorganização dos grupos do 1º ano, devido à transferência de três alunos; desse modo, a turma foi dividida em cinco grupos.

A metodologia adotada teve abordagem qualitativa, usando como fonte de dados os mapas conceituais construídos pelos sujeitos da pesquisa.

A metodologia foi desenvolvida nas etapas abaixo.

1º Etapa: Primeiro contato com os elementos, estruturação e funcionamento do mapa conceitual (3 aulas)

- Introdução à construção de mapas conceituais: elementos constitutivos (conceitos, relações, proposições) e estruturação (com exemplificação).
- Leitura de um texto criado pela professora-pesquisadora com a seguinte questão-focal: *Como se constituem e se classificam as células?* e apresentação do mapa conceitual correspondente. (APÊNDICE A) O texto e a questão formulada favorecem a construção de um mapa conceitual informativo, que privilegia definições e classificação. Esse tipo de mapa não é adequado se se quer que o aluno construa o conhecimento a partir de uma questão desafiadora. No entanto, neste momento de aplicação dos procedimentos metodológicos, essa opção se justifica, pois o foco se volta para a construção de mapas, com o objetivo de familiarizar o aluno com essa ferramenta.
- Elaboração de um relatório sobre a compreensão e perspectivas sobre o uso dos mapas conceituais.
- Apresentação e download do programa *CmapTools*.
- Elaboração de um mapa conceitual para familiarização com a ferramenta, a partir da questão foco: “Quem sou eu?”. Análise, devolução, discussão e reelaboração do mapa conceitual.

2º Etapa: Complementação de mapas conceituais, envolvendo os temas sistema digestório e sistema respiratório, já estudados nas séries em curso, durante as aulas regulares (4 aulas)

- Complementação de um mapa sobre sistema digestório humano. Nesta etapa, os alunos, divididos em grupos de 3 a 4, completaram um mapa contendo apenas relações com conceitos elencados num estacionamento em ordem alfabética. O material foi produzido pela professora-pesquisadora (APÊNDICE B). Os mapas foram enviados ao final da aula.
- Repetição do processo anterior, com o tema sistema respiratório, em que os mesmos grupos realizaram a complementação do mapa com **relações elencadas no estacionamento**. O material foi produzido pela professora-pesquisadora. (APÊNDICE B) Os mapas foram enviados ao final da aula.
- Entrega de um relatório em que o grupo deveria expor o processo usado para a resolução do exercício. Análise do relatório nos resultados
- Resolução do exercício com a participação de todos os alunos em dois momentos distintos. (atividade coletiva).

3ª Etapa: Construção de um mapa conceitual (4 aulas)

- Leitura de um texto sobre fermentação biológica, contido no material didático adotado na escola. Trata-se de conteúdo já estudado em sala.
- Construção de um mapa conceitual sobre o assunto do texto lido. Para isso, foram mantidos os mesmos grupos da etapa anterior, que, após a leitura em conjunto, desenvolveram o mapa.
- Proposta de complementação do mapa. Como última atividade desta etapa, foi proposto o acréscimo do terceiro tipo de fermentação, a acética. Os grupos buscaram a informação na internet e integraram esse terceiro tipo no mapa geral de fermentação. O mapa foi enviado para a professora-pesquisadora.
- Análise dos trabalhos pela professora-pesquisadora e discussão dos resultados com cada grupo.
- Reorganização e envio do mapa elaborado a partir de questionamentos feitos pela professora-pesquisadora, seguida de construção coletiva de um único mapa conceitual, utilizando-se uma lousa digital.

Questão-foco: *Para que precisamos da fermentação biológica?*

4º Etapa: Construção de mapas conceituais como organizadores dos conhecimentos, privilegiando uma visão holística da micro e microbiologia (9 aulas)

- Nesta etapa, foi requerida dos estudantes a articulação dos conceitos aprendidos na microbiologia (material genético, organelas celulares, metabolismo celular e células) relacionados com a microbiologia (anatomia e fisiologia). Para isso, os grupos realizaram, a partir de uma questão-focal, a construção de um mapa conceitual, no programa de computador *IHMC CmapTools*.
- A questão teve como intuito despertar no aluno a visão holística da biologia de maneira em que ele atrelasse o metabolismo celular ao funcionamento do corpo humano. Para isso, foram utilizados os seguintes critérios para a formulação das perguntas:
 - a) As questões apresentaram dois eixos em que o primeiro dizia respeito ao campo da microbiologia (cujos elementos desempenharam o papel de causa de um efeito) e o segundo, da microbiologia. O Quadro 8 mostra esses níveis e os elementos correspondentes à questão.

Quadro 8 – Eixos da micro e microbiologia

Questão-focal	NÍVEL MICROBIOLÓGICO	NÍVEL MACROBIOLÓGICO
1	divisão celular – meiose	variabilidade genética
2	ação do monóxido de carbono nas células sanguíneas	desempenho muscular
3	mau funcionamento do glicocálix	formação de tumores

Fonte: Autora

- b) Privilegiou-se a questão com foco em “*como*” (implícito, como na primeira questão, ou explícito) com o objetivo de favorecer a articulação entre os dois eixos.
- c) A indagação recaiu na relação de causa-consequência exigindo uma articulação explícita entre os eixos;
 - 1 *O processo de divisão celular meiose favorece a variabilidade genética no planeta?*
 - 2 *Como o monóxido de carbono age nas células sanguíneas de modo a interferir no desempenho muscular de um atleta?*
 - 3 *Como o mau funcionamento do glicocálix pode resultar no desenvolvimento de tumores?*

- O mapa conceitual relativo à 1ª questão-focal foi construído a partir de estacionamento (com conceitos obrigatórios), sendo necessário o acréscimo de outros conceitos para a articulação adequada dos dois eixos.

Cromossomos	Variabilidade genética
DNA	Ovócito
Gametas	Espermatozoide
Células diploides	Fecundação
Células haploides	Desenvolvimento
Reprodução sexuada	Evolução
Troca de gametas	Divisão celular
Hereditariedade	

- As questões 2 e 3 apresentaram os seguintes pressupostos, respectivamente:
Pressuposto: a presença de monóxido de carbono nas células sanguíneas interfere no desempenho do atleta.
Pressuposto: o mau funcionamento do glicocálix pode levar ao desenvolvimento de tumores.
- A pesquisa sobre os temas ficou sob a responsabilidade dos grupos, não sendo fornecido qualquer material de consulta ou orientação por parte da professora-pesquisadora.
- A montagem dos mapas conceituais relativos à questão 2 foi registrada pontualmente em gravações de vídeos, privilegiando os momentos de discussão, com o intuito de observar o processo de construção, que envolve a negociação e argumentação, e articulações dos conhecimentos organizados no mapa conceitual. Os sujeitos da pesquisa foram identificados por nomes fictícios.
- Durante todo o processo da etapa 4, foi utilizado o recurso Gravador do *Cmap*, que registra todos os passos da construção dos mapas, permitindo observar os movimentos de inserção e retirada de conceitos e palavras de ligação durante as interações.

