https://journals.scientia.international/SIJEdu
Scientia International Journal for Education
Vol. 1, 1 (2026) | ISSNe 3127-9201
Tipo: Artículo de investigación | DOI: 10.56365/9tt1dp97

El sobrevuelo en la comunidad científica: el paisaje semiótico en la educación en ciencias

Franciele Pires Ruas[1*], Valmir Heckler[2], Rafaele Rodrigues de Araujo[3]

[1]Doctora en Educación en Ciencias; Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Rio Grande, Brasil; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3099-7310
[2]Doctor en Educación en Ciencias; Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Rio Grande, Brasil; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3838-3903
[3]Doctora en Educación en Ciencias; Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Rio Grande, Brasil; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4901-6196

* Autor de correspondencia: f.p.ruas@gmail.com.

Resumen

Este estudio, parte de una investigación doctoral, examina la presencia y las influencias de las principales escuelas de la semiótica (Praga, París y Australia) en investigaciones doctorales del campo de la educación en ciencias. Entendiendo la semiótica como una línea analítica relevante para interpretar procesos de significación, el propósito fue cartografiar cómo estas corrientes teóricas orientan la producción académica. La metodología se basó en la cartografía, concebida como un movimiento de sobrevuelo en la comunidad científica, a partir del análisis documental de tesis disponibles en el portal Oasisbr (2006–2022). Se identificaron 32 tesis, de las cuales 20 se fundamentaron en la escuela de París y 12 en la semiótica social de Australia, sin registros vinculados a la escuela de Praga. Se concluye que la investigación contribuye a comprender el paisaje semiótico en la educación en ciencias y justifica la elección de la semiótica social como base teórica de la investigación doctoral de los autores, fortaleciendo la discusión sobre la multimodalidad y sus implicaciones para la enseñanza.

Palabras clave: Educación en ciencias; Semiótica; Cartografía; Multimodalidad.

Detalles del artículo | Evaluación por pares abierta
Editado por:
Bruno César Alves Marcelino
Michel Goulart da Silva
Evaluado por:
Everton Fêrrêr de Oliveira
Marcelo de Tróia
Ricardo Scopel Velho
Citación:
Ruas, F. P., Heckler, V., & Araujo, R. R. de. (2026). El sobrevuelo en la comunidad científica: el paisaje semiótico en la educación en ciencias. *Scientia International Journal for Education*, *1*(1), Artículo 15. https://doi.org/10.56365/9tt1dp97

Historial del artículo
Recibido: 01/10/2025
Revisado: –
Aceptado: 22/09/2026
Disponible: 12/11/2026

© 2026 Los autores. Publicado por Scientia.International S.L. (España). Artículo de acceso abierto bajo la licencia CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

1. Introducción

En las últimas décadas, la educación en ciencias se ha consolidado como un campo de investigación marcado por la diversidad de perspectivas teóricas y metodológicas. En este escenario, la semiótica surge como una importante línea de análisis, pues permite comprender cómo diferentes modos, recursos y representaciones contribuyen a la construcción de significados en los procesos educativos. Sin embargo, la pluralidad de escuelas semióticas, en particular las de Praga, París y Australia, conlleva variaciones conceptuales y terminológicas que a veces generan ambigüedades y equívocos en el uso de los referentes teóricos.

En este contexto, el presente estudio, parte de una investigación doctoral, busca cartografiar cómo las diferentes corrientes de la semiótica han atravesado y orientado investigaciones doctorales en educación en ciencias, a partir de producciones científicas disponibles en el portal Oasisbr. El problema que nos mueve consiste en identificar de qué forma estas escuelas teóricas orientan la producción académica, qué distinciones se evidencian entre ellas y qué implicaciones generan estas diferencias para el campo de investigación.

Nuestro objetivo es, por tanto, comprender el paisaje semiótico en el ámbito de la educación en ciencias, destacando las especificidades de las tres principales escuelas y, en especial, justificando la elección de la semiótica social de Australia como fundamento teórico de la investigación doctoral de los autores de este artículo. La originalidad de la investigación reside tanto en el mapeo inédito de las producciones académicas desde esta óptica como en el análisis crítico de las influencias teóricas que orientan el campo. Al explicitar este panorama, buscamos contribuir a la claridad conceptual y al fortalecimiento de la fundamentación teórica de futuras investigaciones, ofreciendo elementos para comprender y ampliar el enfoque multimodal en los estudios de educación en ciencias.

2. Escuelas semióticas: el surgimiento de una teoría

El desarrollo de una teoría semiótica comenzó en Europa y dio origen a tres escuelas principales: la de Praga, la de París y la de Australia. Estas se valieron de estudios del área de la lingüística y los adaptaron a los modos no lingüísticos de la comunicación (Kress & van Leeuwen, 2006).

Según Kress y van Leeuwen (2006), la primera escuela es la de Praga (1930-1940), que realizó estudios sobre el arte, el teatro, el cine y el vestuario a partir del trabajo de los formalistas rusos. La segunda es la de París (1960-1970), que partió de las ideas de Saussure para estudiar la pintura, la fotografía, la moda, el cine, la música y el cómic. El término semiología está arraigado en esta escuela, junto con la incorporación de otros términos empleados por el filósofo y semiótico estadounidense Charles Sanders Peirce, como significante, significado, signos arbitrarios y motivados, íconos, índices y símbolos.

La tercera escuela, la semiótica social, iniciada en Australia bajo influencia posestructuralista, se basa en las ideas de Michael Halliday a partir de la lingüística crítica (1970) y de la lingüística sistémico-funcional del mismo autor (1980), aplicadas a los modos de representación (significados) en lo que respecta a la producción de signos con sus formas (significantes) (Kress & van Leeuwen, 2006). En esta escuela, la concepción del signo difiere de la anterior, la semiología, en la que el signo está disponible para ser elegido y utilizado de forma arbitraria. A pesar de las diferencias en las definiciones de ciertos términos derivadas de estas escuelas, Kress y van Leeuwen (2006) reconocen la contribución de las otras corrientes a la continuidad de los estudios de la semiótica social.

En la semiótica social, el interés del productor en la construcción de significados y de nuevos signos a lo largo de un proceso es algo intrínseco. Esta escuela marca el inicio de estudios aplicados «[...] a textos multimodales al considerar todos los modos semióticos que acompañan al modo verbal. Propuso un nuevo enfoque, basado en la concepción de Halliday (1985), centrado en las funciones sociales del lenguaje» (Quadros et al., 2018, p. 271, traducción nuestra).

La semiótica estudia los signos desde la antigua Grecia y hoy, como área transdisciplinaria, está presente en la psicología, la cultura, la cartografía, la lingüística, la estética, la lógica y la religión, entre otras áreas. El estudio de la semiótica abarca los signos, los sistemas sígnicos y los procesos comunicativos, y la semiótica aplicada abarca los contextos de uso de los signos, como en la semiótica médica, musical, fílmica y visual. Esta última, fundada por lingüistas estructurales en la década de 1960, estudia las imágenes fijas como signos, es decir, pinturas, fotografías y medios impresos, entre otros, sin considerar signos comunicados visualmente como la geometría, la escritura y la comunicación no verbal (Nöth, 2013).

En la semiótica visual también existen escuelas que han influido en las tendencias de investigación, como la retórica visual y la de París. La primera, según Nöth (2013, p. 16, énfasis en el original, traducción nuestra), fue delineada por el «Grupo de Lieja (...), [que] postula que las pinturas y otras imágenes pueden estudiarse por analogía con el lenguaje figurado como derivaciones de imágenes *normales*, que constituyen un *grado cero* genérico de la comunicación visual», mientras que en la segunda las imágenes se estudian por analogía con el lenguaje verbal, en los planos de la expresión y del contenido. La semiótica social también aborda la imagen, por ejemplo, en el libro *Reading Images: The Grammar of Visual Design* (2006), de Kress y van Leeuwen.

Tras conocer brevemente la historia que inspiró el desarrollo de una teoría semiótica y la participación de importantes estudiosos que estructuraron las tres principales escuelas de la semiótica, buscamos cartografiar cómo estas atraviesan e influyen en los estudios doctorales. Con ello, deseamos comprender cómo se diferencian las escuelas.

3. El sobrevuelo en la comunidad científica en educación en ciencias

Para fundamentar la investigación de este estudio, partimos del método cartográfico de carácter cualitativo[1], formulado por Gilles Deleuze y Félix Guattari (1995). Etimológicamente, la palabra cartografía remite al estudio de las cartas geográficas y, en el área de la geografía, designa la ciencia que estudia la descripción de mapas[2].

Desde la perspectiva de los autores mencionados, la cartografía conecta rizomas o redes y se constituye a partir de algunos principios. El primero y el segundo remiten a la conexión y la heterogeneidad, de modo que «[...] cualquier punto de un rizoma puede ser conectado con cualquier otro, y debe serlo» (Deleuze & Guattari, 1995, p. 14, traducción nuestra). El tercero, la multiplicidad, se define por líneas de desterritorialización, es decir, formas de expandir un territorio; el cuarto, la ruptura asignificante, implica permitir rupturas en el rizoma, que es retomado y reconstruido por otras líneas con movimientos de desterritorialización y reterritorialización.

A continuación, en el quinto y el sexto, los principios de cartografía y calcomanía, el rizoma se entiende como un mapa que «[...] es abierto, conectable en todas sus dimensiones, desmontable, alterable, susceptible de recibir constantemente modificaciones» (Deleuze & Guattari, 1995, p. 21, traducción nuestra). Al pensar en esta realidad que se ha de cartografiar, no existe un único sentido ni una única entrada; por ello, la dirección metodológica asume un carácter experimental, en el sentido de que se avanza en busca de metas no predeterminadas, contando solo con la actitud y la intervención del investigador.

Así, la comunidad científica en educación en ciencias, representada por las producciones científicas presentes en el portal Oasisbr, constituyó un mapa, un rizoma, una región continua de intensidades, mesetas, del mismo modo que la realidad puede entenderse como un mapa móvil constituido por significaciones, saberes y poderes.

Del deseo de sobrevolar este mapa, nos sentimos movidos a conocer las tres principales escuelas de la semiótica (Praga, París y Australia), junto con sus representantes, y también a analizar cómo atraviesan y

[1] Según Passos, Kastrup y Escóssia (2012), las investigaciones cuantitativas pueden utilizar el método cartográfico, siempre que estén abiertas al acompañamiento de procesos.

[2] Para más información, véase <https://www.dicio.com.br/cartografia/>.

orientan las investigaciones doctorales. A partir de este estudio, comprendimos las diferencias y particularidades que atraviesan las corrientes teóricas y que a veces pueden generar equívocos en ciertos términos y conceptos, además de su influencia en las investigaciones científicas. Con ello, fortalecimos la elección de la corriente teórica que asumimos en la investigación doctoral, la semiótica social de Australia.

