



INTEGRANDO ARTE E CIÊNCIA NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE QUÍMICA: UMA ANÁLISE SEMIÓTICA PEIRCEANA

Integrating Art and Science in chemistry teacher training: a Peircean semiotics analysis

Matheus de Castro e Silva [matheuscastroqui@gmail.com]
PROMESTRE – Mestrado Profissional em Educação e Docência
Faculdade de Educação (FaE)
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
Avenida Presidente Antônio Carlos, 6627, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil

Penha Souza Silva [penhadss@gmail.com]
Departamento de Métodos e Técnicas de Ensino (DMTE)
Faculdade de Educação (FaE)
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
Avenida Presidente Antônio Carlos, 6627, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil

Resumo

As atividades e as práticas humanas, assim como os processos de ensino e aprendizagem, são estruturadas por meio das linguagens e seus signos que podem ser produzidos de diversas maneiras, constituindo um fenômeno de comunicação e construção de sentidos (semiose). Este trabalho investiga as formas pelas quais os licenciandos em Química abordam conceitos, entidades, modelos e fenômenos científicos a partir da expressão artística do desenho. Para isso, analisamos, segundo a semiótica de Charles Sanders Peirce, seis desenhos produzidos por estudantes de licenciatura em Química representando os elementos carbono e mercúrio e suas substâncias. Assim, entendemos o papel dos licenciandos não só como observadores, mas também como criadores de símbolos, ícones e índices. As análises guiadas pelos pontos de vista qualitativo-icônico, singular-indicativo e convencional-simbólico propostos por Santaella (2018) apontaram uma pluralidade de construções de significados, oportunizada pela expressão artística, pela experiência estética e pelo conhecimento científico abordado em cada imagem. A apropriação de símbolos convencionados pela Ciência na identificação do elemento químico representado nem sempre assumiu um papel central na semiose, especialmente quando eram tratadas as propriedades e aplicações das substâncias. Nestes casos, os licenciandos optaram por uma mediação signica estruturada por criações próprias, utilizando-se de diferentes formas, cores e proporções.

Palavras-Chave: Desenho; Semiótica; Formação de Professores; Elemento Químico.

Abstract

Human activities and practices, as the teaching and learning processes, are structured by languages and their signs, which can be framed in multiple paths, creating a phenomenon of meaning construction (semiosis). This work investigates how Chemistry undergraduates' approach scientific concepts, entities, models and phenomena using the artistic expression of drawing. Therefore, we analyzed, according to Charles Sanders Peirce's semiotics, six drawings produced by undergraduate students in Chemistry representing the elements carbon and mercury and their substances. Thus, we consider the undergraduate's role not only as observers, but also as creators of symbols, icons and indexes. The analyzes guided by the qualitative-iconic, singular-indicative and conventional-symbolic points of view proposed by Santaella (2018) demonstrate a plurality of constructions of meanings, made possible by artistic expression, aesthetic experience and scientific knowledge addressed in each image. The appropriation of symbols produced by Science, used to identify the chemical element did not always assume a central role in semiosis, especially when the substances' properties and applications were addressed. In these cases, the students choose to structure the sign mediation with their own creations, using different shapes, colors and proportions.

Keywords: Drawing; Semiotics; Teacher Training; Chemical element.

INTRODUÇÃO

Toda atividade cultural ou prática social humana é permeada pela linguagem e por processos de produção de sentido. Até as interações do Homem com as máquinas, na programação de computadores, demandam uma linguagem na qual os comandos são representados e executados pelos processadores. Segundo Eco (2014, p. 154), “*é difícil conceber um universo em que seres humanos se comuniquem [...] limitando-se a gesticular, mostrar objetos, emitir sons informes, dançar*”. Da mesma forma, a pluralidade de linguagens impede a visualização de mundo em que os humanos se comuniquem somente com palavras. Entretanto, algumas linguagens, como a escrita, por nascerem de “novas necessidades ligadas às esferas de poder – econômico, religioso e político” (Rojo, 2006, p. 21), podem ser mais relevantes em determinados contextos. Por exemplo, qualquer prática social a ser oficializada deve ocorrer mediante um documento escrito, como, por exemplo, uma ata. Segundo Santaella (2012, p. 15), a primazia das linguagens verbal oral e escrita como as formas legítimas de veiculação de conhecimento é proveniente de um condicionamento histórico e põe em detrimento outras linguagens não-verbais, como as imagens. Destarte, é importante discutir a potencialidade das imagens na construção de sentidos e na “negociação” dos significados (Klein & Laburu, 2002). Nas áreas de pesquisa em Educação e Ensino de Ciências, essa potencialidade, assim como as relações entre as linguagens não-verbais, como os desenhos, e os discursos orais e escritos, é discutida como forma estruturante do conhecimento científico em sala de aula (Cappelle & Munford, 2015).