Etapla complementar

A inserção dessa etapa complementar está alicerçada no seguinte motivo. Embora a aplicação dos mapas conceituais tenha se completado no fim de 2016, conforme previa o projeto de pesquisa, a professora-pesquisadora constatou, no 1º semestre de 2017, que os alunos do 1º ano, agora no 2º ano, apresentavam, espontaneamente, em forma de mapas conceituais, um resumo dos tópicos que integrariam as avaliações do bimestre. Essa atividade é exigida pela escola, com o objetivo de preparar os alunos para tais avaliações. Além disso, eles passaram a usar a ferramenta em outras disciplinas, também por iniciativa própria e consentimento dos professores. Como resultado, houve melhoria no desempenho em Biologia dos sujeitos da pesquisa, de acordo com avaliações internas (preparadas pela professora-pesquisadora) e externas (elaboradas pelo sistema de ensino adotado na escola e aplicadas em todas as unidades do país).

Inicialmente, foi realizada uma retomada dos princípios de elaboração dos mapas conceituais, demonstrando como é difícil a interpretação de mapas sem hierarquia, com caixas de conceitos preenchidas com segmentos de texto, palavras de ligação que não fornecem sentido à proposição. Também foi ressaltado o relevante papel das setas na leitura do mapa, que indicam ao leitor qual o caminho a seguir. (2 aulas)

Posteriormente, foi requerido que os estudantes fizessem a análise de mapas conceituais de outros alunos, evidenciando o que eles consideravam como inadequações ou estruturas que dificultavam a leitura desses mapas. Após essas intervenções, os estudantes receberam os mapas construídos por eles próprios no segundo semestre de 2016 para fazerem uma reanálise e mudarem aquilo que eles consideravam inadequado. (2 aulas)

Em seguida, foi proposta aos alunos uma nova questão-focal para a construção de novo mapa conceitual. A questão trouxe dois assuntos já estudados pelos alunos: as protozooses e anatomia do sistema circulatório, que engloba doenças cardíacas. Esses tópicos tinham sido estudos separadamente. (2 aulas)

A elaboração da nova questão-focal seguiu os mesmos critérios apresentados no início da etapa.

Como os indivíduos infectados com protozoários podem desenvolver insuficiência cardíaca?

Pressuposto: Pessoas que foram infectadas por protozoários estão sujeitas ao desenvolvimento de insuficiência cardíaca.

Essa questão-focal encaminhava o aluno para buscar um elemento de relação entre os dois tópicos: a doença de Chagas. A intenção foi proporcionar a inserção de um novo conceito na estrutura cognitiva do aluno, favorecendo o enriquecimento do significado dos conceitos e a determinação de novas relações.

Com os dados da pesquisa já coletados (os mapas conceituais desenvolvidos nas diversas etapas), e considerando o objetivo geral desta investigação (desenvolver uma visão holística dos fenômenos biológicos com suas entidades e processos, articulando a micro e a macrobiologia) e as propostas de avaliação de mapas conceituais apresentadas no item 3.4, construiu-se e adotou-se o seguinte modelo de avaliação (Quadro 9).

Quadro 9 – Modelo de avaliação do mapa conceitual adotado nesta pesquisa

ITENS DE ANÁLISE	CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO			
	DESCRIPTORIOS			
	EXCELENTE	BOM	SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Conceitos	O MC apresenta todos os conceitos necessários para responder à questão-focal.	O MC apresenta a maioria dos conceitos necessários para responder à questão-focal.	O MC apresenta alguns conceitos para responder à questão-focal.	O MC não apresenta conceitos adequados e necessários para responder à questão-focal.
Relações	As relações entre os conceitos são feitas por palavras adequadas e semanticamente pertinentes.	As relações entre os conceitos são feitas, na sua maioria, por palavras adequadas e semanticamente pertinentes.	As relações entre os conceitos são feitas por apenas algumas palavras adequadas e semanticamente pertinentes.	As relações entre os conceitos são feitas por palavras inadequadas e não dão sentido à proposição.
Hierarquia	O MC é elaborado a partir dos conceitos mais inclusivos para os menos inclusivos.	O MC é elaborado com a maioria dos conceitos organizados hierarquicamente.	O MC é elaborado com alguns conceitos hierarquicamente invertidos.	O MC não apresenta relações hierárquicas.
Ligações cruzadas	O MC apresenta várias ligações cruzadas e demonstra as relações entre os subdomínios do mapa.	O MC apresenta as principais ligações cruzadas e demonstra as relações entre os subdomínios do mapa.	O MC apresenta algumas ligações cruzadas e demonstra as relações entre os subdomínios do mapa.	O MC não apresenta ligações cruzadas entre subdomínios do mapa.

“continua”

“conclusão”

ITENS DE ANÁLISE	CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO			
	DESCRIPTORIOS			
	EXCELENTE	BOM	SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Legibilidade	O MC possibilita a construção do sentido global norteado pela questão-focal e explicitado por conceitos e relações	O MC possibilita a construção do sentido global norteado pela questão-focal, mas mantém implícitas algumas relações.	O MC possibilita a construção do sentido global norteado pela questão-focal, mas mantém implícitas várias relações.	O MC não permite a construção do sentido global.
Articulação entre micro e macro biologia	O MC responde à questão-focal, apresenta conceitos e relações centrais e estabelece relações entre micro e macrobiologia.	O MC responde à questão-focal, apresenta a maioria dos conceitos e relações centrais e estabelece em parte relações entre micro e macrobiologia.	O MC responde à questão-focal, apresenta parte dos conceitos e relações centrais e estabelece algumas relações entre micro e macrobiologia.	O MC não responde a questão-focal, não apresenta a maioria das relações centrais e não realiza articulação entre a micro e a macrobiologia.

Fonte: Autora

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados são apresentados por etapa, seguindo a sequência metodológica apresentada no capítulo anterior.

Etapa 1:

a) Avaliação geral do primeiro relatório.

A análise dos relatórios mostrou que os alunos do 1º e do 3º Ano apresentaram boa compreensão de como deve ser construído o mapa conceitual e como deve ser utilizada a ferramenta *CmapTools*, a partir da explicação da professora-pesquisadora. Todos os relatórios demonstravam como deveriam ser feitas as proposições (conceito + palavra de ligação + conceito), bem como a opinião deles sobre essa ferramenta e como ela poderia auxiliá-los em seus estudos.

Os alunos do 3º ano relataram que essa ferramenta simplifica o estudo uma vez que organiza a matéria e fica mais fácil a sua compreensão. Também disseram que os mapas conceituais podem ajudá-los em qualquer disciplina, melhorando o seu desempenho quanto à assimilação. Houve também aqueles que pensaram na utilização dos mapas conceituais em seu futuro acadêmico e profissional, devido a sua maneira facilitadora de conectar diferentes ideias para um mesmo propósito. Segundo eles, essa ferramenta estimula o foco na descoberta e recordação de informações obtidas.