3.1. Comunidad científica: el enfoque semiótico en tesis

En un movimiento cartográfico, sobrevolaremos la comunidad científica para identificar la elección teórica de los investigadores a partir de publicaciones científicas de Brasil y Portugal. Utilizamos el Portal Brasileño de Publicaciones y Datos Científicos en Acceso Abierto (Oasisbr[3]), una iniciativa del Instituto Brasileño de Información en Ciencia y Tecnología (IBICT) que reúne producciones multidisciplinarias y datos de investigaciones publicadas en revistas científicas, repositorios y bibliotecas digitales, dando visibilidad y acceso a contenidos científicos producidos por investigadores de instituciones brasileñas y portuguesas.

En nuestra investigación, la tipología documental adoptada fue la de tesis doctorales y, en la búsqueda avanzada, seleccionamos las palabras Semiótica, Educação em Ciências (educación en ciencias) y Ensino de Ciências (enseñanza de las ciencias)[4] en todos los campos (título, autor, materia, área, ISBN/ISSN, editor, colección, año de publicación y sumario) entre 2006[5] y 2022. Llegamos a un total de 141 producciones y, tras una lectura atenta del título, del resumen y, en algunos casos, de la fundamentación teórica y la metodología (cuando no se informaban en el resumen), concluimos con un total de 32 producciones doctorales, que describimos en cuanto a objetivo, metodología y resultados, identificando la escuela semiótica que las atravesaba. Destacamos que seguimos fielmente la escritura de los términos y conceptos empleados por los investigadores en sus tesis.

En el Anexo 1, para situar al lector, presentamos en orden cronológico por año de defensa una breve identificación de estas producciones. La descripción de las 32 tesis en uno de los apartados de este texto se realiza a partir de la presentación de las tres principales escuelas semióticas: Praga, París y Australia. Para finalizar, nos centramos en la semiótica social de Australia, elección teórica que asumimos para fundamentar la investigación doctoral en todo su recorrido. Esta elección se justifica por el enfoque dialógico asumido por uno de los primeros autores que consultamos, Gordon Wells, quien en algunos momentos menciona los estudios de Jay Lemke, también influido por esta escuela, que a su vez nos conduce a Gunther Kress, uno de los principales estudiosos de la teoría. Es en este último apartado, de diálogo con algunas producciones y de defensa de nuestro campo de estudio, donde se realiza el movimiento cartográfico con el territorio.

A continuación, presentamos las 32 tesis (Anexo 1), organizadas según la escuela semiótica identificada. Para que el lector conozca lo que abordan, realizamos una breve descripción que abarca el objetivo, la metodología y los resultados de las investigaciones. Señalamos que 20 investigaciones se identificaron como fundamentadas en autores de la escuela de París, mientras que 12 lo estaban en la escuela de la semiótica social de Australia. En cuanto a la escuela de Praga, no se encontró ninguna producción.

3.2. Escuela de París

Las tres primeras tesis presentadas en este apartado se fundamentan en los estudios del lingüista Algirdas Julien Greimas[6], quien, «[...] basándose en una teoría del lenguaje de bases estructurales, además de otras fuentes, como la fenomenología y la antropología, (...) construye una disciplina extremadamente cohesionada y compleja, capaz de examinar la producción de sentido de cualquier texto, sea verbal, no verbal o sincrético» (Mendes, 2011, p. 174, traducción nuestra). En la tesis *Astros do rock: uma perspectiva sociocultural no uso da canção na Educação em Ciências*, Gomes (2016) parte de la idea de que algunas canciones de rock de las décadas de 1960 y 1970 permiten reflexiones de orden conceptual, epistemológico y sociopolítico sobre la

[3] Disponible en <https://oasisbr.ibict.br/vufind/about/home>.

[4] En Biología, Física, Química y Ciencias.

[5] El recorte temporal señala el inicio de la regulación de la oferta de cursos superiores a distancia en Brasil, mediante el Decreto n.º 5.773 de 2006.

[6] «Es a partir de la obra *Semántica estructural*, publicada originalmente en 1966, que Algirdas Julien Greimas (1917-1992), lingüista lituano radicado en Francia, sienta las bases de lo que más tarde se conocería como semiótica greimasiana, Escuela de París o semiótica narrativa o del discurso» (Mendes, 2011, p. 184, traducción nuestra).

ciencia, la tecnología y su relación con el ambiente y la sociedad, especialmente sobre la astronomía. Tras seleccionar algunas canciones, analizó su contenido mediante referentes semiodiscursivos como el de Greimas.

El desarrollo de las actividades de lectura comentada de las canciones, con una mirada de discurso crítico sobre la ciencia y su relación con la sociedad y el ambiente, se dirigió tanto a la educación superior (estudiantes de diferentes grados y profesorados y formación docente) como a la educación secundaria, en asignaturas de ciencias naturales y minicursos, buscando relacionar temas de física moderna y contemporánea y problematizar el uso del rock en la educación en ciencias. Los resultados muestran que las canciones, aunque hablen del pasado, también evocan el presente y lo contemporáneo y, con ello, exploran una gama de temas científicos con la mediación, la problematización y la dialogicidad del profesor.

En la tesis *Crise de identidade: gênero e Ciência nos quadrinhos de super-heróis*, Nascimento Júnior (2017) analiza la influencia de la cultura del cómic en la formación de la identidad de género de sus consumidores. Con Greimas como base semiótica, el análisis busca comprender las diferentes representaciones de género en este medio y su diálogo con la ciencia. La investigación comenzó con un estudio teórico sobre los estudios culturales y las cuestiones de género, y con una revisión histórica del origen de la cultura del cómic de superhéroes como Superman y la Mujer Maravilla. Posteriormente, se planificaron y desarrollaron talleres en una escuela de educación primaria que involucraban el uso de cómics. Los resultados señalan una sólida relación entre las representaciones de género y la difusión predominante de estereotipos masculinos de científicos en esta cultura. Esta conclusión deriva de la interpretación binaria del género (masculino y femenino) y de un conjunto de valores.

En Santos (2010), la tesis *Física no Ensino Fundamental: formação continuada de professores de Ciências em uma perspectiva sócio-histórica* presenta una propuesta de formación continua mediante un curso de extensión para profesores de ciencias del ciclo II (física en la educación primaria), fundamentada en la teoría sociohistórica de Vygotsky. El estudio aborda la necesidad de analizar la actividad del aula desde diferentes aspectos, como el conceptual, la acción del profesor y del alumno por separado, y las interacciones sociales presentes en el ambiente del aula. Estas interacciones discursivas se analizaron desde la semiótica de Greimas, y los resultados indican que los profesores en formación, al intercambiar experiencias con sus pares, avanzan en prácticas innovadoras y adoptan nuevos contenidos derivados de estas experiencias formativas.

Las tres producciones siguientes se apoyan principalmente en la fundamentación de Raymond Duval[7], quien construyó la teoría de los registros de representación semiótica a partir de las interpretaciones de las teorías de Peirce, Saussure y Frege[8]. En la tesis *Produção de múltiplas representações semióticas para apropriação de conteúdos de Biologia celular no Ensino Médio*, Perucci (2020) investiga la alternancia de múltiples representaciones propias y canónicas en un grupo de educación secundaria técnica. Para ello, se elaboraron unidades didácticas destinadas a propiciar la producción de representaciones, así como la filmación y la narración de experimentos. Perucci (2020) recurre a la semiología de Saussure para definir el signo como una asociación mutuamente dependiente, arbitraria e inmotivada entre significante (porción material) y significado (concepto).

Al tratar la multimodalidad que atraviesa los diferentes sistemas semióticos para que se produzca la apropiación de conceptos científicos, se consultan las concepciones de Duval, quien, al igual que Vygotsky, considera las representaciones mentales conectadas con la interiorización del lenguaje verbal, que constituye un tipo de representación semiótica. Estas representaciones son conscientes y externas, y se registran en

[7] «Raymond Duval es un filósofo y psicólogo francés nacido en 1937. Desarrolló gran parte de sus estudios en Psicología Cognitiva en el Instituto de Investigación en Educación Matemática de Estrasburgo, Francia, entre 1970 y 1999» (Almeida & Silva, 2018, p. 704, traducción nuestra).

[8] Friedrich Ludwig Gottlob Frege (1848-1925) fue un matemático, lógico y filósofo alemán.

variables significantes, cada una con su asociación y sus modos de asociación, en alusión a las categorías[9] sintagmática y paradigmática de Saussure.

Perucci (2020) destaca que empleó la contribución de la multimodalidad en la producción de representaciones propias y canónicas en situaciones que implicaban la producción e interpretación de imágenes fijas y en movimiento, además de analogías verbales y visuales. Los resultados muestran que un ambiente con mayor libertad para la producción de registros, mediante actividades que exploren la multimodalidad, facilita la obtención de expresiones idiosincrásicas y revela al profesor información importante sobre la apropiación de conceptos por parte de los estudiantes.

Andrade Filho (2020), en la tesis *Sequência didática envolvendo modelagem matemática de transformações gasosas: concepção, execução e análise de resultados orientada pela noção de conciliação de metas*, analizó la concepción, la ejecución y los resultados de una secuencia didáctica cuyo plan de acción fue la conciliación colaborativa de la meta de modelar matemáticamente transformaciones gaseosas. Para ello, se movilizaron varias teorías: la de los registros de representación semiótica de Duval, la de la modelización matemática, la de las situaciones didácticas en el contexto de la educación matemática y la de la relevancia y la conciliación de metas en el contexto de las ciencias y del lenguaje. La secuencia se organizó en tres contextos dedicados a las transformaciones isovolumétricas, isobáricas e isotérmicas. En cada fase, los veinte estudiantes de segundo año de la educación secundaria técnica en química participaron en etapas de contextualización, experimentación y modelización matemática. Las evidencias sugieren que la movilización de diferentes registros de representación semiótica de los objetos matemáticos mejoró la concepción y la ejecución de la secuencia didáctica desde el punto de vista del profesor y favoreció las acciones de los estudiantes a lo largo de las etapas de modelización.

En la tesis de Boni (2019), titulada *Reestruturação do modelo de redescrição representacional para a categorização de níveis de explicitação de conhecimentos construídos por estudantes em aprendizagem de composição vetorial de forças*, el objetivo fue categorizar los conocimientos que los estudiantes de educación secundaria presentan sobre la composición vectorial de fuerzas. El análisis de los datos se realizó sobre registros escritos y entrevistas transcritas con nueve estudiantes que participaron en los momentos en que la investigadora realizó intervenciones en las clases de física desde la perspectiva de la diversidad representacional.

La diversidad representacional es una línea de investigación de orden semiológico que reúne tanto los registros representacionales presentes en la teoría de los registros de representación semiótica de Duval como las formas y modos representacionales de referentes que discuten multimodos y representaciones múltiples. En esta línea se busca comprender y estimular la constitución de significados de conceptos científicos y matemáticos expresados por los estudiantes, además de contribuir al proceso educativo en el plano instruccional y cognitivo. Los resultados evidenciaron que los niveles inferiores de explicitación se identifican en cuestiones que exigen procedimientos matemáticos, y que los niveles superiores dependen de la verbalización y de la coordinación de diferentes representaciones de un mismo concepto.