As imagens, entendidas neste trabalho como a “*representação de alguma coisa que não está presente, como uma aparência de algo que foi subtraído do lugar onde se encontrava originalmente*” (Gouvêa, 2020), são o foco de diversos trabalhos em perspectivas multimodais (Pena & Quadros, 2020) e semióticas (Santos & Silva, 2019). Segundo Wartha e Rezende (2017), esses trabalhos podem abordar questões linguísticas e semióticas articuladas, problematizando “*como particularidades a organização e a estruturação do conhecimento científico e como é comunicado*”. Enquanto as questões linguísticas são abordadas segundo análises dos discursos e das práticas discursivas na sala de aula de Ciências (Silva & Mortimer, 2019, p. 51), as abordagens semióticas contribuem para “*o exame dos modos de constituição de todo e qualquer fenômeno como fenômeno de produção de significação e de sentido*” (Santaella, 2012, p. 19), fundamentando investigações sobre as relações entre os signos, seus objetos e seus interpretantes, a partir do contexto de produção sócio-cultural.

A partir da perspectiva semiótica, este trabalho busca investigar como os licenciandos em Química se apropriam da expressão artística do desenho para representar conceitos científicos associados aos elementos químicos. Para isso, desenvolvemos uma atividade na qual 16 licenciandos em Química de uma universidade federal representaram um elemento presente na Tabela Periódica atual a partir da obra “O Fantástico Mundo dos Elementos”, de Bunpei Yourifujii (2013). As representações foram coletadas e analisadas segundo os princípios da semiótica peirceana. A análise semiótica tem por objetivo explicitar o potencial comunicativo que os desenhos dos licenciandos apresentam e quais os efeitos de sentido que guiaram sua produção. Para explorar o potencial comunicativo destas imagens, analisamos os desenhos segundo três pontos de vista semióticos: qualitativo-icônico, singular-indicativo e convencional-simbólico (Santaella, 2018, p. 69). Esses pontos de vista são baseados na semiótica de Charles Sanders Peirce apresentada a seguir.

A semiótica peirceana, no contexto da pesquisa em Educação Científica e em Ensino de Ciências, é abordada no trabalho de Lucena e Peticarrari (2020), os quais analisaram o potencial da associação de signos – semiose – em desenhos animados na construção do conceito de camuflagem. A análise semiótica, segundo os autores, mostrou-se um recurso eficaz para discutir como a linguagem e os símbolos científicos são apropriados nas produções voltadas para o público infantil. Além disso, Wartha e Rezende (2011) discutem que há uma estreita relação entre os níveis de representação do conhecimento químico – macroscópico, submicroscópico e simbólico – com a geração de signos e as categorias semióticas propostas por Peirce. Os autores destacam que a semiótica proposta por Peirce apresenta “*um potencial teórico muito rico para, também, discutir a questão das representações do conhecimento químico, sobretudo hoje, nos ambientes das múltiplas linguagens*” (Wartha & Rezende, 2011). Além da abordagem semiótica, este trabalho baseia-se em alguns pressupostos da integração entre a Arte e o ensino de Ciências para a formação inicial de professores de Química. Assim, é importante situar conceitualmente esse campo.

A estratégia de integrar a Arte ao ensino de Ciências é proveniente das inúmeras possibilidades das expressões e técnicas artísticas como forma de representação de imagens. Ademais, existem razões pedagógicas além dos elementos estéticos que justificam essa integração. Segundo Hadzigeorgiou (2016), as práticas artísticas podem encorajar mudanças nas percepções dos conceitos científicos, visto que permitem novas significações do objeto por meio das experiências estéticas que “*não podem ser nitidamente distinguidas da [experiência] intelectual, uma vez que esta última precisa exibir uma chancela estética para*

ser completa” (Dewey, 2010, p. 114). Acreditamos que a integração entre a Arte e o ensino de Ciência possibilite essas experiências nas quais há uma mistura entre o pensamento, a emoção e a ação na expansão de novas percepções do mundo (Girod, 2007). A integração entre os conhecimentos científicos e artísticos, a fim de possibilitar uma experiência estética, é discutida na metodologia deste trabalho, na qual relatamos a construção de uma atividade para a formação inicial de professores de Ciências/Química. Nesta formação, a Arte busca apresentar aos licenciandos “*novas compreensões a respeito do que seja o aprender*” (Crochik, 2019), além de construir “*conhecimento a partir de uma trama conceitual e de suas inúmeras e ímpares possibilidades*” (Silva & Nardi, 2017). A partir desses pressupostos, a integração entre a Arte e o ensino de Ciências no contexto do ensino superior pode abrir caminhos para a formação de licenciados que entendam a complexidade e a pluralidade dos conhecimentos humanos.