Os alunos do 1º ano relataram que os mapas conceituais representam o conhecimento e ajudam a construir o conhecimento novo, além de contribuir para a compreensão dos conceitos de forma resumida. Eles disseram que a partir dessa ferramenta aprenderam uma nova maneira de estudar, pois os mapas conceituais auxiliam na organização das informações fazendo uma síntese gráfica do conteúdo. Assim como os alunos do 3º ano, eles acreditam que aprendem mais rápido com os mapas, pois eles permitem o acesso direto à informação de que precisam sem procurar em um texto.

b) Mapa *Quem sou eu?*

O primeiro mapa construído pelos alunos no programa *CmapTools* a partir da questão-focal: “*Quem sou eu?*” mostrou que os alunos construíram os mapas dividindo-o entre três e quatro categorias sendo as principais divisões: onde nasceram, onde estudam, do que mais gostam e do que não gostam. Dentre todos os mapas analisados, apenas 20%

apresentaram-se de forma hierárquica, e a grande maioria apresentou, em alguma parte de seu mapa, palavras de ligação que não estabeleciam sentido formando uma proposição.

Nesse primeiro mapa, notou-se que os alunos ainda não percebem a necessidade das relações com sentido em que as informações podem estabelecer interconexões e que, para facilitar sua leitura, ele deve estar organizado e subdividido em conceitos relevantes para o que se quer mostrar. Na reelaboração após a discussão, os alunos demonstraram, compreensão da organização hierárquica do mapa.

2ª Etapa

a) Análise dos conceitos e relações

No preenchimento do mapa sobre o sistema digestório a partir de um estacionamento de conceitos, verificou-se que os grupos 3A e 3B preencheram acertadamente; o grupo 3C e todos os grupos do 1º Ano apresentaram alguma inadequação no preenchimento. Essas incorreções variaram do acréscimo ou eliminação de conceitos até o preenchimento incorreto, o que provocou relações inadequadas como “fígado produz nutrientes” ou “pâncreas armazena glicose”. A Figura 4 mostra o resultado da atividade.

Figura 4 – Porcentagem de preenchimentos corretos e parcialmente adequados

Fonte: Autora

A Figura 5 apresenta um exemplo de preenchimento inadequado quanto aos conceitos.

Figura 5 – Mapa conceitual com preenchimento inadequado de conceitos

Fonte: Autora

Uma hipótese de explicação para essa inadequação conceitual pode estar na indistinção do significado dos verbos *produzir* e *armazenar* associados aos conceitos *pâncreas* e *fígado*, também, uma inserção mecânica e sem reflexão. Isso pôde ser verificado pela análise dos passos realizados no preenchimento (acionado o recurso **Gravador do Cmap**, disponível no programa utilizado) mostrando a inserção e retirada do conceito “insulina”, que acabou sendo eliminado na versão final.

No preenchimento do mapa sobre o sistema respiratório a partir de um estacionamento de relações, dois grupos do 3º Ano e três grupos do 1º Ano completaram acertadamente enquanto os outros grupos, apenas parcialmente. A Figura 6 apresenta as porcentagens relativas a esses resultados.

Figura 6 – Porcentagem de preenchimentos adequados de relações no mapa conceitual

Fonte: Autora

A Figura 7 apresenta o preenchimento inadequado quanto às relações.

Figura 7 – Mapa conceitual com preenchimento inadequado de relações

Fonte: Autora

A única inadequação das relações estabelecidas diz respeito ao que se predica à faringe: *a faringe não é **responsável** pela circulação do ar, mas é o órgão **onde ocorre** a passagem do ar*. As outras inadequações são relativas, pois entre “*ser responsável por*” e “*realizar*” há em comum a noção de agentividade: *A expiração e a inspiração realizam/são responsáveis por a eliminação do gás carbônico e a absorção de oxigênio*, respectivamente. No entanto, há que se considerar a inobservância de aspectos gramaticais relativos à concordância, que poderiam funcionar como pistas para o estabelecimento das relações.

b) Análise dos relatórios

A análise dos relatórios mostra que 67% dos alunos tiveram maior dificuldade em complementar o mapa das palavras de ligações, alegando que, para dar sentido à proposição, a escolha delas para o mapa conceitual é fundamental, o que significa que, segundo eles, encontrar conceitos é mais fácil do que relacioná-los. A maioria dos alunos também relatou que a atividade, embora mais complexa, facilitou o entendimento do tópico.

Também foi possível identificar que, apesar de a professora-pesquisadora pedir aos estudantes relatarem qual o processo que eles utilizaram para realizar essas atividades, eles restringiram-se apenas a avaliar a dificuldade ou facilidade encontrada, muitas vezes repetindo as avaliações do primeiro relatório (1º Etapa). Isso pode ser um indício de que eles não estão acostumados a realizar processos metacognitivos.

3ª Etapa

a) Elaboração de mapas conceituais sobre fermentação

Foi verificado a partir dos mapas conceituais que 83% dos grupos do 1º ano e 67% dos grupos do 3º ano tinham problemas com a hierarquização dos conceitos, principalmente após a inserção de um novo conceito (fermentação acética) que foi dado no fim da atividade como um desafio aos grupos, de forma que todos tiveram que reorganizar o seu mapa. Apenas 33% dos alunos do 1º ano (2 grupos) e do 3º ano (1 grupo) realizaram a ligação cruzada com o novo conceito adicionado ao seu mapa e 83% dos alunos do 1º ano e todos do 3º ano, não definiram quais os tipos de microrganismos atuavam nos diferentes tipos de fermentação, embora a informação, necessária para a compreensão do processo estivesse disponível. Quanto a inserção do terceiro tipo de fermentação, os grupos que não estabeleceram a relação podem ter sido guiados pela ideia de que deveriam acrescentar a

fermentação acética como uma categoria subordinada ao conceito superordenado de “fermentação”, desconsiderando sua subordinação à fermentação alcoólica.

Essa ausência de relação entre a fermentação alcoólica e acética pode ter sido provocada pelos textos consultados. A análise desta etapa mostrou que apenas 11% de todos os alunos participantes da pesquisa buscaram no material didático impresso o conteúdo sobre a fermentação acética; o restante buscou as informações na Internet. Verificadas as fontes de consulta, observou-se que, em apenas um texto, foi apresentada a continuidade entre a fermentação alcoólica e a acética. Assim, de maneira geral o material impresso ou eletrônico apresenta de forma fragmentada esse tópico. A esse respeito, Ausubel (2003) destaca a compartimentação de tópicos em capítulos e subcapítulos dos materiais didáticos e – acrescente-se a isso – organização curricular, sustentada no pressuposto equivocado de que a prática pedagógica é adequada

se os tópicos sobrepostos forem tratados de modo autônomo, de forma a apresentar-se cada tópico apenas num dos vários contextos possíveis, sempre que a consideração seja relevante e garantida. [...] Por isso, faz-se pouco esforço, de forma explícita, para se explorarem as relações entre ideias relacionadas para se indicarem semelhanças e diferenças significativas, para se reconciliarem as inconsistências reais ou aparentes e para se combinar ou integrar ideias semelhantes que sejam logicamente relacionais umas com as outras. (AUSUBEL, 2003, p. 168).

A Figura 8 apresenta as porcentagens de acertos relativas a esses resultados, considerando-se os seguintes aspectos: hierarquia, tipos de micro-organismos e articulação entre fermentação alcoólica e acética.