La tesis *Produções escritas dos estudantes do Ensino Fundamental por troca de representação de um signo artístico: aplicação da ferramenta analítica de tipologias discursivas como indicadora da compreensão de sustentabilidade*, de Silva (2018), plantea la hipótesis de que los elementos semióticos derivados de las tipologías discursivas de Santaella[10] y de las categorías de comprensión de la semiología de

[9] Cuando estos signos se expresan, su desarrollo se produce a partir de los ejes estructurantes del lenguaje, el paradigmático y el sintagmático, lo que permite una linealidad. El eje paradigmático deriva de las asociaciones mentales posibles de unidades de significación, mientras que el sintagmático deriva del aumento de las unidades de significación durante el habla (Perucci, 2020).

[10] Maria Lucia Santaella Braga es una de las principales divulgadoras de la semiótica y del pensamiento de Charles Peirce en Brasil, con más de cuarenta libros publicados. Es profesora titular de la Pontificia Universidad Católica de São Paulo (PUC-SP), doctora en Teoría Literaria por la PUC-SP y *livre-docente* en Ciencias de la Comunicación por la ECA/USP.

Prieto[11] (que se apropia de la semiología de Saussure para explicar significante y significado), cuando se trasladan al contexto de la educación en ciencias, pueden servir como un importante instrumento analítico.

La investigación consistió en crear una herramienta para aplicar y analizar si hubo comprensión a partir de las tipologías discursivas de descripción, narración o disertación producidas por estudiantes de los últimos años de la educación primaria. Los resultados indican que los discursos de tipo descriptivo denotan que los estudiantes no comprendieron, mientras que en los de tipo narrativo hubo alguna comprensión y en los de tipo disertativo hubo comprensión o una comprensión errónea. En este sentido, los resultados indican que la herramienta analítica, además de ayudar a identificar los discursos emitidos por los alumnos, permitió analizar su comprensión del contenido de sostenibilidad.

En la tesis *Composição química: estudos semióticos e psicológicos*, de Gonzalez (2016), se analiza cómo los estudiantes de profesorado en química utilizan el signo composición química en problemas teóricos de química según aspectos definidos por la semiótica de Umberto Eco, cómo utilizan ese mismo signo en problemas teóricos según aspectos definidos por el estudio sobre pensamiento y lenguaje de Vygotsky y colaboradores, y también cómo los procesos psíquicos participan en las actividades de interpretación y traducción de fórmulas empíricas en la resolución de problemas teóricos de química. Los datos procedieron de registros en papel y de grabaciones de audio y video transcritas.

Los resultados muestran que, al emplear el signo composición química en la resolución de los problemas teóricos, los estudiantes de profesorado interpretaron y tradujeron las fórmulas empíricas. Los sistemas conceptuales difundidos por las fórmulas empíricas estuvieron marcados por la subjetividad resultante de la socialización, la formación y el desarrollo. Debido a las dificultades de interpretación y traducción de los nombres de las sustancias por parte de los estudiantes, se señala la necesidad de enfatizar la enseñanza del lenguaje químico en la formación inicial y continua de profesores de química, con un enfoque didáctico que valore los aspectos semánticos, sintácticos y psicológicos para la apropiación del signo composición química.

Las doce tesis siguientes se basan en los aportes de Charles Sanders Peirce para la fundamentación teórico-metodológica de sus investigaciones, empezando por *Conceitos ecológicos estruturantes: investigando o pensamento de futuros professores de Ciências Biológicas*, en la que Palhaci (2015) se propone investigar si se forma, y cómo, un pensamiento sistémico en los estudiantes de un curso de formación inicial en ciencias biológicas. Para ello, investigó cómo exponen su pensamiento al concordar o discordar de afirmaciones relacionadas con el conocimiento ecológico y cómo esquematizan conceptos biológicos de ecología en la construcción de mapas conceptuales mediante la apropiación de conceptos estructurantes. El análisis de los datos se basó en la semiótica de Peirce, y los resultados condujeron a la elaboración de cuadros síntesis de significación y de estrategias didácticas en forma de preguntas, que presentan los conceptos ecológicos estructurantes de modo que susciten y apoyen la construcción de un pensamiento más sistémico, menos memorístico y fragmentado.

En *Formação de professores na área de Ciências da Natureza: análise de uma prática reflexiva no estágio supervisionado*, Borges (2010) se propone verificar cómo es posible desarrollar modelos reflexivos en la formación inicial de profesores con base en la reflexión en la acción, buscando alternativas al racionalismo técnico. La investigadora busca diagnosticar los indicadores que potencian la formación docente para una acción que trascienda la reproducción de modelos idealizados e identificar los obstáculos que dificultan esta construcción. El análisis de las transcripciones de reuniones y de los informes de los estudiantes de profesorado se realiza desde la semiótica de Peirce, y los resultados señalan la importancia de la reflexión en la planificación y en la aplicación de la acción didáctica, así como la relevancia de la formación de conceptos científicos.

Los mecanismos utilizados para promover la reflexión colectiva incluyeron estudios a partir de asignaturas específicas y pedagógicas ya cursadas, así como la lectura, la discusión y el análisis de textos que

[11] Luis Jorge Prieto (1926-1996) fue un lingüista y semiólogo argentino que aplicó los principios estructuralistas al estudio fonológico y semántico de los intercambios sociales.

constituyeron la propia acción didáctica. La acción didáctica colectiva consistió en la elección de objetos-tema (ecología, citología y seres vivos) por parte de los estudiantes de profesorado y en la aplicación en grupos de un proyecto en diferentes cursos de una escuela secundaria. La acción didáctica colectiva resultó esencial, ya que favoreció el intercambio de experiencias, la reflexión sobre las actividades y una visión más amplia del proceso.

En la tesis *Perspectiva semiótica sobre o uso de imagens na aprendizagem significativa do conceito de Biotecnologia por alunos do Ensino Médio*, Klein (2011) problematiza la relación entre los códigos visuales y el proceso de construcción de la significación del concepto de biotecnología. Para ello, articula la teoría semiótica de Peirce con la teoría del aprendizaje significativo como herramienta de análisis para identificar elementos presentes en la conceptualización y en la producción de significados científicos. Los datos provienen de los registros de nueve alumnos sobre la lectura de imágenes y mapas conceptuales acerca del ADN, las enzimas de restricción, los transgénicos, la clonación y la biotecnología.

Los resultados indican que los mapas analizados presentan una mayor interacción entre los dominios científico[12], valorativo[13] y descriptivo[14], con una exploración considerable del tema de la biotecnología. En la lectura de imágenes hubo mayor concentración en el dominio científico. Así, se constata que no existe dependencia entre los niveles y dominios de significación y que el proceso de significación es idiosincrásico. Klein (2011) considera que el papel de la imagen en el discurso y en la enseñanza de las ciencias, mediante el instrumento de análisis visual utilizado, resulta eficiente para entender cómo los códigos del modo imagen se convierten en el modo verbal escrito, o viceversa, y sus implicaciones en el aprendizaje.

La tesis *Significados sistêmico-complexos mediados pela linguagem audiovisual: investigando os fatores bio-sócio-histórico-culturais que permeiam as interações entre "ser humano-ambiente-teia alimentar"*, de Macêdo (2019), investiga el proceso de interpretación y reelaboración de significados sistémico-complejos de profesores respecto de los factores bio-socio-histórico-culturales de la relación ser humano-ambiente-red trófica, mediados por el lenguaje audiovisual articulado con el Modelo de Múltiples Perspectivas (MoMuP), a la luz de la semiótica de Peirce. La fundamentación teórica se basa en los paradigmas de la ciencia (cartesiano, sistémico y complejo), el MoMuP, la semiótica de Peirce y los significados sistémico-complejos. La investigación contó con siete profesores, y los datos procedieron de los siguientes instrumentos: un kit conceptual para la elaboración de Organizaciones Conceptuales en Red (OCR), producciones audiovisuales, un cuestionario, una presentación de *PowerPoint* sobre semiótica, entrevistas y planes de clase.

En cuanto a las OCR, las primeras se centran en las relaciones biológicas sub y microscópicas, con cuestiones sociohistórico-culturales puntuales; en las segundas, las relaciones biológicas son más macroscópicas y existe entre los participantes un mayor diálogo sobre cuestiones bio-socio-histórico-culturales. En las producciones audiovisuales, una presenta un contenido contrario al consumo de *fast food* y otra un análisis bio-socio-histórico-cultural de la alimentación y de las relaciones de poder y jerarquía en la cocina, además de cuestiones de género e higiene. Del cuestionario se desprende que la mayoría de los profesores utiliza imágenes y audiovisuales en sus clases. Gran parte de sus respuestas interpretativas presenta una transición entre los niveles de primeridad, segundidad y terceridad.

En *Ensino de Biologia e Educação Ambiental: uma leitura peirceana das formas de relação dos animais humanos com os não humanos*, Rodrigues (2015) se propone conocer e identificar los interpretantes dinámicos emocional, energético y lógico sobre las relaciones de los seres humanos con los animales, producidos en un proceso de enseñanza de la biología con enfoque ambiental en interfaz con los fundamentos de las ciencias normativas de Peirce: estética, ética y lógica. El análisis de los datos, mediante la teoría de los interpretantes de Peirce, las ciencias normativas y la educación ambiental, se realizó a partir de narrativas,

[12] «En el caso del dominio científico, dicha cadena parte de la descripción del objeto científico hasta la explicación de procesos y mecanismos relacionados con la biotecnología» (Klein, 2011, p. 86, traducción nuestra).

[13] «En el ámbito del dominio valorativo, los dominios de significación que el lector puede abordar se limitan a la discusión socioeconómica, ético-moral y ambiental relativa a la temática de la biotecnología» (Klein, 2011, p. 86, traducción nuestra).

[14] Se refiere a la descripción primaria y denotativa del objeto (Klein, 2011).

entrevistas y la producción de cortometrajes por alumnos de educación secundaria. Los resultados muestran que la enseñanza y el aprendizaje que relacionan la biología con la educación ambiental promovieron la actualización de los signos, desencadenaron nuevas semiosis cognitivas y modificaron los ideales de conducta de los estudiantes, posibilitando un nuevo sentir, pensar y actuar.

En la tesis *Interpretação das gesticulações de estudantes no laboratório de Química baseada na semiótica de Peirce*, Salvadego (2015) busca interpretar los sentidos de los gestos de los estudiantes en el laboratorio de química cuando realizan un experimento. Con base en la multimodalidad representacional de la teoría semiótica de Peirce, el laboratorio es un espacio instruccional que favorece la producción de la acepción de los conceptos. Los gestos de los estudiantes ayudan a ampliar sentidos y, con ello, a elaborar significados, y si se consideran signos en el proceso semiótico, pueden estudiarse y analizarse. El foco de la investigación está en las actividades empíricas realizadas con estudiantes de segundo y tercer ciclo de la educación secundaria técnica en química; por ello, las acciones tienen más importancia que los gestos, aunque también pueden pensarse como una composición temporal de gestos.