A seguir, apresentamos alguns conceitos e definições que guiaram nossas análises baseadas na semiótica proposta por Peirce e os pontos de vista aos quais vamos nos ater neste trabalho.

A SEMIÓTICA DE CHARLES SANDERS PEIRCE E A ANÁLISE DE SIGNOS

A fim de compreender a análise dos dados deste trabalho, bem como a produção de seus resultados, apresentaremos os principais conceitos e definições da semiótica de Charles Sanders Peirce. A semiótica de Peirce, ou peirceana, pode ser descrita como uma ciência que investiga todas as linguagens possíveis, examinando os modos de constituição de qualquer fenômeno como produtor de significação e sentido (Santaella, 2012, p.19). Esses fenômenos de produção de sentido são mediados por um signo que, segundo Peirce (2017, p. 46), é “*aquilo que, sob certo aspecto ou modo, representa algo para alguém*”; ou seja, o signo (o *representamen*) possui a potencialidade de representação de algo (o objeto) para uma mente (o interpretante). É importante ressaltar que neste trabalho a palavra “signo” representa uma estrutura de relação triádica entre ele próprio (*representamen*), o que ele representa (objeto) e como a mente irá interpretá-lo (interpretante). Além disso, esse conceito permite o estudo de qualquer fenômeno, seja de uma palavra, de um som ou de uma imagem, perfazendo da semiótica peirceana um caminho metodológico para análise de signos diversos. Contudo, é importante ressaltar que, longe de ser uma ciência aplicada, a semiótica peirceana é uma teoria do conhecimento e uma metodologia fenomenológica de análise dos aspectos ontológicos e epistemológicos do universo sógnico (Peirce, 2017, p. 45). Para Peirce, a semiótica seria apenas outro nome da Lógica filosófica que, para estudar “*as leis do pensamento e da sua evolução, deve debruçar-se, antes, sobre as condições gerais dos signos*” (Santaella, 2018, p.3).

Em seus estudos, Peirce discute que todo fenômeno sógnico pode ser entendido a partir de três propriedades denominadas categorias: a Qualidade ou Primeiridade, a Relação ou Secundidade e a Representação ou Terceiridade, formando, então, uma tríade. Essa tríade pode ser representada até no conceito de signo proposto por Peirce. As relações de Primeiridade entendem o signo em sua relação consigo mesmo (*representamen*) resultando em três categorias: o qualissigno (uma mera realidade ou qualidade), o sinsigno (um existente atual) e o legissigno (uma lei ou uma convenção). Por exemplo, um qualissigno seria uma cor ou uma forma (qualidade) que é um signo: a cor azul evoca o céu (Netto, 2010, p. 60). Por sua vez, o sinsigno, por ser exemplificado como um diagrama em branco ou um cata-vento, que indica a direção do vento, enquanto o legissigno é uma convenção estabelecida, como as palavras. Neste trabalho, essas categorias não foram tão aprofundadas quanto as discussões voltadas para as relações signo-objeto e signo-interpretante. A demanda por este recorte deve-se a um maior aprofundamento da análise em categorias da Secundidade da semiótica peirceana, isto é, o entendimento do signo como potencial representativo de algo que é externo a ele: o objeto.

Para entendermos a proposta de análise deste trabalho, é importante discutir que, segundo Peirce, um signo é um fenômeno que possui o poder de representar outra entidade a ele externa: o objeto. Portanto, o signo não é o objeto e só pode representá-lo de certo modo e com certa capacidade (Santaella, 2012, p. 90). Por exemplo, neste trabalho, a escolha e a forma de representar os objetos (conhecimentos científicos) em cada desenho é uma fonte de dados para entender como cada licenciando construiu as representações, utilizando signos para sugerir, indicar ou representar diferentes objetos, como as propriedades do elemento químico, suas aplicações e as substâncias químicas formadas por ele. A análise semiótica peirceana dos desenhos possibilita o entendimento das associações feitas pelos professores de Ciências na construção de signos e, a partir de seus efeitos interpretativos, discutir como os professores de Ciências se apropriaram da linguagem artística para representar conceitos científicos.