Figura 8 – Porcentagem de acertos na construção do mapa conceitual a partir do texto de fermentação biológica

Fonte: Autora

Após os questionamentos levantados pela professora-pesquisadora, os grupos discutiram e reorganizaram os seus mapas, que também foram analisados. Quanto à hierarquização e os tipos de micro-organismos, houve melhoria. No entanto, quanto à relação entre a fermentação alcoólica e a acética, apenas os grupos do 1º ano melhoraram.

A Figura 9 apresenta as porcentagens relativas a esses resultados.

Figura 9 – Porcentagem de acertos de construção do mapa conceitual fermentação biológica após discussão

Fonte: Autora

As Figuras 10 e 11 apresentam, respectivamente, a construção parcialmente e completamente adequada de um mapa conceitual sobre fermentação biológica.

A partir da análise dos mapas antes e após os questionamentos e discussão, é possível afirmar que o processo levou o aluno a repensar e reanalisar o seu mapa; a inserção de novos conceitos pode favorecer a criação de novas ideias e reorganização das ideias já construídas, deixando o mapa conceitual mais claro e possibilitando as ligações cruzadas entre as proposições. De modo geral, os alunos conseguiram selecionar corretamente as informações principais do texto para serem inseridas em seus mapas, demonstrando que, para desenvolverem essa atividade foi necessária uma boa compreensão do texto utilizado.

Figura 10 – Mapa conceitual com inadequação quanto à hierarquização, tipos de micro-organismos e articulação entre fermentação alcoólica e acéticas

Fonte: Arquivo autora (dados dos sujeitos da pesquisa)

Figura 11 – Mapa conceitual construído corretamente após discussão

Fonte: Arquivo autora (dados dos sujeitos da pesquisa)

4ª Etapa

A análise dos mapas elaborados pelos sujeitos da pesquisa na 4ª etapa, à luz do modelo de avaliação adotado (Quadro 9), foi realizada a partir de cada questão-focal. Além disso, foram analisadas separadamente as produções dos alunos do 1º e 3º ano. Os resultados encontram-se nas Figuras de 12 a 20.

1. Questão-focal: O processo de divisão celular meiose favorece a variabilidade genética no planeta?

Figura 12 – Porcentagem da análise referente aos mapas conceituais dos alunos 1º Ano

Fonte: Autora

Foi observado que alguns grupos tiveram dificuldades em elaborar as proposições com as palavras fornecidas no estacionamento (p. 57). Quanto às relações, hierarquia e legibilidade, apresentaram bom desempenho. Alguns grupos não utilizaram todas as palavras fornecidas, faltando, então, conceitos para serem explicados, como demonstrado na Figura 13. Metade dos sujeitos da pesquisa não realizaram ligações cruzadas, o que afetou diretamente sua compreensão em articular a fisiologia da divisão celular com a diversidade genética no planeta.

Figura 13 – Mapa conceitual construído sem a utilização de vários conceitos do estacionamento

Fonte: Arquivo autora (dados dos sujeitos da pesquisa)

Na proposição destacada pelo círculo vermelho fica evidente a falta de atenção em relação aos processos da divisão celular, em que a mitose é responsável principalmente pelo crescimento e regeneração. O grupo não explica como a meiose favorece a variabilidade genética, provavelmente não estabelecendo os processos de reconciliação integrativa; isso pode ser verificado na falta de articulação e explicação entre o conceito de *crossing over* e o conceito *evolução* assinalados pelas setas.

A Figura 14 mostra os resultados relativos ao 3º Ano.

Figura 14 – Porcentagem da análise referente aos mapas conceituais dos alunos 3º Ano

Fonte: Autora

No 3º ano foi percebido que os grupos não tiveram dificuldades em aplicar as palavras do estacionamento em seus mapas demonstrado na Figura 15. Apenas um grupo não conseguiu realizar as ligações cruzadas, muitas vezes repetindo conceitos em vez de ligá-los, o que possivelmente reflete a falta de articulação entre micro e macrobiologia. Quanto à hierarquia e legibilidade, todos apresentaram desempenho razoável, pois inverteram alguns níveis de inclusão e deixaram implícitas algumas relações, respectivamente. Aqueles que utilizaram todas as palavras fornecidas no estacionamento demonstraram bom desempenho. Assim, a maioria dos grupos mostrou como os processos microbiológicos da divisão celular afetam diretamente a evolução no planeta.

A Figura 15 traz um mapa conceitual bem avaliado de acordo com o critério adotado. (Quadro 9).

Embora algumas palavras de ligação estejam inadequadas, o mapa conceitual apresentou explicações e ligações para todos os conceitos fornecidos pelo estacionamento. Dessa forma, é possível que o processo de reconciliação integrativa tenha ocorrido na elaboração desse mapa conceitual. Destaca-se ainda que a articulação entre o nível microbiológico e o macrobiológico foi alcançada (destaque em vermelho).

Figura 15 – Mapa conceitual construído com todos os conceitos fornecido no estacionamento

Fonte: Arquivo autora (dados dos sujeitos da pesquisa)

2. Questão-focal: Como o Monóxido de Carbono age nas células sanguíneas de modo a interferir no desempenho muscular de um atleta?⁹

As Figuras 16 e 17 apresentam os resultados dos alunos do 1º e do 3º Ano, respectivamente.

⁹ Neste momento da pesquisa, o 1º ano ficou reduzido a cinco grupos, conforme apontado na p. 49.

Figura 16 – Porcentagem da análise referente aos mapas conceituais dos alunos 1º Ano

Fonte: Autora

Figura 17 – Porcentagem da análise referente aos mapas conceituais dos alunos 3º Ano

Fonte: Autora

Quanto à Figura 16, na aplicação desta questão-focal foi identificado que os grupos apresentaram melhor desempenho quanto à aplicação dos conceitos, relações, hierarquia e legibilidade na construção do mapa. Constatou-se, também, que as ligações cruzadas apresentadas levaram os grupos a articular a influência do monóxido de carbono no desempenho do atleta.

Assim como ocorreu com os alunos do 1º ano, os alunos do 3º ano (Figura 17) aplicaram de maneira mais eficiente as ligações cruzadas, observando que este tipo de conexão os leva a entender melhor a relação entre o monóxido de carbono e o sistema muscular. Em alguns grupos, notou-se a dificuldade em selecionar as informações necessárias para formar a unidade semântica, o que desfavoreceu a legibilidade do mapa. Dessa forma, verificou-se que a maioria dos grupos conseguiu articular os conteúdos aprendidos em sala com as informações que são vivenciadas em seu cotidiano, no caso as notícias na mídia a respeito das Olimpíadas, que estavam ocorrendo durante o desenvolvimento desta pesquisa.¹⁰

Foi registrada em vídeo a montagem desses mapas conceituais, privilegiando os momentos de discussão, com o intuito de observar o processo de construção, que envolve a negociação e argumentação, e articulações dos conhecimentos organizados no mapa conceitual. Esses dados revelam, de maneira privilegiada, os efeitos da opção teórica pelo construtivismo-interacionista.