Así, los gestos son primero expresivos antes que comunicativos, es decir, signos de naturaleza deliberadamente no intencional en la relación emisor/receptor. En el ámbito pedagógico, los gestos tienen dos dimensiones: la cognitiva, que ayuda a construir el pensamiento y a elaborar el significado del aprendiz sobre lo que se estudia, y la de naturaleza evaluativa procesual, que constituye un lenguaje no oral mediante el cual el profesor aprecia el significado del conocimiento que el estudiante está construyendo. Los resultados señalan la necesidad de dar a conocer instrumentos pedagógicos como los evaluados en esta investigación, para que la enseñanza y el aprendizaje en el laboratorio se produzcan de forma efectiva e inmediata.

En la tesis *Níveis interpretantes alcançados por estudantes de licenciatura em Ciências Biológicas acerca das estações do ano por meio da utilização da estratégia de diversidade representacional: uma leitura peirceana para sala de aula*, de Sanzovo (2017), el objetivo es identificar y calificar los niveles interpretantes generados con el uso de la diversidad representacional acerca de las estaciones del año, producidos por dieciocho estudiantes de profesorado en ciencias biológicas. El instrumento analítico utilizado se basa en una reformulación del concepto de interpretante de Peirce que permite al profesor calificar el alcance de la formación del significado construido por los estudiantes.

Los resultados indican que, antes de utilizar esta estrategia de enseñanza, los estudiantes presentaban un nivel interpretante inmediato sobre el concepto, con respuestas estandarizadas, memorizadas a través de representaciones confusas. Durante las acciones, se observó el nivel interpretante dinámico energético en dos alumnos, es decir, comportamientos, actitudes, procedimientos y técnicas elegidos de manera aleatoria y previa. De esos dos estudiantes, uno presentó el llamado nivel interpretante final sobre el fenómeno, en el que se armonizan los niveles interpretantes dinámicos. Con el uso de la diversidad representacional, un número significativo de alumnos demostró un nivel interpretante lógico, estructurando rígidamente el significado del fenómeno astronómico. De ello se desprende la eficacia del instrumento analítico como herramienta para el aula, que ayuda al docente a acompañar la producción y el desarrollo de los significados adquiridos por los estudiantes y que también puede utilizarse como apoyo pedagógico en la preparación de clases y como material didáctico.

En *Alfabetização visual como estratégia de Educação Ambiental sobre resíduo sólido doméstico: os interpretantes de Peirce na compreensão das representações de estudantes do Ensino Médio*, Silva (2013) busca encontrar el modo de generalización típico de los estudiantes de educación secundaria sobre el tema de los residuos sólidos domésticos. El análisis de los datos se realizó con la inserción del razonamiento diagramático en una investigación en la que los estudiantes se manifestaban mediante el lenguaje verbal y pictórico al mismo tiempo que vivían una experiencia de aprendizaje como parte de un contenido de educación ambiental.

La fundamentación teórico-metodológica se basó en la teoría semiótica de Peirce. De los resultados se infiere que el trabajo favoreció la reflexión sobre una práctica de educación ambiental, en la educación

científica, en la que están presentes el estímulo y el fomento de una conciencia crítica sobre la problemática en cuestión, revelando las condiciones en que se establece la alfabetización visual.

La tesis *O discurso imagético no ensino de Física: gestos, materiais e seus significados na transposição do conhecimento científico*, de Santos (2019), tiene como objetivo discutir el papel del lenguaje visual en el trabajo docente en la enseñanza de la física, identificando y clasificando los modos de representación visual utilizados. Las discusiones se basan en la apropiación de la teoría semiótica de Peirce para indicar caminos en el uso del discurso visual, mediante un análisis semiótico visual de clases de física con el propósito de contribuir a la investigación y a las prácticas en educación. A partir de los resultados, se busca justificar la inclusión del lenguaje visual entre los saberes necesarios para la formación docente y contribuir al uso de la semiótica de Peirce como instrumento de análisis de la acción docente.

En la tesis de Souza (2012), titulada *Estratégias de comunicação em Química como índices epistemológicos: análise semiótica das ilustrações presentes em livros didáticos ao longo do século XX*, el objetivo es reconceptualizar, con base en Peirce, las diferentes propuestas de descripción de la actividad del químico y de la enseñanza de la química, caracterizar las estrategias de comunicación del conocimiento químico empleadas por autores de libros de química general y buscar correlaciones entre el perfil de las representaciones investigadas, la evolución del conocimiento químico y las diferentes concepciones sobre esta ciencia.

Se analizaron treinta y una obras y se identificaron diferentes enfoques del conocimiento químico: desde la química como ciencia práctica y aplicada (inicios del siglo XX), pasando por la ciencia de lo invisible (a partir de la década de 1950), hasta la ciencia de interfaces. Esta transición trae cambios en las estrategias de representación del contenido químico: de las ilustraciones de aparatos y experimentos se pasó a una menor atención a los aspectos descriptivos en favor de las representaciones de átomos y moléculas, que a lo largo del siglo se han construido con recursos gráficos elaborados y estrategias semióticas, con un aumento de la iconicidad. La década de 1980 está marcada por un gran número de ilustraciones de fenómenos inaccesibles a nuestros sentidos y de aplicaciones de la química en la vida cotidiana. En consecuencia, se señala que la semiótica de Peirce constituye una línea de investigación prometedora sobre las estrategias discursivas y sus implicaciones para la enseñanza de la química.

En la tesis *Uma proposta de análise semiótica do processo de integração de múltiplas representações*, Silva (2016) se propone desarrollar una herramienta de análisis semiótico basada en la teoría de Peirce, en particular en la perspectiva triádica del signo, en las categorías fenomenológicas de Peirce (primeridad, segundidad y terceridad), en las distinciones entre objeto (inmediato y dinámico) e interpretante (inmediato, dinámico y final) y en el concepto de semiosis (acción del signo), para los procesos de integración entre representaciones que ocurren en situaciones de enseñanza y aprendizaje. Esta herramienta se evaluó en cuanto a su aplicabilidad, es decir, su manejo operativo y su complejidad de comprensión; su coherencia, criterio de validación dado que sus resultados deben ser coherentes con los de la literatura sobre enseñanza de las ciencias; y su relevancia, es decir, su capacidad de ofrecer nuevas informaciones.

Para esta evaluación se desarrollaron dos análisis: el primero se refiere a una entrevista en la que una estudiante de profesorado en física utiliza representaciones en un entorno de simulación sobre el concepto de inercia; el segundo, a una relectura de datos de una investigación publicada en una revista internacional que utiliza el mismo referente teórico. Las conclusiones indican que la herramienta de análisis es aplicable, coherente y relevante, y el análisis de los datos muestra que los resultados son consistentes con los encontrados en la literatura, lo que aporta una nueva perspectiva de análisis para procesos cognitivos como la construcción de sentidos.

En la tesis *Mindware semiótico-comunicativo: campos conceituais no ensino de Física para deficientes visuais utilizando uma interface cérebro-computador*, de Viveiros (2013), el objetivo fue convertir una interfaz en un recurso de apoyo para facilitar la conceptualización de personas con discapacidad física y visual en clases de física. Esta tecnología se evaluó mediante la teoría de los campos conceptuales, considerando en

el análisis técnico-operativo de la interfaz aspectos como la configuración didáctica, la ergonomía cognitiva y la neurociencia cognitiva, además de la teoría semiótica de Peirce.

Los resultados indican que la interfaz alcanza el estatus de tecnología de apoyo para la ampliación sensoriomotora en el control de la unidad robótica mediante el pensamiento en las clases de física, asegurando la inclusión, la accesibilidad y el empoderamiento (*empowerment*) de la persona con discapacidad visual y física. Otro resultado indica que la interfaz fue funcional para el registro y seguimiento de las funciones neurocognitivas en tareas diarias, mediante el análisis de la actividad eléctrica cerebral por electroencefalograma y de los ritmos cerebrales, lo que demostró una predisposición al aprendizaje y propició mecanismos de incorporación cognitiva.

Del análisis de los datos didácticos resulta la existencia de constructos cognitivos propios para la enseñanza y el aprendizaje de la física. Estos constructos componen un protocolo semiótico para la enseñanza de la física y evidencian características sensoriomotoras y cognitivas adecuadas al perfil cognitivo para el aprendizaje conceptual en el área. Comprender el funcionamiento neurocognitivo podría contribuir a la elaboración de estrategias educativas más eficientes y eficaces para personas con o sin algún tipo de necesidad educativa especial.

A partir de la descripción de las veinte tesis realizada arriba, constatamos que diez se centraron en el campo de la formación de profesores y el análisis de la práctica docente, con autoría de Gomes (2016)[15], Santos (2010), Andrade Filho (2020)[16], Gonzalez (2016), Palhaci (2015), Borges (2010), Macêdo (2019), Sanzovo (2017), Santos (2019), Souza (2012) y Silva (2016); mientras que Gomes (2016), Nascimento Júnior (2017), Perucci (2020), Andrade Filho (2020), Boni (2019), Silva (2018), Klein (2011), Rodrigues (2015), Salvadego (2015), Silva (2013), Souza (2012) y Viveiros (2013) se centraron en el estudio de actividades desarrolladas por estudiantes de educación básica. Otro aspecto que consideramos importante mencionar es que la tesis de Perucci (2020) recurre no solo a la escuela semiótica de París, representada por Saussure, sino también a autores como Kress, van Leeuwen y Jewitt, entre otros, pertenecientes a la semiótica social, con el fin de discutir el enfoque de la multimodalidad.

3.3. La escuela de Australia y la semiótica social

En este apartado presentamos la descripción de las doce tesis que asumen la fundamentación teórica de la escuela de la semiótica social, aunque en algunos momentos, de forma minoritaria, identificamos el uso concomitante de influencias de la escuela de París, como en Fernandes (2019) y Freitas (2009). Constatamos también que las tesis de Albuquerque (2018), Souza (2014), Ferry (2016), Silva (2017), Freitas (2009) y Netto (2015) se centran en el campo de la formación de profesores, mientras que las de Fernandes (2019), Pontone Júnior (2016), Fernandes (2007), Bocanegra (2015), Gurgel (2010) y Silva (2020) se centran en actividades desarrolladas por estudiantes de educación básica.