O objeto apresenta-se, segundo Peirce, sob dois tipos: objeto imediato e objeto dinâmico. Esses conceitos possuem uma importância no processo de construção do pensamento científico, especialmente o químico, visto que algumas de suas entidades não são visíveis e assumem representações apenas nos planos ontológico e epistemológico (Wartha & Rezende, 2017). De acordo com Netto (2010), o objeto imediato refere-se às possibilidades de interpretação que um objeto possui, sejam elas falsas ou não, enquanto o objeto dinâmico seria uma representação real do objeto, sempre mediado e nunca representado. Ou seja, o objeto imediato é um recorte, feito por um intérprete, do objeto dinâmico. A discrepância entre eles é de natureza semiótico-ontológica, visto que “*objetos apresentados funcionam ontologicamente; objetos representados funcionam semioticamente*” (Santaella & Nöth, 2015, p. 20). Caso não houvesse esses tipos de objetos e o signo representasse fielmente seu objeto, não haveriam problemas de comunicação. Contudo, esse processo de relação entre os objetos faz com que um signo seja sempre uma parte criada por alguém (objeto imediato) de um todo (objeto dinâmico). Discutidos esses termos, a partir desse momento, a palavra “objeto” refere-se, neste trabalho, aos conceitos dos objetos dinâmico e imediato, tratados pela semiótica peirceana.

São três as formas como o signo se conecta com seu objeto (Secundidade): icônica (um ícone), indexical (um índice) e simbólica (um símbolo). Um ícone é um signo que sugere ou evoca seu objeto por similaridade “porque a qualidade que ele exhibe se assemelha a outra qualidade” (Santaella, 2018, p. 17), assim como a cor azul celeste (ícone) sugere o céu azul ou os olhos claros de alguém (objetos) devido à qualidade da coloração e de sua nuance. Já um índice tem o poder de indicar a existência concreta do objeto. A fumaça (índice) no horizonte indica fogo (objeto) em algum local, assim como uma fotografia (ícone) é uma indicação singular – pois possui seus ângulos, luminosidades, jogos de cor e sombra próprios – de uma paisagem (objeto). O símbolo, ao contrário de ser um signo singular, como o ícone, representa um objeto geral ou uma lei (convenção). As palavras, por exemplo, são símbolos, visto que representam “uma ideia abstrata, lei armazenada na programação linguística de nossos cérebros” (Santaella, 2012, p. 105). As categorias ícone, índice e símbolo serão utilizadas para a análise das imagens neste trabalho, permitindo investigações sobre as relações entre o signo e o objeto, representado pelo conhecimento científico trazido pelos licenciandos em seus desenhos. As classes ícone, índice e símbolo da semiótica peirceana refletem os três pontos de vista - qualitativo-icônico, singular-indicativo e convencional-simbólico – que serão abordados nas análises dos desenhos. As definições, que estruturam esses pontos de vista, propostos por Santaella (2018, p. 68-71) e adaptados para este trabalho, são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Pontos de vista semióticos utilizados como ferramenta de análise neste trabalho

<p>Ponto de vista qualitativo-icônico: diz respeito ao que a imagem evoca a partir de suas cores, formas, composição (disposição de suas partes), texturas etc. Este ponto de vista está intrinsecamente associado às qualidades da imagem, em uma primeira impressão, desencadeando comparações por semelhanças, e à associação de ideias sobre a imagem. Ou seja, o que as imagens sugerem, desconsiderando qualquer contexto e levando em conta apenas as suas qualidades.</p>
<p>Ponto de vista singular-indicativo: a imagem é analisada em relação ao seu contexto e ao contexto da sua produção, colocando-a como um produto temporal e espacial. Neste trabalho, destina-se a qual elemento químico escolhido para a representação, por que ele foi escolhido e como as cores, formas, tamanhos, texturas, etc. na imagem sugerem a indicação desse elemento. Ou seja, este ponto de vista corresponde a como o autor indica, por meio das características da imagem, o elemento químico escolhido.</p>
<p>Ponto de vista convencional-simbólico: analisa-se o poder representativo da imagem, ou seja, o que ela representa, quais foram os símbolos utilizados nesta representação, quais os conceitos científicos estão permeando a construção das imagens. Neste trabalho, seriam os conceitos, os símbolos e as representações dos modelos científicos que foram apropriados para a construção da imagem.</p>

É importante destacar o conceito de semiose, trazido nos trabalhos de Peirce. A semiose, ou seja, o processo relacional de significação na mente do interpretante, pode ser entendida como uma sucessão de signos (Queiroz & El-hani, 2010). Por exemplo, o significado atribuído por um interpretante a um signo é outro signo, tradução do primeiro e seu interpretante. Dessa forma, uma análise semiótica é um recorte da semiose, visto que este processo é ilimitado e sucessivo, no qual um signo evoca o outro para lhe atribuir significado. A análise semiótica, então, é um processo em cadeia e sempre será um recorte da imagem ou do signo. A partir dessa discussão, propomos que a análise semiótica peirceana seja um caminho elucidativo de parte do processo de significação de professores de Ciências sobre o conteúdo de elementos químicos, utilizando a expressão artística.