Os registros mostram que foi recorrente a dificuldade na escolha do conceito mais inclusivo para iniciar a construção do mapa. De maneira geral, a escolha desse conceito incidiu no eixo da microbiologia (sistema muscular). A negociação em torno dessa questão sugere preocupação com a hierarquia.

Observou-se, ainda, intensa negociação quanto à concepção do que é *conceito*, quando as primeiras versões inseriam frase ou segmento de frase como um conceito, o que levou à percepção de que esses elementos poderiam ser atomizados em outros conceitos e proposições. Essa preocupação provavelmente derivou das orientações da professora-pesquisadora quanto a esse aspecto. Isso resultou em mapas mais adequados quanto a conceitos e relações.

¹⁰ Trata-se do que Moirand (2003 apud ZAMPONI, 2011) define como “*momento discursivo*”: surgimento de atividade intensa e diversificada na mídia em conexão com um único evento, no caso, as Olimpíadas 2016 sediadas pela cidade do Rio de Janeiro.

Os dados foram categorizados como “episódios argumentativos” (EP). Os episódios (1), (2) e (3) ilustram interações para a construção do conhecimento.

O episódio argumentativo (1) revela a preocupação com a legibilidade e a hierarquização dos conceitos em que o Aluno 1 sugere uma configuração e provoca uma discordância do Aluno 2, ambos justificando suas posições.

EP(1)

Aluno 1 Se explicarmos o sistema muscular, o nosso mapa vai ficar muito mais legível, podemos até colocar com letras maiúsculas para chamar bastante atenção e o restante dos conceitos colocamos em minúsculas e damos sequência na construção.

Aluno 2 Não sei, acho que não devíamos começar por aí, você nem explicou de onde vem o monóxido de carbono e nem como ele é assimilado, então se o mapa for lido por uma pessoa que não tem o conhecimento do assunto, acho que vai ficar difícil o entendimento. O que vocês acham?

No episódio argumentativo (2), a preocupação se voltou para a configuração hierárquica do mapa, mostrando uma interação rica em movimentos argumentativos: proposta e explicação (Aluno 3), discordância e explicação (Aluno 4) e conciliação, justificativa e conclusão (Aluno 5).

EP(2)

Aluno 3 Temos que iniciar com sistema muscular, porque aí explicamos quais os tipos de músculos e depois vamos completando.

Aluno 4 Acho mais fácil colocar lá em cima o monóxido de carbono, pois é ele que vai prejudicar o desempenho.

Aluno 5 Vamos unir as duas ideias e começar pelo desempenho muscular (risos), afinal toda a explicação do mapa vai levar a ele, então acredito que seja o conceito de maior abrangência.

Quanto aos focos de interesse desta pesquisa, constatou-se que a maioria dos alunos realizou de maneira eficiente as ligações cruzadas, observando que este tipo de conexão os levava a entender melhor a relação entre o monóxido de carbono e o sistema muscular. O episódio argumentativo (3) mostra a consciência desse aspecto:

EP(3)

Aluno 6 Gente, [é] o sangue que vai transportar o oxigênio que vem da respiração; então, em algum conceito devemos fazer a ligação cruzada, acho que deve ser no sangue, que tal?

Aluno 7 Como o monóxido de carbono [é] que vai ter mais afinidade com a hemoglobina e prejudicar o transporte de oxigênio, podemos fazer mais links a partir da união desses sistemas.

Quanto à articulação entre micro e macrobiologia, constata-se um resultado similar ao obtido no tocante às ligações cruzadas, que pode ser um indicio da estreita relação entre esses itens. As Figuras 18 e 19 exemplificam, respectivamente, um mapa que alcançou os objetivos e outro que não conseguiu êxito.

Figura 18 – Mapa conceitual com articulação satisfatória (1º Ano)

Fonte: Arquivo autora (dados dos sujeitos da pesquisa)

Figura 19– Mapa conceitual com articulação insatisfatória (1º Ano)

Fonte: Arquivo autora (dados dos sujeitos da pesquisa)

No preenchimento do mapa conceitual da Figura 18, é possível perceber a hierarquização dos conceitos do mais inclusivo ao menos inclusivo, a ligação cruzada entre conceitos micro e microbiológico, constatando a visualização global dos conteúdos e seus processos, num processo de reconciliação integradora, que pode ter resultado numa aprendizagem significativa.

No mapa da Figura 19, são nítidas as dificuldades no estabelecimento de relações que forneçam sentido à unidade semântica, a ocorrência de inadequações na seleção de vários conceitos e fragmentação na construção do conteúdo requerido a partir da questão-focal. O conceito “pelo sistema respiratório” é relacionado a outro conceito “pelos alvéolos

pulmonares”, pela palavra de ligação “absorvido”, não fornecendo sentido a proposição; ao conceito “hemácia” não se pode predicar “não prejudica a produção de ATP” e “ocupa o lugar do oxigênio” e nem este apresenta “mais afinidade com a hemácia”, demonstrando a dificuldade em construir a articulação entre micro e macrobiologia. Também é percebida a inadequação no conceito “o desenvolvimento do atleta”, já que a questão-focal explicitamente requeria a relação entre o monóxido de carbono e o desempenho do atleta.

3. Questão-focal: Como o mau funcionamento do glicocálix pode resultar no desenvolvimento de tumores?

As Figuras 20 e 21 apresentam os resultados dos mapas elaborados pelos alunos do 1º e 3º Ano, respectivamente, em resposta à questão-focal 3.

Figura 20 – Porcentagem da análise referente aos mapas conceituais dos alunos 1º Ano

Fonte: Autora

Na análise desses resultados, foi identificado que os alunos tiveram dificuldades na escolha dos conceitos e suas relações, o que influenciou diretamente a hierarquia e a legibilidade do mapa. Quanto a responder à questão-focal, mesmo com os problemas mencionados, dois grupos realizaram ligações cruzadas e a maioria conseguiu articular a estrutura celular (glicocálix) com o crescimento de tumores, como mostra a Figura 22. Assim, esses dados sugerem que a ausência das ligações cruzadas não leva necessariamente

à falta de articulação entre micro e microbiologia, porque ela pode ser estabelecida na hierarquização dos conceitos e suas relações. No entanto, a presença de tais ligações favorece a construção dessa articulação, como se verificou nos mapas de três grupos, em que a relação entre os dois níveis ficou evidente com o uso desse constituinte.

Figura 21 – Porcentagem da análise referente aos mapas conceituais dos alunos 3º Ano

Fonte: Autora

Quanto aos alunos do 3º Ano, alguns grupos mostraram dificuldades na escolha dos primeiros conceitos a serem inseridos. O questionamento quanto ao conceito mais abrangente ou inclusivo levou a uma negociação, e as justificativas demonstraram o entendimento dos estudantes quanto à hierarquia na elaboração dos mapas, o que influenciou diretamente a legibilidade e as ligações cruzadas estabelecidas na construção, sendo em alguns mapas cruciais para alcançar plenamente o objetivo de articular os dois níveis, relacionando a fisiologia do glicocálix com o funcionamento da célula e a formação de tumor.