Comenzamos, pues, por Fernandes (2019) con la tesis *A semiótica no processo de ensino e aprendizagem de Química para surdos: um estudo na perspectiva da multimodalidade*, que busca comprender cómo diferentes modos semióticos facilitan el acceso del estudiante sordo a los saberes químicos. La investigación se dirigió a las prácticas de docentes que enseñan química a estudiantes sordos y, con los datos obtenidos en una de las escuelas, se realizó un análisis multimodal de un episodio de enseñanza. Se constató una interdependencia de los modos de producción de sentidos y, además, que las señas-término correspondientes a terminologías químicas son escasas, lo que llevó a la investigación a contribuir al desarrollo de un glosario de señas para facilitar el trabajo docente y el de los intérpretes educativos. En esta investigación también se elaboró una secuencia didáctica multimodal sobre la enseñanza de la energía, aplicada en el segundo año de la educación secundaria a dos alumnos sordos incluidos, y se analizaron sus contribuciones y limitaciones. Se destaca que una buena comunicación en el aula para la construcción de sentidos necesita privilegiar múltiples modos y recursos visuales.

[15] Tesis centrada tanto en los profesores como en los estudiantes.
[16] Tesis centrada tanto en los profesores como en los estudiantes.

Destacamos que, antes de incorporar autores pertenecientes a esta escuela y línea de estudio, Fernandes (2019) recurre al enfoque teórico defendido por Charles Peirce y colaboradores, como Lúcia Santaella. A continuación, presenta el enfoque defendido por autores como Kress, Jewitt, Halliday y Lemke en la discusión de los modos semióticos. La investigadora destaca que en Peirce existe un potencial teórico para discutir las representaciones del conocimiento químico y la elaboración conceptual, en alusión al nivel de la terceridad, mientras que la semiótica social sirve para dilucidar lo intrínseco de las interacciones entre modos, los procesos de representación mediada y las contribuciones a la enseñanza de la química.

En la tesis *Uma imagem vale mais com mil palavras: estudo sobre a produção de textos multimodais para o ensino do conceito de respiração pulmonar*, de Albuquerque (2018), se destaca que los textos multimodales están cada vez más presentes en la vida cotidiana debido al avance de las tecnologías. Sin embargo, su potencial no se explora debidamente, sobre todo en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, ya que muchas veces los docentes no están preparados para la lectura necesaria para su comprensión y producción. Con el objetivo de investigar cómo los conocimientos sobre la multimodalidad incorporados a la formación de profesores pueden contribuir a la lectura y la construcción de textos multimodales para la enseñanza de la respiración pulmonar humana, se desarrolló una asignatura optativa llamada Multimodalidad en la Educación en Ciencias para los profesorados en química y en ciencias biológicas. La asignatura contó con la participación de cuatro estudiantes y tuvo una duración de once meses.

El análisis de los datos se dirigió a los textos multimodales construidos por los estudiantes para las videoclases sobre respiración pulmonar, al análisis videograbado de los textos multimodales empleados en las videoclases, a las respuestas a una entrevista sobre el proceso de producir videoclases, a la producción del conjunto de textos multimodales para la enseñanza de la respiración pulmonar humana y a su validación en clases de grado. Para dicho análisis se emplearon las categorías de la gramática del *diseño* visual de Kress y van Leeuwen. Los resultados muestran que incorporar la multimodalidad a la producción de textos, la evaluación y la lectura amplió la capacidad de representación y comunicación de los participantes mediante la integración de diferentes modos de lenguaje, lo que posibilitó la construcción de material didáctico para la enseñanza del contenido mencionado.

La tesis *Construção de modelos e mediação do conhecimento científico na formação inicial dos professores de Química: uma análise do processo de ensino da Termodinâmica*, de Souza (2014), busca verificar la repercusión de las actividades de modelización en la formación inicial de profesores de química como incentivo a un ambiente dinámico que valora las interacciones dialógicas y las acciones multimodales en el aula. Los estudiantes de profesorado participaron en la construcción social de modelos para explicar la energía implicada en las transformaciones químicas y, en la evaluación final, se enfrentaron a situaciones que les exigían pensar en posibilidades para mediar el conocimiento con estudiantes de educación secundaria.

Los datos procedieron de los registros de materiales escritos, de notas de la observación participante del investigador y de la filmación de las clases. El análisis contó con aportes de la semiótica social representada por Kress, y se concluyó que abordar cuestiones relativas a la mediación social y semiótica en la formación inicial de profesores de química propicia una mejor comprensión de las posibilidades de articulación del conocimiento científico en el aula y los conduce a una comprensión crítica de los fundamentos y usos de los modelos de enseñanza.

En Pontone Júnior (2016), la tesis *Simulações e laboratórios virtuais como recursos mediacionais multimodais nas ações de um professor de Física* investiga cómo un profesor de física utiliza simulaciones y laboratorios virtuales en la enseñanza de esta asignatura. Los participantes fueron estudiantes de una escuela pública federal técnica de nivel secundario. Los datos procedieron de grabaciones en video de una secuencia de enseñanza sobre ondas. Entre los referentes teóricos, el enfoque multimodal de la semiótica social se utilizó en el análisis y ayudó a comprender que el profesor se preocupa por ayudar a los estudiantes a

interpretar los signos que componen las inscripciones didácticas[17] presentes en las pantallas de las aplicaciones y que, al mediar la interacción de los estudiantes con las simulaciones y los laboratorios virtuales, se produce una orquestación de modos de comunicación para explicar conceptos clave e inscripciones didácticas. Las consideraciones finales señalan que hubo una inversión en la dimensión fenomenológica de la física escolar, propiciada por conceptos y modelos a través de aplicaciones o de artefactos para experimentos. Estos modelos y conceptos se caracterizan como herramientas para entender los fenómenos y no como objetos últimos de la actividad de enseñanza.

La tesis *Análise estrutural e multimodal de analogias em uma sala de aula de Química*, de Ferry (2016), tuvo como objetivo comprender las relaciones entre las características de las analogías construidas por un profesor de química y los recursos expresivos que utilizaba. La semiótica social ayuda a suponer que la construcción de analogías[18] en las aulas de ciencias implica la orquestación de múltiples modos de comunicación. Los datos se generaron a partir de la grabación en audio y video de clases en una institución privada de educación superior, y las consideraciones finales permiten comprender la articulación entre los aspectos estructurales y expresivos del proceso de construcción de analogías para compartir significados al enseñar química.

En *Você vê essa adaptação? A aula de campo em Ciências entre o retórico e o empírico*, la tesis de Fernandes (2007) tuvo como objetivo investigar las interacciones comunicativas mediante modos semióticos entre monitores y alumnos durante clases de campo, así como las funciones que desempeñaron los modos en las actividades. Los participantes fueron estudiantes de sexto grado de la educación primaria que participaron en tres viajes para estudiar ecosistemas litorales en el Parque Estatal de la Isla del Cardoso (São Paulo). En un momento dado, se comparan las especificidades del uso de modos semióticos en las clases de campo con su uso en el aula descrito en la literatura. Para realizar estas comparaciones, la base teórica es Márquez[19], quien reúne la enseñanza de las ciencias en el aula con la multimodalidad de la teoría de la semiótica social.

El análisis se realizó sobre los gestos y las intervenciones orales producidos en las clases de campo. El monitor es quien conduce las clases de campo y produce la mayor parte de los mensajes; su habla busca gestionar y controlar la construcción de la narrativa científica. Como en el campo no hay soporte material para el uso de imágenes y textos escritos, el habla y los gestos deben cumplir las funciones de esos modos. A partir del llamado marco referencial empírico, se constata que la diferencia entre una clase de campo y una clase en las dependencias de la escuela radica en la participación de los sujetos en el mundo empírico, como base referencial para la construcción de representaciones y para la negociación colectiva de significados.

En la tesis *O processo de aprendizagem em práticas de ensino por investigação: interpretações a partir da abordagem fenomenológica e Semiótica Social*, Bocanegra (2015) se propuso analizar cómo los sujetos enuncian el aprendizaje de contenidos científicos y lo asocian a aspectos sociocientíficos presentes en los temas estudiados en la asignatura Proyectos Técnico-Científicos (PTC). Los datos provinieron de las descripciones realizadas por estudiantes de una escuela pública de educación secundaria en diferentes etapas del proyecto y, a continuación, se relevaron y analizaron sus percepciones sobre el aprendizaje.

El referente teórico-metodológico estuvo a cargo de la fenomenología y de la semiótica social de Halliday, Lemke y Hasan[20]. Los resultados indican que los estudiantes fueron protagonistas de su aprendizaje mediante el diálogo entre ellos y con la ayuda del profesor, y que la motivación, la dedicación, la atención y el sentido

[17] «[...] las inscripciones pueden entenderse como representaciones no verbales, constituidas por uno o más signos, utilizadas para comunicar informaciones o fenómenos abstractos, o para organizar datos. El concepto de inscripción didáctica designa de modo genérico objetos como fotografías, tablas, gráficos, diagramas, diagramas de flujo y ecuaciones» (Pontone Júnior, 2016, p. 40, traducción nuestra).

[18] «En nuestra investigación utilizamos la Teoría del Mapeo Estructural (Structure-Mapping Theory) propuesta originalmente por Dedre Gentner (Gentner, 1983; Gentner & Markman, 1997) (...) Según esta teoría, la especificidad de las analogías frente a otros tipos de comparación puede identificarse mediante un mapeo de las similitudes postuladas entre relaciones existentes en el dominio familiar y en el dominio poco conocido, también llamados, respectivamente, dominios base y meta» (Ferry, 2016, p. 50, traducción nuestra).

[19] Profesora agregada de la Universitat Autònoma de Barcelona, Facultat de Ciències de l'Educació.

[20] Ruqaiya Hasan (1931-2015), nacida en la India, fue una lingüista y profesora universitaria en Australia y una de las estudiosas de la lingüística sistémico-funcional junto con su cónyuge, Michael Halliday.

crítico en cada etapa del trabajo fueron señalados por los alumnos como algo que les aportó y los motivó a incorporarlo en proyectos futuros.

En la tesis *Análise de diferentes modos de pensar e formas de falar o conceito de ácido/base em uma experiência socialmente situada vivenciada por licenciandos em Química*, Silva (2017) busca analizar diferentes modos de sentido y de significado asociados al concepto de ácido/base. Para ello, se identificaron las características de siete peluqueras pertenecientes a una misma comunidad de práctica, y una entrevista semiestructurada abarcó cuestiones relacionadas con técnicas y procedimientos que implican la comprensión del concepto de ácido. A continuación, se analizó la relación semántica entre los términos científicos y los del cotidiano de estas profesionales para la comprensión de dicho concepto.

La segunda etapa de la investigación consistió en la elaboración de un estudio de caso y de una secuencia didáctica con estudiantes de profesorado en química. Aquí también se analizó el perfil conceptual de la sustancia ácida/básica para verificar los modos de pensar. Además, la relación entre significados y contextos se analizó a partir de la semiótica social de Halliday y Lemke.