Por fim, devemos discutir a relação do signo com seu interpretante (Terceiridade), definida como “o efeito interpretativo que o signo produz em uma mente real ou meramente potencial” (Santaella, 2018, p. 23), que também é expressa em três categorias, reforçando a tríade proposta por Peirce. Para entendermos a relação signo-interpretante e a metodologia de análise dos dados deste trabalho, devemos nos ater a dois conceitos peirceanos: interpretante imediato e interpretante dinâmico. O interpretante imediato é um interpretante abstrato e interno ao signo, isto é, o potencial interpretativo do signo antes de encontrar qualquer intérprete. Já o interpretante dinâmico se refere ao efeito que o signo efetivamente produz em um intérprete, considerando suas experiências individuais e seus conhecimentos prévios (Mendes & Almeida, 2020). Assim, neste trabalho usaremos a referência interpretante nos referirmos ao interpretante dinâmico, visto que o interpretante imediato é uma categoria abstrata dos estudos de Peirce (Netto, 2010, p. 70-1). Os interpretantes, então, serão os autores deste artigo e os licenciandos criadores dos desenhos analisados.

O signo relaciona-se com seu interpretante formando três categorias: rema, dicente e argumento, que serão utilizadas neste trabalho como instrumentos de análise das imagens. O rema não vai além de uma hipótese interpretativa, visto que é um signo de possibilidade qualitativa para seu interpretante, sendo, prioritariamente, um ícone (Santaella, 2018, p. 26), por exemplo, a palavra isolada *escuro*, que funciona como possibilidade que pode ou não se verificar (Netto, 2010, p. 61), ou seja, um rema. O dicente ou dissigno seria interpretado como uma informação sobre um existente – por exemplo, o sintagma o céu está escuro - e o argumento seria um signo de lei, de razão convencionado a partir de uma cultura, ou melhor, um juízo – o céu está escuro porque vai chover. Em suma, podemos dizer que

“um rema é um signo que é entendido como representando seu objeto apenas em seus caracteres; que um dicissigno é um signo que é entendido como representando seu objeto com respeito à existência real e que um argumento é um signo que é entendido como representando seu objeto em seu caráter de signo”. (Santaella, 2018, p. 26).

Esses pressupostos e categorias da semiótica peirceana nos permitem discutir como os signos foram construídos a partir dos efeitos emocionais, sensoriais, metafóricos e simbólicos que as imagens produzem nos seus receptores e, no caso deste trabalho, nos seus criadores (Nagawaka & Cardoso, 2020). É importante frisar que essas categorias não são estanques e podem se sobrepor. Além disso, exploramos uma proposta de recorte da análise semiótica na área da Educação e para a formação de professores de Ciências. Apesar de não ser considerada uma ciência aplicada, a semiótica peirceana pode contribuir na compreensão da natureza dos signos e de quais informações transmitem. As contribuições da semiótica peirceana para a área de Educação são diversas, estruturando a metodologia de trabalhos sobre a análise dos processos de significação a partir de signos utilizados no ensino de Ciências (Gois & Giordan, 2007; Santos & Silva, 2019) e de atividades sobre modelagem na Educação Matemática (Mendes & Almeida, 2020). No ensino de Química, foco deste trabalho, as contribuições de Wartha e Rezende (2017) são fundamentais para relacionar a tríade proposta por Peirce em sua semiótica e a análise de signos em livros didáticos e na sala de aula de Química. Ampliando os trabalhos desses autores, buscamos investigar os processos de construção de significados de licenciandos em Química a partir da expressão artística.

METODOLOGIA DE COLETA E ANÁLISE DE DADOS

O percurso metodológico deste trabalho baseia-se em uma investigação voltada para a “*resolução de problemáticas específicas do contexto da educação [...], concebendo condições aos profissionais dessa área e possibilidades de ampliação nos modos de fazer, já existentes, ou criando novas formas, estratégias e inovações*” (Hetkowsky, 2016), sendo, assim, uma pesquisa de intervenção. Neste tipo de perspectiva metodológica, alguma ação é perpetrada em função da produção de dados qualitativos. A ação ou o produto deste trabalho contempla uma atividade de formação de professores, que integra o ensino de Química, em especial o conteúdo de elementos químicos, e a expressão artística do desenho. Essa atividade é parte de uma disciplina optativa de 30 horas ofertada no primeiro semestre de 2020 na faculdade de educação de uma universidade federal brasileira. Devido à paralisação em virtude da pandemia de Covid-19, a disciplina foi alterada para o Ensino Remoto Emergencial (ERE). Dessa forma, os encontros presenciais da disciplina tornaram-se reuniões síncronas na plataforma Microsoft Teams®, gravadas com o programa OBS Studio® em julho de 2020, com a anuência de todos os participantes mediante assinatura de Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Para este trabalho, foram analisadas três horas de gravações, sendo alguns de seus trechos transcritos. Os encontros contaram com a participação de 18 licenciandos, sendo 16 (dezesseis) de