Figura 22 – Mapa conceitual com ligação cruzada

Fonte: Arquivo autora (dados dos sujeitos da pesquisa)

A Figura 23 apresenta os resultados da etapa complementar.

Figura 23 – Porcentagem da análise referente aos MC dos alunos 2º Ano (2017)

Fonte: Autora

A elaboração deste mapa demonstrou que os estudantes tiveram maior facilidade na escolha dos conceitos mais inclusivos e menor tempo para iniciar a construção, porém, ainda é percebida dificuldade de se desvencilharem da materialidade textual como destacado na Figura 24. Como consequência, sua atenção é voltada para dar sentido ao texto em vez de realizar as ligações necessárias para responder à questão-focal. Assim, em alguns casos, essa forma de entrelaçar as proposições desfavoreceu as ligações cruzadas e a articulação entre micro e macrobiologia. Por outro lado, aqueles que conseguiram visualizar a construção do mapa como uma forma de relacionar e cruzar os conceitos que respondiam à questão-focal, realizando o processo de reconciliação integrativa, obtiveram êxito em todos os aspectos analisados.

Figura 24 – Mapa conceitual com transcrição textual

Contudo, a partir das análises, foi possível concluir que não há diferenças consideráveis entre as séries; era esperado que os alunos do 3º apresentassem maior facilidade na articulação entre micro microbiologia após aprenderem a utilizar a ferramenta e o programa *CmapTools*, devido a sua experiência e contato com o assunto, mas esse aspecto não foi determinante para que eles conseguissem construir o mapa de uma maneira

mais efetiva, resultado provavelmente devido a uma aprendizagem mecânica de conteúdos fragmentados, o que dificultou a articulação de conceitos e proposições. Observou-se que muitos dos estudantes ainda realizaram em alguns dos conceitos a transposição do texto para o mapa, sem trabalho de esquematização, ficando presos à superfície linguística do texto, o que leva à elaboração frases como conceitos, não selecionando as informações pertinentes para formar a proposição.

De modo geral, verificou-se que os alunos assimilaram o que foi perguntado nas questões-focais e elaboraram os mapas conceituais conectando as proposições da micro e macrobiologia respondendo o que lhes foi proposto, mesmo que, em certos momentos, tenham estabelecido algumas relações não significativas em seus mapas, porém, sem prejuízo do entendimento demonstrado no processo. Foi notado que a questão-focal interfere diretamente no processo da construção dos mapas conceituais; por isso, a forma como a questão é elaborada e aplicada deve receber atenção privilegiada. A partir da questão-focal pensada e planejada dentro do ensino formal, os alunos podem vivenciar um ambiente que instigue a capacidade investigativa e favoreça articulações entre tópicos que permitam a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora.

Pode-se afirmar ainda que a interação entre os estudantes é de extrema importância para despertar a geração coletiva de ideias através da contribuição e participação de diversos indivíduos inseridos no grupo, resultando em debate e reflexão sobre o assunto abordado. Assim, o protagonismo dos alunos fica evidente e favorece a construção colaborativa do conhecimento.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O problema investigado nesta pesquisa demonstrou a dificuldade dos alunos em realizar a articulação entre a micro e a microbiologia. Para promover essa integração, utilizaram-se os mapas conceituais como recurso que favoreceu a aprendizagem. Adotou-se como referencial teórico o Construtivismo e a Aprendizagem Significativa, alicerces dos mapas conceituais. O princípio metodológico envolveu etapas, que foram do primeiro contato com o mapa conceitual e uso do programa *CmapTools* até a sua elaboração com ligações complexas estimuladas por questões-focais que conduziram à articulação entre micro e microbiologia. A investigação assim estruturada mostrou que mapas conceituais podem dar visibilidade dos processos cognitivos dos alunos e a ocorrência da aprendizagem significativa.

A adoção de procedimentos de base construtivista-interacionista resultou adequada, dado que os alunos assumem o papel de agente da construção do próprio conhecimento e o professor assume o papel de mediador, gerando um ambiente de aprendizagem rico, plural, propício a compartilhamento e troca de conhecimento.

A investigação permite concluir que o professor deve certificar-se da existência dos subsunçores para a entrada de novos conhecimentos na estrutura cognitiva do aluno. Isso pode ser feito por um mapa conceitual que explicita esses subsunçores a partir dos quais o professor pode planejar sua prática pedagógica. Em outras palavras, o professor deve-se assegurar dos subsunçores na estrutura cognitiva do aluno, necessários para possibilitar a aprendizagem e, a partir daí, selecionar os conteúdos e organizá-los sequencialmente, criando um ambiente que favoreça os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integradora como princípios programáticos, o que pode ser feito por meio do mapa conceitual a partir da questão-focal. Assim, o uso de mapas conceituais para a aprendizagem não deve ser episódico, fortuito, mas integrado ao planejamento. Acrescente-se a isso a necessidade de (re)pensar o material didático quanto à organização dos tópicos de modo a evitar a fragmentação ou, pelo menos, oferecer condições para que o professor possa adotar procedimentos que favoreçam a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora.

O uso do mapa conceitual, associado a uma metodologia de base construtivista, também pode proporcionar aos alunos a autonomia na obtenção de conhecimento e a utilização de recursos tecnológicos, como o programa *CmapTools*, que facilita a construção do conhecimento partilhado, realizando processos interativos na solução de problemas, atuando na zona de desenvolvimento proximal a partir da organização dos grupos de forma

a propiciar a colaboração com parceiros mais capazes no processo de construção do mapa conceitual.

Um aspecto que merece ser destacado como efeito desta pesquisa diz respeito à importância que a utilização de mapas conceituais adquiriu no contexto escolar, com a divulgação desta pesquisa enquanto ainda estava em andamento. Percebendo os efeitos do uso da ferramenta, a direção e coordenação escolar solicitaram à professora-pesquisadora que mostrasse, em uma palestra, como utilizar essa estratégia de ensino, e que os outros docentes da escola também utilizassem esse recurso em sala, evidenciando que os frutos desta pesquisa foram e estão sendo compartilhados na escola.

Do ponto de vista educacional, apesar de se encontrar estudos sobre os mapas conceituais na literatura já nos anos setenta, até hoje seu uso não se incorporou à rotina das salas de aula. A presente pesquisa mostrou, no entanto, que o mapa conceitual, como facilitador da aprendizagem significativa, é ferramenta eficiente e demanda uma nova postura docente e uma nova diretriz escolar. A pesquisa mostrou também que mapas conceituais são instrumentos que podem levar a profundas modificações na maneira de ensinar, de avaliar e de aprender. Utilizá-los em toda sua potencialidade implica atribuir novos significados aos conceitos de ensino.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, J. G.; CORREIA, P. R. M. Como fazer bons mapas conceituais? Estabelecendo parâmetros de referências e propondo atividades de treinamento. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 2, p. 141-157, 2013.

AUSUBEL, D. P.; **Aquisição e retenção de conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Paralelo, 2003.

_____. **The psychology of meaningful verbal learning**. Nova Iorque: Grune & Stratton, 1963.

BARTELS, B. H. Promoting mathematics connections with concept mapping. **Mathematics Teaching in the Middle School**, v. 1, n. 7, p. 542-549, 1995.