Los resultados muestran que el sentido que las peluqueras dan al concepto de ácido deriva de concepciones de naturaleza utilitarista/pragmática, es decir, de las experiencias con la rutina de procedimientos realizada en el salón. En el ámbito académico, los modos de pensar se acercan más a concepciones científicamente aceptadas, como la racionalista, es decir, una forma de conceptualizar ácido/base desvinculada de un contexto social. Sin embargo, en la resolución del estudio de caso se percibió un encuentro entre los diferentes modos de pensar el concepto de ácido/base derivados de los contextos específicos, de modo que los estudiantes de profesorado articularon el lenguaje científico y el lenguaje especializado de la comunidad de práctica.

En *Elementos de uma poética da Ciência: fundamentos teóricos e implicações para o ensino de Ciências*, Gurgel (2010) discutió el papel de las narrativas en el pensamiento científico y en la enseñanza de las ciencias. En primer lugar, realizó una revisión histórica de investigaciones sobre enseñanza y aprendizaje para mostrar que la dimensión epistemológica en la construcción del conocimiento se debilita en virtud de la comprensión de los aspectos semióticos y discursivos de las interacciones en el aula. La discusión también se dirigió a las investigaciones sobre argumentación y a la cuestión de si los modelos adoptados son suficientes para comprender las formas de pensar científicamente, especialmente cuando situaciones que implican alguna novedad requieren nuevos modos de argumentar.

Así, las reflexiones se orientan al campo de la poética de la ciencia. Tras el análisis de algunos textos científicos originales, se verificó que el patrón de argumentación se caracteriza lingüísticamente como narrativo, lo que llevó al autor a pensar en el papel de las narrativas en el pensamiento humano como una forma de elaborar el pensamiento. La semiótica en este trabajo estuvo orientada por los estudios de Jay Lemke. En la etapa final de la investigación, se realizó un conjunto de actividades de producción escrita de los géneros textuales carta y narrativa con estudiantes de un curso de física de una escuela secundaria. Del análisis de las narrativas científicas se desprende que los estudiantes las producen satisfactoriamente en lo que respecta a la organización de situaciones o acontecimientos en los que está implicado el conocimiento científico, cumpliendo su papel en el aprendizaje de las ciencias.

La tesis *A escolarização dos conteúdos imagéticos da Biologia: um estudo das práticas de construção e execução de aulas pelo professor de Biologia*, de Freitas (2009), tiene como objetivo comprender el papel del profesor en las prácticas escolares de transmisión de los saberes visuales de las ciencias biológicas. Los datos se recogieron mediante la filmación de clases de biología de educación secundaria en una escuela, la copia de material de libros, cuadernos y sitios web utilizados en las clases observadas y entrevistas con el profesor de la escuela.

El análisis recurrió a la semiótica y al análisis del discurso de Bernstein y Bajtín, aplicados a los textos-imagen escritos e impresos y a otras representaciones en imágenes relacionadas con el contenido trabajado. La semiótica se consultó en autores como Lemke, Kress y van Leeuwen, pertenecientes a la semiótica social, lo que indica que el enfoque adoptado en la investigación considera el contenido de biología representado

mediante la multimodalidad. El análisis de la imagen como signo se basó en Santaella, a la luz de las ideas de Peirce, según las cuales la semejanza entre el signo de la imagen y su objeto de referencia es la causa de la polisemia del concepto de imagen.

A partir del análisis semiótico, se constata que el profesor es quien descifra las imágenes y los códigos arbitrarios y abstractos de la biología académica y, para ello, utiliza diferentes recursos semióticos simultáneos, como el gestual, el pictórico y el verbal. La pizarra constituye el principal recurso material. El profesor también articula ejemplos procedentes de su experiencia de vida para contextualizar ciertos conceptos y códigos. Sin embargo, en algunos casos puede haber una reproducción todavía abstracta, sin contextualización. En los libros, las imágenes dan la impresión de depender de la acción mediadora del profesor, ya que carecen de textos explicativos sobre sus formas de uso. La investigadora concluye que existe una necesidad de formación de los profesores tanto para la comprensión conceptual de las imágenes como para su uso en el aula.

En la tesis *Encontro com saberes de Física em uma atividade usando a dança como artefato cultural*, Silva (2020) se propuso analizar cómo se produce el proceso de aprendizaje de saberes de mecánica general en el primer año de la educación secundaria utilizando la danza como artefacto cultural. El objetivo específico fue verificar si una actividad de este tipo actualiza la percepción de los estudiantes sobre la física y la danza. La investigación se desarrolló a partir de un proyecto llamado «Física y Danza» y contó con trece estudiantes. Los datos procedieron de una entrevista sociocultural, de dos pruebas diagnósticas sobre los saberes de los estudiantes, de la observación de las interacciones durante los encuentros y de una entrevista individual con cada uno. Como apoyo teórico y metodológico se utilizó la teoría de la objetivación propuesta por Radford[21], centrada en el enfoque semiótico, en el estudio del signo en su uso social, es decir, en el análisis de fenómenos ocurridos en el aula que, mediante actividades de enseñanza y aprendizaje, abarcan procesos de objetivación (actualización de saberes) y de subjetivación (transformación del ser).

El análisis se centró en los elementos semióticos de los discursos orales y escritos (gestos, postura corporal y entonación de voz, entre otros), así como en los movimientos de danza realizados por los alumnos. Los resultados indican que, en el proceso de objetivación, los alumnos utilizaron recursos semióticos para expresar sus saberes y se observó una polisemia en el uso de ciertas terminologías de la física, como los significados de velocidad y colisión; en el proceso de subjetivación, hubo un cambio en la percepción de los alumnos respecto de la física y la danza. Esta pasó a verse más allá de las artes, con posibilidades de articulación entre ambas. Las consideraciones finales indican que el aprendizaje producido en las actividades propició una actualización de saberes en el aula que involucra elementos de la subjetividad humana, lo que se contrapone a una enseñanza tradicional.

En la tesis *Complementaridade onda-partícula e emaranhamento quântico na formação de professores de Física segundo a perspectiva sociocultural*, Netto (2015) se dedica al estudio de algunos conceptos de física cuántica en la formación de profesores de física y, para ello, realizó tres estudios: uno piloto y dos intervenciones didácticas en una asignatura de física moderna y contemporánea de grado. El aporte teórico adoptado proviene de la perspectiva sociocultural, más específicamente de la teoría de la mediación de Vygotsky. En algunos momentos, Netto (2015) también se remite a Wertsch[22], quien, alineado con la corriente sociocultural y seguidor de los estudios de Vygotsky, aborda la mediación semiótica como uno de los conceptos esenciales para entender la zona de desarrollo próximo[23] (ZDP).

Las actividades con los participantes incluyeron una exposición teórica y una simulación computacional, reconocida por Netto (2015) como un dispositivo semiótico. Para comprender en qué medida las acciones mediadas por el uso de la simulación computacional promovieron la construcción conceptual colaborativa

[21] Luis Radford es profesor de la Escuela de Ciencias de la Educación de la Laurentian University, en Canadá.

[22] James Wertsch es profesor de antropología sociocultural; estudia narrativas y memorias nacionales, memoria e identidad colectivas, especialmente en Rusia y en otros países de la antigua Unión Soviética, así como en Estados Unidos.

[23] «Para explicar el desarrollo psicológico, que puede caracterizarse por una evolución cualitativa en la capacidad de realizar ciertas tareas de un nivel de complejidad a otro más elevado, Vygotsky introdujo el concepto de zona de desarrollo próximo (ZDP)» (Netto, 2015, p. 114, traducción nuestra).

entre los profesores en formación, se analizaron los discursos, que revelan el mantenimiento de visiones antagónicas en los modelos explicativos construidos, además de la presencia de nociones clásicas en el intento de una explicación plausible del fenómeno.

De las doce tesis descritas en este apartado, las dos últimas, de Silva (2020) y Netto (2015), se fundamentan no en autores pertenecientes a la corriente de la semiótica social, como las otras diez, sino en teóricos que buscan aproximaciones con esta corriente. En la tesis de Silva (2020), Radford es el teórico principal y se basa en la corriente histórico-cultural de Lev Vygotsky. Aunque Vygotsky no propuso necesariamente una teoría semiótica, consideró el lenguaje como el principal y más potente factor de influencia en la comunicación y el pensamiento y no introdujo la noción de multimodalidad como los autores de la semiótica social (Jewitt et al., 2016), entendemos que la producción de Silva (2020) es adecuada en este apartado, ya que Radford reconoce la semiótica cultural como posibilidad de intervención de diferentes signos, como gestos, palabras y ritmos, entre otros.

En la investigación doctoral de Netto (2015), la fundamentación teórica se encuentra en autores como Vygotsky y Wertsch, situados en la vertiente sociocultural, que concibe la actividad humana como mediada por instrumentos materiales, por signos y por la práctica cultural. De ello se deriva el desarrollo humano, influido por los mediadores y constituido por la significación cultural al ser estos utilizados, transformados y construidos (Ribas & Moura, 2006).

Para concluir el estudio, en el próximo apartado asumimos y justificamos la elección teórica de la semiótica social con énfasis en el enfoque de la multimodalidad. En un movimiento cartográfico, nos dirigimos a algunos aspectos de las doce tesis que nos llamaron la atención y nos ayudaron a discernir lo que buscamos comprender al habitar el territorio de la formación *online* de profesores de ciencias.

4. El diálogo con las producciones: la elección del enfoque multimodal a partir de la semiótica social como campo de estudio

A lo largo de este texto conocimos brevemente las escuelas que influyeron en los estudios de la semiótica, así como investigaciones doctorales orientadas por estas escuelas. Ahora daremos especial relieve a la semiótica social, corriente teórica que asumimos en la investigación doctoral. Está representada por reconocidos estudiosos como Michael Halliday, Gunther Kress, Jay Lemke, Theo van Leeuwen y Carey Jewitt, entre otros, que inicialmente nos fueron «presentados» por medio del teórico Gordon Wells.

En la semiótica social tenemos una nueva fase de estudios, pues la construcción de significados se analiza como un proceso, una construcción social, es decir, «[...] tiene que ver con la semiosis humana como un fenómeno social en sus orígenes, funciones, contextos y efectos» (Santos & Pimenta, 2014, p. 298, traducción nuestra). Así, el foco está en los significados, teniendo en cuenta el contexto cultural e ideológico en el que se está inmerso.

El signo se produce a partir del interés del productor, que elige la representación más adecuada de lo que desea significar. Santos y Pimenta (2014, p. 299, traducción nuestra) destacan que esta formulación garantiza «[...] una diferencia reveladora entre la semiótica convencional y la semiótica social, que acerca esta última a las lecturas de los procesos ideológicos y de poder», es decir, los productores e intérpretes de los textos siguen caminos basados en sus intereses y elecciones.

Desde la perspectiva de la semiótica social, el texto se considera de formato multimodal y socialmente atribuido, lo que implica la representación y la comunicación. La primera está guiada por el interés y la motivación del productor, que tiene en cuenta el contexto y la cultura. La segunda es un proceso en el que, al mismo tiempo, un producto se produce y se interpreta. Así, la comunicación es una vía de doble sentido, que depende no solo de quien la produce, sino también de quien la interpreta.