Química e 2 (dois) de Pedagogia. Além das gravações das aulas, foram coletados os desenhos feitos pelos estudantes, que serão analisados a partir da perspectiva semiótica de Peirce.

De acordo com o recorte metodológico deste trabalho, é importante esclarecer como a atividade foi construída, visto que é parte integrante da produção dos dados. Nela, os licenciandos visualizaram imagens do livro “O fantástico mundo dos elementos: a tabela periódica personificada”, de Bunpei Yorifuji (2013). Nessa obra, o autor, a partir de diversas características das substâncias químicas, como seu estado físico, sua posição na Tabela Periódica e suas aplicações, representa cada um deles com uma forma humanoide. Por exemplo, o elemento químico ferro (Fe), segundo Yorifuji (2013), seria representado segundo a Figura 1.

Nesta imagem, cada parte do corpo representa uma característica do elemento químico Ferro. O cabelo bem penteado representa a posição do Ferro na Tabela Periódica, no grupo de elementos químicos denominados metais de transição. A forma humana do Ferro é representada com pés que, segundo Yorifuji (2013, p. 46), simbolizam o estado físico sólido do elemento à temperatura ambiente. A barba e o aspecto envelhecido do rosto da imagem representam a descoberta deste elemento nos primórdios da civilização humana, que o autor denomina Antiguidade – antes do século XVIII (Yorifuji, 2013, p. 48). A opção de representar o Ferro apenas com uma peça de roupa corresponde a sua obtenção na natureza a partir de um mineral e sua aplicação como nutriente para o organismo humano.

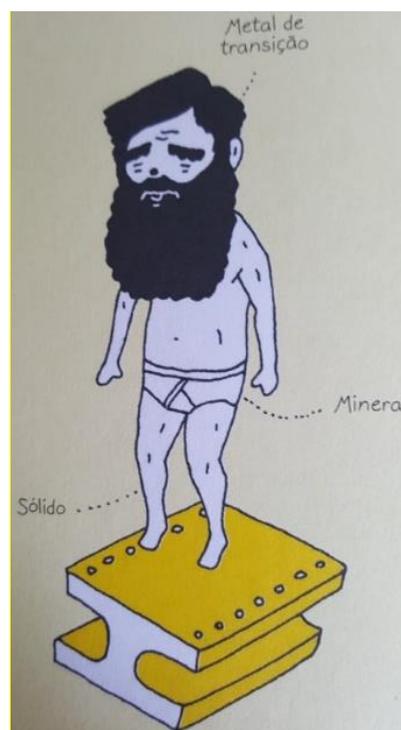


Figura 1 - Representação do elemento químico ferro (Fe) (Extraído de Yorifuji, 2013. p. 100).

A partir dessas informações, os licenciandos produziram um desenho representando um elemento químico a sua escolha. Eles poderiam utilizar a simbologia de Yorifuji ou produzir uma própria, para isso poderiam pesquisar dados sobre o elemento químico escolhido. As produções foram enviadas via e-mail para um dos pesquisadores, seguidas por uma explicação escrita do processo de produção do desenho. Logo após a produção individual, os desenhos foram discutidos com os licenciandos em um encontro síncrono no Microsoft Teams, a fim de discutir as percepções dos licenciandos na construção da imagem e sobre a atividade.

Segundo essa análise, o autor da imagem atua como interpretante dinâmico (intérprete) do desenho que produziu, visto que irá associar cada parte da sua obra com seus conhecimentos sobre as propriedades da substância representada. Contudo, a análise semiótica, proposta pelos autores deste trabalho, tem a função de interpretante imediato, ou seja, do mapeamento dos efeitos que o signo está apto a produzir ao encontrar um intérprete (Santaella, 2018, p. 121). É importante ressaltar que o interpretante imediato é um conceito abstrato, sendo, portanto, impossível sua representação total. Assim, propusemos o exercício de

sermos o interpretante imediato das imagens selecionadas, sugerindo o que elas poderiam evocar sobre os olhares de outros que não os próprios autores dos desenhos.