BLOOR, D. **Knowledge and social imagery**. London: Routledge & Kegan Paul, 1991.

BORUCHOVITCH, E. **Estratégias de aprendizagem**: uma análise à luz das variáveis demográficas e motivacionais. 2006. p. 9. Tese (Livre Docência) — Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação, 2000.

CAÑAS, A. J.; FORD, K. M.; BRENNAN, J.; REICHERZER, T.; HAYES, P. Knowledge construction and sharing in quorum. In: WORLD CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION, 7th, 1995, Washington, **Proceedings...**Washington: Association for the Advancement of Computing in Education, 1995.

CAÑAS, A. J.; FORD, K. M.; NOVAK, J. D.; HAYES, P.; REICHERZER, T.; SURI, N. Online concept maps: enhancing collaborative learning by using technology with concept maps. **The Science Teacher**, v. 68, n. 4, p. 49-51, 2001.

CAÑAS, A. J. et al. CmapTools: Una rete per modellizzare e condividere la conoscenza. In: SPAZIANTE, A. (Ed.). **La conoscenza come bene pubblico comune**: Software, dati, saperi. Torino: CIS-Piemonte, 2004.

CASTAÑON, G. A. O que é construtivismo? **Cad. Hist. Fil. Ci.**, v. 1, n. 2, p.209-242, 2015. Disponível em: <file:///C:/Users/admin/Downloads/744-Texto do artigo-1387-1-10-20170518.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2018.

CRONIN, P. J.; DEKKER, J.; DUNN, J. G. A procedure for using and evaluating concept maps. **Research in Science Education**, v. 12, n. 1, p.17-24, 1982.

FERRÃO, N. S.; MANRIQUE, A. L. O uso de mapas conceituais como elemento sinalizador da aprendizagem significativa em cálculo. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 19, n. 1, p.193-216, 2014. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/viewFile/103/74>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

FAZENDA, I. C. A.; **Dicionário em construção: interdisciplinaridade**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2002. 275 p.

FINI, M. I. (coord). **Proposta Curricular do Estado de São Paulo: Biologia**. São Paulo: SEE, 2008.

FREITAS F. J. R. **Mapas conceituais: estratégia pedagógica para construção de conceitos na disciplina química orgânica**. Pernambuco: Ciências & Cognição, 2007.

JOHNSON, D. W.; JOHNSON, R. T.; STANNE, M. B. **Cooperative learning methods: A meta-analysis**. 2000. Disponível em: < <http://tablelearning.com/uploads/File/EXHIBIT-B.pdf> > Acesso em: 30 mar. 2018.

LOPES, B. J. S. **O mapa conceitual como ferramenta avaliativa**. 2007. 174 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Educação, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007.

MCMURRAY, J. **Rubric for assessing concept maps**. University of Waterloo, California. Disponível em: <<https://uwaterloo.ca/centre-for-teaching-excellence/teaching-resources/teaching-tips/assessing-student-work/grading-and-feedback/rubric-assessing-concept-maps>> Acesso em: 27 nov. 2017.

MENOYO, M. et al. **Mapas conceituales con CmapTools en la enseñanza universitaria de la educación ambiental: estudio de caso en la uned**. España: Enseñanza de Las Ciencias, 2011.

MILLER, G. A. **The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information**. Princeton: Psychological Review, 1956.

MOREIRA, M. A. Mapas conceituais como instrumentos para promover a diferenciação conceitual progressiva e reconciliação integrativa. **Ciência e Cultura**, v. 32, n. 4, p.474-479, abr. 1980.

_____. ¿Al final, qué es aprendizaje significativo?. **Qurriculum: revista de teoría, investigación y práctica educativa**. n. 25 p. 29-56, marzo 2012.

_____. **Aprendizagem significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, diagramas V e unidades de ensino potencialmente significativas**. Porto Alegre: UFRGS, 2013. Disponível em < http://www.cid.unir.br/uploads/44444444/arquivos/TAS_1490483223.pdf > Acesso em 7 jun. 2017.

MOREIRA, M. A.; BUCHWEITZ, B. **Novas estratégias de ensino e aprendizagem: os mapas conceituais e o Vê epistemológico**. Lisboa: Platano, 1993.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. A. F. S. **Aprendizagem significativa: a teoria de aprendizagem de David Ausubel**. 2. ed. São Paulo: Centauro, 2006.

MUELLER, J. **Concept map**. Disponível em: <<http://jonathan.mueller.faculty.noctrl/>> Acesso em: 27 nov. 2017.

NATIONAL COMPUTATION SCIENCE EDUCATION CONSORTIUM Louisiana Team 11 in 2000. **Concept map**. Disponível em: < <http://www.ncsec.org/team11/> > Acesso em: 27 nov. 2017.

NOVAK, J. D. Human Construtivism: A Unification of Psychological and Epistemological Phenomena in Meaning Making. In: **NORTH AMERICAN CONFERENCE ON PERSONAL CONSTRUCT PSYCHOLOGY**, 4th, San Antonio, Texas, jul. 1990.

_____. Meaningful learning: the essential factor for conceitual change in limited or inappropriate propositional hierarchies leading to empowerment of learners. **Science Education**, v. 86, n.4, p. 548-571, 2002.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Learning how to learn**. New York: Cambridge University Press, 1984.

NOVAK, J. D.; CAÑAS, Alberto J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. **Práxis Educativa**, v. 5, n. 1, p.9-29, jan.-jun., 2010. Disponível em: <<http://www.periodicos.uepg.br>>. Acesso em 21 out. 2015.

NOVAK, J. D.; MUSONDA, D. A twelve-year longitudinal study of science concept learning. **American Educational Research Journal**, v. 28, n. 1, p. 117-153, 1991.

PARISOTO, M. F. et al. Utilização de mapas conceituais para buscar indícios de aprendizagem significativa na Física aplicada à Medicina. **Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias**, v. 15, n. 3, p.347-362, 2016. Disponível em: < http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen15/REEC_15_3_2_ex994.pdf >. Acesso em 21 out. 2016.

PEÑA, A. O. et al. **Mapas conceituais: uma técnica para aprender**. São Paulo: Loyola, 2005.

ROCHA, C. E. S. et al. O uso de mapas conceituais como instrumento didático para identificar indícios de aprendizagem significativa em diferentes níveis de ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 21, n. 3, p.23-52, 13 out. 2016. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/219/236>>. Acesso em: 20 ago. 2017.

ROSA, R. T. N.; LORETO, É. L. S. Análise, através de mapas conceituais, da compreensão de alunos do ensino médio sobre a relação dna-rna-proteínas após o acesso ao GenBank. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 18, n. 2, p.385-405, 2013. Disponível em: <<file:///C:/Users/Carina/Downloads/138-273-1-SM.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2018.

SILVA, E. C. Mapas conceituais: propostas de aprendizagem e avaliação. **Administração: Ensino e Pesquisa**, v. 16, n. 4, p.785-815, 31 dez. 2015. ANGRAD. <http://dx.doi.org/10.13058/raep.2015.v16n4.385>.