Ante la posibilidad de producir significados considerando una variedad de modos y medios a disposición de los actores socioculturales, el enfoque multimodal surge como campo de estudio. Es en él donde los modos

semióticos, como la imagen, lo verbal, los gestos y la música, entre otros, son posibles gracias a modalidades sensoriales como la visual, la táctil, la cinética, la gustativa y la auditiva, entre otras (Santos & Pimenta, 2014).

Aunque hoy pueda resultar familiar e incluso obvio que la comunicación siempre es multimodal, ya sea presencial o a distancia, históricamente el lenguaje verbal, especialmente el modo escrito, recibió más atención que la multiplicidad de recursos también moldeados socialmente para la comunicación. Las tecnologías digitales han ayudado a visualizar que los textos son multimodales y que el lenguaje mediante el habla y la escritura ya no es suficiente ni único para expresar un significado (Adami, 2017).

Al afirmar que «[...] el paisaje semiótico (...) contribuye de manera esencial a la visibilidad de la multimodalidad como fenómeno de la comunicación contemporánea y a su utilidad como noción capaz de dar cuenta de la construcción de sentido contemporánea», Adami (2017, p. 458, traducción nuestra) nos invita a reflexionar sobre los textos con los que tenemos contacto a diario, que combinan colores, escrituras, sonidos, imágenes y *layout*, y que muchas veces nos incitan a interactuar mediante la asignación de tareas, ya sea en entornos *online* u *offline*. En consecuencia, producimos nuestros propios textos, combinamos una gama de opciones modales y exploramos las nuevas funciones de los recursos del lenguaje, como los *hipervínculos* y las videollamadas, entre otros.

A la luz de lo expuesto sobre la teoría de la semiótica social y de la descripción de las doce tesis en el apartado anterior, seis se basaron en ella para investigar la formación de profesores de ciencias: Albuquerque (2018), Souza (2014), Ferry (2016), Silva (2017), Freitas (2009) y Netto (2015). Percibimos como característica de las investigaciones orientadas por esta teoría la cuestión de comprender el proceso de investigar, verificar y analizar un fenómeno desde la perspectiva del investigador y como objetivo de la investigación.

En estas producciones constatamos que no existe un enfoque en el campo de análisis de los entornos virtuales de aprendizaje (EVA)[24], ni tampoco en el trabajo semiótico[25], como perspectiva de cómo el profesor en formación inicial construye significados sobre los fenómenos para posibilitar el aprendizaje de las ciencias. No obstante, identificamos algunas aproximaciones con nuestro trabajo en las tesis de Albuquerque (2018), Souza (2014) y Netto (2015), y en las dos primeras estuvo presente el enfoque de la multimodalidad.

Otro aspecto emergente en algunas tesis, centradas tanto en la formación de profesores como en estudiantes de educación básica, es el estudio de la construcción de modelos explicativos como una forma de representación multimodal. Aquí podemos añadir el trabajo semiótico desempeñado por los sujetos en esa construcción. Destacan Souza (2014), que aborda la modelización en la formación inicial de profesores de química para la articulación del conocimiento científico, y Netto (2015), con modelos explicativos construidos de forma colaborativa por estudiantes de profesorado en física, gestionados mediante acciones mediadas por el uso de simuladores y por la acción de preguntar para explicar un concepto de física cuántica.

También está Pontone Júnior (2016), que aborda con estudiantes de educación básica los modelos como herramientas para entender los fenómenos, es decir, no como objeto físico, sino como un mediador que desencadena otros signos y que al mismo tiempo es un medio material, y Gurgel (2010), en la comprensión de las formas de pensar científicamente.

Entre todos los aspectos señalados en las tesis, la de Albuquerque (2018) es la que más se aproxima a nuestro fenómeno de estudio en la investigación doctoral, ya que abarca el estudio del cuerpo humano mediante la representación y la comunicación multimodal por parte de estudiantes de profesorado. Sin embargo, en nuestra investigación abrimos la posibilidad de investigar el trabajo semiótico en el campo de la

[24] Sistemas o *softwares* que reúnen contenidos, ejercicios y herramientas de cursos *online* para una comunidad virtual. Disponible en <https://tutormundi.com/blog/ambiente-virtual-de-aprendizagem/>.

[25] Kress (2010) y colaboradores denominan así la combinación de modos, suponiendo que cada uno comunica un significado y que el conjunto representa lo que se desea, es decir, una semiosis.

formación *online* de profesores de ciencias, es decir, en los procesos de construcción de significados por parte de los sujetos que pertenecen a esta comunidad social.

5. Anexo 1

Identificación de las producciones seleccionadas en el portal Oasisbr

Autor	**Título**	**Programa de posgrado/universidad**	**Director**	**Año**
José Artur Barroso Fernandes	Você vê essa adaptação? A aula de campo em Ciências entre o retórico e o empírico	Programa de Pós-Graduação em Educação/Universidade de São Paulo	Sílvia L. F. Trivelato	2007
Cláudia Avellar Freitas	A escolarização dos conteúdos imagéticos da Biologia: um estudo das práticas de construção e execução de aulas pelo professor de Biologia	Programa de Pós-Graduação em Educação/Universidade Federal de Minas Gerais	Isabel Cristina Alves da Silva Frade	2009
Emerson Izidoro dos Santos	Física no Ensino Fundamental: Formação continuada de professores de Ciências em uma perspectiva sócio-histórica	Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência/Universidade Estadual Paulista	Alberto Gaspar	2010
Ivã Gurgel	Elementos de uma poética da Ciência: fundamentos teóricos e implicações para o ensino de Ciências	Programa de Pós-Graduação em Educação/Universidade de São Paulo	Maurício Pietrocola	2010
Juliane Cristina Fabre Borges	Formação de professores na área de Ciências da Natureza: análise de uma prática reflexiva no estágio supervisionado	Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência/Universidade Estadual Paulista	Ana Maria de Andrade Caldeira	2010
Tânia Aparecida da Silva Klein	Perspectiva semiótica sobre o uso de imagens na aprendizagem significativa do conceito de Biotecnologia por alunos do Ensino Médio	Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática/Universidade Estadual de Londrina	Carlos Eduardo Laburú	2011
Karina Aparecida de Freitas Dias de Souza	Estratégias de comunicação em Química como índices epistemológicos: análise semiótica das ilustrações presentes em livros didáticos ao longo do século XX	Programa de Pós-Graduação em Química/Universidade de São Paulo	Paulo Alves Porto	2012
Edval Rodrigues de Viveiros	Mindware semiótico-comunicativo: campos conceituais no ensino de Física para deficientes visuais utilizando uma interface cérebro-computador	Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência/Universidade Estadual Paulista	Eder Pires de Camargo	2013
Patrícia de Oliveira Rosa da Silva	Alfabetização visual como estratégia de Educação Ambiental sobre resíduo sólido doméstico: os interpretantes de Peirce na compreensão das representações de estudantes do Ensino Médio	Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática/Universidade Estadual de Londrina	Carlos Eduardo Laburú	2013
Vinícius Catão de Assis Souza	Construção de modelos e mediação do conhecimento científico na formação inicial dos professores de Química: uma análise do processo de ensino da Termodinâmica	Programa de Pós-Graduação em Educação/Universidade Federal de Minas Gerais	Orlando Gomes de Aguiar Júnior	2014
Adriana Ribeiro Ferreira Rodrigues	Ensino de Biologia e Educação Ambiental: uma leitura peirceana das formas de relação dos animais humanos com os não humanos	Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática/Universidade Estadual de Londrina	Carlos Eduardo Laburú	2015
Carlos Henrique	O processo de aprendizagem em práticas	Programa de Pós-	Silvia Regina	2015

Autor	**Título**	**Programa de posgrado/universidad**	**Director**	**Año**
Bocanegra	de ensino por investigação: interpretações a partir da abordagem fenomenológica e semiótica social	Graduação em Educação para a Ciência/Universidade Estadual Paulista	Quijadas Aro Zuliani	
Jader da Silva Netto	Complementaridade onda-partícula e emaranhamento quântico na formação de professores de Física segundo a perspectiva sociocultural	Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física/Universidade Federal do Rio Grande do Sul	Fernanda Ostermann	2015
Talitha Placido Palhaci	Conceitos ecológicos estruturantes: investigando o pensamento de futuros professores de Ciências Biológicas	Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência/Universidade Estadual Paulista	Ana Maria de Andrade Caldeira	2015
Wanda Naves Cocco Salvadego	Interpretação das gesticulações de estudantes no laboratório de Química baseada na semiótica de Peirce	Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática/Universidade Estadual de Londrina	Carlos Eduardo Laburú	2015
Alexandre da Silva Ferry	Análise estrutural e multimodal de analogias em uma sala de aula de Química	Programa de Pós-Graduação em Educação: Conhecimento e Inclusão Social/Universidade Federal de Minas Gerais	Helder de Figueirêdo e Paula	2016
Emerson Ferreira Gomes	Astros do rock: uma perspectiva sociocultural no uso da canção na Educação em Ciências	Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Educação/Universidade de São Paulo	Luís Paulo de Carvalho Piassi	2016
Isadora Melo Gonzalez	Composição química: estudos semióticos e psicológicos	Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências/Universidade Federal da Bahia	José Luis de Paula Barros Silva	2016
Marcus Vinícius Duarte Silva	Uma proposta de análise semiótica no processo de integração de múltiplas representações	Programa de Pós-Graduação em Educação/Universidade Federal de Minas Gerais	Rosária Justi	2016
Renato Pontone Junior	Simulações e laboratórios virtuais como recursos mediacionais multimodais nas ações de um professor de Física	Programa de Pós-Graduação em Educação: Conhecimento e Inclusão Social/Universidade Federal de Minas Gerais	Helder de Figueirêdo e Paula	2016
Daniel Trevisan Sanzovo	Níveis interpretantes alcançados por estudantes de licenciatura em Ciências Biológicas acerca das estações do ano por meio da utilização da estratégia de diversidade representacional: uma leitura peirceana para sala de aula	Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática/Universidade Estadual de Londrina	Carlos Eduardo Laburú	2017
Flávia Cristiane Vieira da Silva	Análise de diferentes modos de pensar e formas de falar o conceito de ácido/base em uma experiência socialmente situada vivenciada por licenciandos em Química	Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências/Universidade Federal Rural de Pernambuco	Edenia Maria Ribeiro do Amaral	2017
Francisco de Assis Nascimento Junior	Crise de identidade: Gênero e Ciência nos Quadrinhos de super-heróis	Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Educação/Universidade de São Paulo	Luís Paulo de Carvalho Piassi	2017
Mariana Fernandes da	Produções escritas dos estudantes do Ensino Fundamental por troca de	Programa de Pós-Graduação em Ensino de	Carlos Eduardo	2018