Em seus estudos sobre a natureza histórica do termo elemento químico, Oki (2002) retrata uma sobreposição entre seu conceito e as definições de substância simples. Essa sobreposição pode ser observada em alguns desenhos analisados, na qual o autor retratou não o elemento químico como um átomo com determinado número de prótons (Sanjuan & Santos, 2010), mas sim uma substância formada apenas por um tipo de elemento – substância simples. Desta forma, optamos por utilizar na legenda das imagens as expressões “elemento químico” e “substância” para designar os desenhos a fim de evitar desencontros de terminologia.

Para este trabalho, foi necessário um recorte na quantidade de desenhos analisados segundo a perspectiva da semiótica peirceana, desta forma serão abordadas seis imagens produzidas por diferentes autores: três referentes ao elemento químico carbono e três ao elemento químico mercúrio. Com isso, as análises não se basearam somente nos pontos de vista semióticos (Quadro 1), mas também na comparação entre essas imagens. Para tanto, as análises foram divididas em duas seções, cada uma contemplando os elementos químicos carbono e mercúrio. Cada imagem (Figuras 2 a 8) foi identificada por um título em comum, que indica o elemento químico representado, e por uma denominação entre aspas, dada pelo autor da imagem como forma de diferenciar as representações. Além disso, os relatos verbais - escritos e falados - dos autores dos desenhos, obtidos por meio de registros e das gravações dos encontros síncronos, serão citados em itálico e entre aspas. A fonte desses relatos – gravação e transcrição ou registro escrito – será indicada entre colchetes. As transcrições não foram corrigidas gramática ou sintaticamente, na tentativa de tentar transpor o mais fiel possível as falas. Os registros escritos foram obtidos por meio de um texto, elaborado pelos autores das imagens, relatando seu processo de construção. Essas imagens foram analisadas tanto em sua totalidade quanto nas partes que as constituem, visto que uma imagem pode ser formada por diversos signos, cada um com suas especificidades, conforme discutido a seguir.

ANÁLISES DOS DESENHOS DO ELEMENTO QUÍMICO CARBONO

Iniciaremos nossas análises a partir dos desenhos feitos pelos licenciandos baseando-se no elemento químico carbono. Conforme as imagens forem sendo analisadas, elas serão comparadas umas com as outras, começando pela Figura 2.

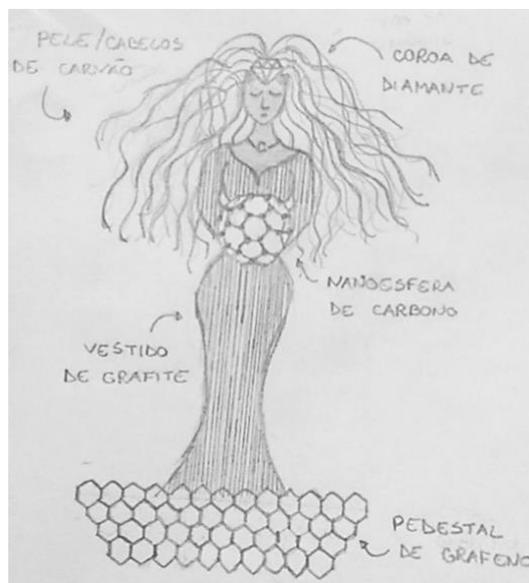


Figura 2 - Desenho da substância carbono – “Deusa do carbono”.

A partir da análise qualitativa-icônica, percebemos que a imagem representa uma figura humana monocromática feminina, paramentada por diversos adornos, usando um vestido com textura, desenhado a partir de traços paralelos feitos pelo autor – neste trabalho, “autor” se refere a cada um dos licenciandos criador dos desenhos. Essa figura humana está posicionada sobre formas hexagonais que se repetem na

estrutura que segura. Além disso, podemos perceber, em sua cabeça, seus cabelos desarrumados e uma figura triangular em sua extremidade superior. Essa figura triangular foi desenhada a partir de um corte de lapidação, típico de gemas com valor comercial. Ademais, nota-se um objeto, como um colar, ao redor do pescoço da figura feminina com a inscrição “C”.