SOUZA, N. A. Avaliação da aprendizagem e atuação docente. **Estudos em Avaliação Educacional**, n. 29, pp. 149-168, 2004.

_____. Mapas conceituais: estratégia de ensino/aprendizagem e ferramenta avaliativa. **Educação em Revista**, v. 26, n. 3, p. 195-218, 2010a.

_____. Mapa Conceitual: seu potencial como instrumento avaliativo. **Pro-Posições**, v. 21, n. 3, p. 173-192, 2010b.

SOUZA, N. A.; BORUCHOVITCH, E. Mapas conceituais e avaliação formativa: tecendo aproximações. **Educação e Pesquisa**, v. 36, n. 3, p. 795-810, 2010c.

SOUZA, N. A.; BORUCHOVITCH, E. Mapa conceitual: seu potencial como instrumento avaliativo. **Pro-posições**, v. 21, n. 3, p.173-192, 2010d.

UNIVERSITY OF MINNESOTA DIGITAL MEDIA CENTER. **Concept map**. Disponível em: <http://dmapas_conceituais.umn.edu/activities/mindmap/assessment.pdf> Acesso em: 27/11/2017.

VALADARES, J. A teoria da aprendizagem significativa como teoria construtivista. **Aprendizagem Significativa em Revista/meaningful Learning Review**, Porto Alegre-rs, v. 1, n. 1, p.36-57, abr. 2011. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID4/v1_n1_a2011.pdf>. Acesso em: 7 mai. 2018.

VYGOTSKY, L. S. **Mind in society: the development of higher psychological processes**. Cambridge: Harvard University Press, 1978.

_____. **A Formação Social da Mente**. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1994. Disponível em: <<http://www.egov.ufsc.br/portal/sites/default/files/vygotsky-a-formac3a7c3a3o-social-da-mente.pdf>>. Acesso em: 9 abr. 2016.

_____. **Pensamento e linguagem**. 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2005.

ZAMPONI, G. De moedas e gelo: “derretimento” como metáfora recorrente no âmbito da Economia. **Veredas**, v. 15, n. 2, p.26-38, out. 2011. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/revistaveredas/files/2011/05/artigo-32.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2017.

APÊNDICE A

TEXTO

A **Biologia Celular**, também chamada de **Citologia**, é a parte da Biologia que se dedica ao estudo das células e suas estruturas. É uma área bastante importante, uma vez que a célula é a unidade básica do organismo e é utilizada para diferenciar um ser vivo daquele que não apresenta vida.

Atualmente, admite-se que as células são formadas por três elementos básicos: **membrana, citoplasma e material genético**. No entanto, o material genético pode estar solto no citoplasma ou envolto pela carioteca, uma membrana nuclear, configurando, assim, o que se denomina **núcleo da célula**. Essa diferença é a base para a classificação da célula em **procariótica ou procarionte e eucariótica ou eucarionte**, respectivamente. A célula procariótica está presente no reino monera (bactérias) e a eucariótica no reino animal e vegetal.

A membrana plasmática de uma célula possui como função principal controlar o que entra e o que sai dessa estrutura. Graças a essa importante característica, dizemos que ela possui **permeabilidade seletiva, protegendo as organelas, estruturas responsáveis pelo funcionamento da célula**.

O citoplasma é um líquido viscoso presente entre o núcleo e a membrana onde estão localizadas as **organelas**. Analisando as organelas celulares, também é possível perceber a diferença entre uma célula eucariótica e uma procariótica. Nessas últimas são encontrados apenas ribossomos, enquanto nas eucarióticas é encontrada uma variada gama de organelas.

APÊNDICE B

Atividade 1: Complementação de um mapa conceitual com conceitos

Questão Foco: *Qual a importância do sistema digestório?*

Estacionamento

Absorção Açúcar Água Alimento ao estômago Alimento da boca ao esôfago Ânus Bile Boca Digestão dos alimentos Esôfago Estômago Faringe Fezes Fígado Glândulas anexas	Glândulas salivares Glicose Insulina Intestino delgado Intestino grosso Nutrientes (3) Pâncreas Quebra Quebra mecânica dos alimentos Quebra química dos alimentos Resíduo alimentar Saliva Sistema digestório Suco pancreático Tubo digestório
--	--

Mapa conceitual a ser complementado:

Atividade 2: Complementação de um mapa conceitual com relações.

Questão Foco: Qual a importância do sistema respiratório?

Relações:

Realiza	Realizam (2)
Responsável (2)	Onde ocorre
Através da (2)	Liga
Formado pelas	Formada por
São constituídas de	Formados por (3)

Mapa conceitual a ser complementado

APÊNDICE C

ESCOLA DE ENGENHARIA DE LORENA – UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROJETOS EDUCACIONAIS DE CIÊNCIAS

TÍTULO DA PESQUISA

UTILIZAÇÃO DE MAPAS CONCEITUAIS COMO FERRAMENTA PARA A CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTOS EM BIOLOGIA COM FOCO NA ARTICULAÇÃO DA MICRO E MACROBIOLOGIA

Pesquisadora responsável: Carina de Souza Cordeiro

Orientadora: Profa. Dra. Graziela Zamponi

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, _____, responsável pelo(a) estudante _____, residente no endereço _____, declaro ter conhecimento sobre a pesquisa **UTILIZAÇÃO DE MAPAS CONCEITUAIS COMO FERRAMENTA PARA A CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTOS EM BIOLOGIA COM FOCO NA ARTICULAÇÃO DA MICRO E MACROBIOLOGIA**, que tem como objetivo geral criar condições para que o aluno construa o conhecimento de Biologia, desenvolvendo uma visão holística dos fenômenos com suas entidades e processos, articulando desde a unidade básica do ser vivo até o organismo pleno.

O procedimento refere-se à utilização de questionário, filmagem e fotos, produção de trabalhos (mapas conceituais e relatórios de atividade). É de meu conhecimento que a participação do meu (minha) filho(a) nesta pesquisa não implica nenhum benefício pessoal, não é obrigatória e não trará riscos previsíveis. Caso queira, sei que há a possibilidade de desistência a qualquer momento, em qualquer fase da pesquisa, sem qualquer penalização ou prejuízo para meu (minha) filho(a). Estou ciente de que a pesquisa vai garantir a privacidade dos sujeitos quanto aos dados confidenciais envolvidos na pesquisa. Meu (minha) filho (a), portanto, será acompanhado e assistido pela pesquisadora responsável durante a aplicação dos instrumentos de pesquisa, podendo fazer perguntas sobre qualquer dúvida que apareça durante todo o estudo.

Não haverá nenhuma forma de reembolso de dinheiro, já que com a participação na pesquisa, não terei nenhum gasto.

Diante disso, aceito que meu (minha) filho(a) participe voluntariamente desta pesquisa, sabendo que os dados coletados estarão sob o resguardo científico e o sigilo profissional, e contribuirão para o alcance dos objetivos deste trabalho e para posteriores publicações dos dados.

Assinatura do Pai ou Responsável

Assinatura da Pesquisadora

Assinatura da Orientadora

(*Cidade*), ____/____/20____