Autor	Título	Programa de posgrado/universidad	Director	Año
Silva	representação de um signo artístico: aplicação da ferramenta analítica de tipologias discursivas como indicadora da compreensão de sustentabilidade	Ciências e Educação Matemática/Universidade Estadual de Londrina	Laburú	
Tereza Cristina Cavalcanti de Albuquerque	Uma imagem vale mais com mil palavras: estudo sobre a produção de textos multimodais para o ensino do conceito de respiração pulmonar	Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências/Universidade Federal Rural de Pernambuco	Ana Maria dos Anjos Carneiro-Leão	2018
Alan Santos do Santos	O discurso imagético no ensino de Física: gestos, materiais e seus significados na transposição do conhecimento científico	Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências/Universidade Federal da Bahia	Maria Cristina M. Penido	2019
Jomara Mendes Fernandes	A semiótica no processo de ensino e aprendizagem de Química para surdos: um estudo na perspectiva da multimodalidade	Programa de Pós-Graduação em Química/Universidade Federal de Juiz de Fora	Ivoni de Freitas Reis	2019
Keila Tatiana Boni	Reestruturação do modelo de redescrição representacional para a categorização de níveis de explicitação de conhecimentos construídos por estudantes em aprendizagem de composição vetorial de forças	Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática/Universidade Estadual de Londrina	Carlos Eduardo Laburú	2019
Patrícia Barros de Macêdo	Significados sistêmico-complexos mediados pela linguagem audiovisual: investigando os fatores bio-sócio-histórico-culturais que permeiam as interações entre "ser humano-ambiente-teia alimentar"	Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática/Universidade Federal Rural de Pernambuco	Ana Maria dos Anjos Carneiro-Leão	2019
Bazilicio Manoel de Andrade Filho	Sequência didática envolvendo modelagem matemática de transformações gasosas: concepção, execução e análise de resultados orientada pela noção de conciliação de metas	Programa de Pós-Graduação em Ciências da Linguagem/Universidade do Sul de Santa Catarina	Fábio José Rauen	2020
Lucas Roberto Perucci	Produção de múltiplas representações semióticas para apropriação de conteúdos de Biologia celular no Ensino Médio	Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática/Universidade Estadual de Londrina	Carlos Eduardo Laburú	2020
Ronaldo Conceição da Silva	Encontro com saberes de Física em uma atividade usando a dança como artefato cultural	Programa de Pós-Graduação em Educação/Universidade Federal de Mato Grosso do Sul	Shirley Takeco Gobara	2020

Fuente: Portal Brasileño de Publicaciones y Datos Científicos en Acceso Abierto (Oasisbr), Instituto Brasileño de Información en Ciencia y Tecnología (IBICT).

Referencias

Adami, E. (2017). Multimodality. In *Oxford research encyclopedia of linguistics* (pp. 451–459). Oxford University Press.

Albuquerque, T. C. C. de (2018). *Uma imagem vale mais com mil palavras: estudo sobre a produção de textos multimodais para o ensino do conceito de respiração pulmonar* [Tesis doctoral, Universidade Federal Rural de Pernambuco].

Andrade Filho, B. M. de (2020). *Sequência didática envolvendo modelagem matemática de transformações gasosas: concepção, execução e análise de resultados orientada pela noção de conciliação de metas* [Tesis doctoral, Universidade do Sul de Santa Catarina].

Bocanegra, C. H. (2015). *O processo de aprendizagem em práticas de ensino por investigação: interpretações a partir da abordagem fenomenológica e semiótica social* [Tesis doctoral, Universidade Estadual Paulista].

Boni, K. T. (2019). *Reestruturação do modelo de redescrição representacional para a categorização de níveis de explicitação de conhecimentos construídos por estudantes em aprendizagem de composição vetorial de forças* [Tesis doctoral, Universidade Estadual de Londrina].

Borges, J. C. F. (2010). *Formação de professores na área de Ciências da Natureza: análise de uma prática reflexiva no estágio supervisionado* [Tesis doctoral, Universidade Estadual Paulista].

Deleuze, G., & Guattari, F. (1995). *Mil platôs: Capitalismo e esquizofrenia* (Vol. 1). Editora 34.

Fernandes, J. A. B. (2007). *Você vê essa adaptação? A aula de campo em Ciências entre o retórico e o empírico* [Tesis doctoral, Universidade de São Paulo].

Fernandes, J. M. (2019). *A semiótica no processo de ensino e aprendizagem de Química para surdos: um estudo na perspectiva da multimodalidade* [Tesis doctoral, Universidade Federal de Juiz de Fora].

Ferry, A. da S. (2016). *Análise estrutural e multimodal de analogias em uma sala de aula de Química* [Tesis doctoral, Universidade Federal de Minas Gerais].

Freitas, C. A. (2009). *A escolarização dos conteúdos imagéticos da Biologia: um estudo das práticas de construção e execução de aulas pelo professor de Biologia* [Tesis doctoral, Universidade Federal de Minas Gerais].

Gomes, E. F. (2016). *Astros do rock: uma perspectiva sociocultural no uso da canção na Educação em Ciências* [Tesis doctoral, Universidade de São Paulo].

Gonzalez, I. M. (2016). *Composição química: estudos semióticos e psicológicos* [Tesis doctoral, Universidade Federal da Bahia].

Gurgel, I. (2010). *Elementos de uma poética da Ciência: fundamentos teóricos e implicações para o ensino de Ciências* [Tesis doctoral, Universidade de São Paulo].

Jewitt, C., Bezemer, J., & O'Halloran, K. (2016). *Introducing multimodality*. Routledge.

Klein, T. A. da S. (2011). *Perspectiva semiótica sobre o uso de imagens na aprendizagem significativa do conceito de Biotecnologia por alunos do Ensino Médio* [Tesis doctoral, Universidade Estadual de Londrina].

Kress, G. (2010). *Multimodality: A social semiotic approach to contemporary communication*. Routledge.

Kress, G., & van Leeuwen, T. (2006). *Reading images: The grammar of visual design* (2.ª ed.). Routledge.

Macêdo, P. B. de (2019). *Significados sistêmico-complexos mediados pela linguagem audiovisual: investigando os fatores bio-sócio-histórico-culturais que permeiam as interações entre "ser humano-ambiente-teia alimentar"* [Tesis doctoral, Universidade Federal Rural de Pernambuco].

Nascimento Júnior, F. de A. (2017). *Crise de identidade: gênero e Ciência nos quadrinhos de super-heróis* [Tesis doctoral, Universidade de São Paulo].

Netto, J. da S. (2015). *Complementaridade onda-partícula e emaranhamento quântico na formação de professores de Física segundo a perspectiva sociocultural* [Tesis doctoral, Universidade Federal do Rio Grande do Sul].

Nöth, W. (2013). *Panorama da semiótica: De Platão a Peirce* (6.ª ed.). Annablume.

Palhaci, T. P. (2015). *Conceitos ecológicos estruturantes: investigando o pensamento de futuros professores de Ciências Biológicas* [Tesis doctoral, Universidade Estadual Paulista].

Passos, E., Kastrup, V., & Escóssia, L. da (Comps.). (2012). *Pistas do método da cartografia: Pesquisa-intervenção e produção de subjetividade*. Sulina.

Perucci, L. R. (2020). *Produção de múltiplas representações semióticas para apropriação de conteúdos de Biologia celular no Ensino Médio* [Tesis doctoral, Universidade Estadual de Londrina].

Pontone Júnior, R. (2016). *Simulações e laboratórios virtuais como recursos mediacionais multimodais nas ações de um professor de Física* [Tesis doctoral, Universidade Federal de Minas Gerais].

Quadros, A. L., et al. (2018). A multimodalidade em livros didáticos de Ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, *18*(3), 267–296.

Ribas, T., & Moura, M. O. (2006). Teoria da atividade: Contribuições para o ensino e a pesquisa em Educação em Ciências. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, *8*(1), 1–18.

Rodrigues, A. R. F. (2015). *Ensino de Biologia e Educação Ambiental: uma leitura peirceana das formas de relação dos animais humanos com os não humanos* [Tesis doctoral, Universidade Estadual de Londrina].

Salvadego, W. N. C. (2015). *Interpretação das gesticulações de estudantes no laboratório de Química baseada na semiótica de Peirce* [Tesis doctoral, Universidade Estadual de Londrina].

Santos, A. S. do (2019). *O discurso imagético no ensino de Física: gestos, materiais e seus significados na transposição do conhecimento científico* [Tesis doctoral, Universidade Federal da Bahia].

Santos, E. I. dos (2010). *Física no Ensino Fundamental: formação continuada de professores de Ciências em uma perspectiva sócio-histórica* [Tesis doctoral, Universidade Estadual Paulista].

Santos, R. E., & Pimenta, S. G. (2014). A Semiótica Social como aporte teórico para o ensino de Ciências. *Ciência & Educação*, *20*(2), 297–310.

Sanzovo, D. T. (2017). *Níveis interpretantes alcançados por estudantes de licenciatura em Ciências Biológicas acerca das estações do ano por meio da utilização da estratégia de diversidade representacional: uma leitura peirceana para sala de aula* [Tesis doctoral, Universidade Estadual de Londrina].

Silva, F. C. V. da (2017). *Análise de diferentes modos de pensar e formas de falar o conceito de ácido/base em uma experiência socialmente situada vivenciada por licenciandos em Química* [Tesis doctoral, Universidade Federal Rural de Pernambuco].

Silva, M. F. da (2018). *Produções escritas dos estudantes do Ensino Fundamental por troca de representação de um signo artístico: aplicação da ferramenta analítica de tipologias discursivas como indicadora da compreensão de sustentabilidade* [Tesis doctoral, Universidade Estadual de Londrina].

Silva, M. V. D. (2016). *Uma proposta de análise semiótica no processo de integração de múltiplas representações* [Tesis doctoral, Universidade Federal de Minas Gerais].

Silva, P. de O. R. da (2013). *Alfabetização visual como estratégia de Educação Ambiental sobre resíduo sólido doméstico: os interpretantes de Peirce na compreensão das representações de estudantes do Ensino Médio* [Tesis doctoral, Universidade Estadual de Londrina].

Silva, R. C. da (2020). *Encontro com saberes de Física em uma atividade usando a dança como artefato*

cultural [Tesis doctoral, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul].

Souza, K. A. de F. D. de (2012). *Estratégias de comunicação em Química como índices epistemológicos: análise semiótica das ilustrações presentes em livros didáticos ao longo do século XX* [Tesis doctoral, Universidade de São Paulo].

Souza, V. C. de A. (2014). *Construção de modelos e mediação do conhecimento científico na formação inicial dos professores de Química: uma análise do processo de ensino da Termodinâmica* [Tesis doctoral, Universidade Federal de Minas Gerais].

Viveiros, E. R. de (2013). *Mindware semiótico-comunicativo: campos conceituais no ensino de Física para deficientes visuais utilizando uma interface cérebro-computador* [Tesis doctoral, Universidade Estadual Paulista].