Para contextualizar a produção dessa imagem e partirmos para sua análise baseada nos índices que apresenta, devemos considerar que o elemento químico representado nesta imagem é o carbono. Segundo o ponto de vista singular-indicativo, podemos perceber que o autor indicou o que cada parte da imagem evocava utilizando setas e frases. Por exemplo, a estrutura sobre a qual está a figura feminina poderia ser, segundo sua forma, uma colmeia de abelhas ou uma calçada de blocos sextavados de concreto. Contudo, elas representam um “pedestal de grafeno”, uma estrutura nanométrica bidimensional formada apenas por átomos de carbono. O mesmo ocorre com a “nanoesfera de carbono” nas mãos da figura. A necessidade de indicar com uma seta algumas partes do desenho demonstram a sua característica icônica, visto que somente a forma sextavada dos desenhos não excluiria outras formas de interpretação. Dessa forma, apenas a representação do formato hexagonal do grafeno e da nanoesfera não foi suficiente para representar a ideia do autor, visto que é um signo de possibilidades, ou seja, um rema. Logo, assinalar algumas áreas do desenho com uma seta relacionando-as a palavras – dissignos – forma um argumento, ou seja, um juízo. Segundo Eco (2014, p. 154), a linguagem verbal é “*o artifício semiótico mais poderoso*”, conforme comprovado pela análise da Figura 2. Contudo, ele alerta para o fato de que o seu poder está intimamente atrelado a outras formas semióticas, como a imagem, no caso deste trabalho. As setas nem sempre têm o papel de modificar a categoria dos signos, como no caso dos cabelos presentes na Figura 2.

Os cabelos ondulados e desarranjados da figura são assim devido, segundo o autor, à sua constituição química: carvão. O carvão é uma substância amorfa, formada por átomos de carbono, que não apresentam uma estrutura organizada, assim como os “fios de cabelo” da figura. Neste caso, a seta com os dizeres atua de outra forma. O formato e a localização na parte superior da figura humana, onde seria sua cabeça, já indica que os traços ondulados são cabelos – sinsigno. Contudo, as setas vieram para informar sobre a constituição dos fios de cabelo: feitos de carvão. Por conseguinte, as informações indicadas pela seta vieram reforçar o objeto ao qual a imagem como um todo se refere: a substância carbono.

Além dos cabelos, a pele da figura humana é formada por átomos de carbono, pois, segundo o autor, o carbono apresenta variadas formas alotrópicas, mas também “*é fundamental na composição dos seres vivos*” [registro escrito]. Assim, o autor construiu uma correspondência entre as formas alotrópicas do carbono presente e cada uma das partes da figura humana.

Enquanto o carvão foi evocado no cabelo e na pele da figura, o diamante e o grafite foram referenciados nas vestimentas e adornos. A “coroa de diamante” evoca outro alótropo do carbono, que é, conforme representado no desenho, utilizado como adorno. O diamante estaria, então, relacionado ao alótropo mais raro do carbono, visto que ocupa posição de identificar a figura como uma “deusa do carbono”, segundo o autor. O “vestido de grafite” sugere ser formado por qualquer outro tecido ou material, não fosse a seta com os dizeres ao seu lado. Seria, então, uma relação icônica entre o signo (vestido) e o objeto (grafite), visto que este é evocado pelo formato dado pelas linhas paralelas.

Observa-se que o elemento químico carbono foi representado a partir de suas substâncias simples e formas alotrópicas. Apesar de o autor considerar esse elemento químico como fundamental para a formação da matéria orgânica, nenhum composto à base de carbono foi representado ou indicado na imagem. O caráter indicial nessa figura é fundamental para a representação do elemento químico, sendo utilizado apenas um símbolo: a letra C. O colar com a letra C representa o objeto (elemento químico carbono) por meio de uma convenção, evidenciando uma relação simbólica (legissigno), visto que esta letra é o símbolo químico do elemento escolhido para ser representado pelo autor. Outros elementos simbólicos representados na imagem foram as figurações dos modelos científicos propostos para o grafeno e na nanoesfera de carbono.

Um modelo científico, segundo Gilbert, Boulter e Elmer (2000), pode ser definido como “*uma representação parcial de uma entidade, elaborado com um ou mais objetivo(s) específico(s) e que pode ser modificado*”. Assim, a representação visual dos modelos do grafeno e da nanoesfera de carbono é uma convenção na comunidade científica, ou seja, um símbolo. A nanoesfera de carbono, por exemplo, é formada por pontos (átomos de carbonos) ligados entre si por uma linha (ligação covalente), sendo que de cada ponto partem três linhas (valência do carbono). O “pedestal de grafeno”, apesar de não apresentar os pontos, simboliza, por meio de sua forma, a estrutura bidimensional desse alótropo do carbono, sendo, então, um modelo científico. A utilização dos modelos científicos também pode ser observada na Figura 3, que representa, assim como a Figura 2, o elemento químico carbono.

Segundo o ponto de vista qualitativo-icônico, a Figura 3 sugere uma figura humana em uma posição em que um de seus membros superiores está em contato com os membros inferiores. Estes últimos, bem como as extremidades dos membros superiores, estão representados com traços menos definidos do que a parte superior da figura humana, na qual percebemos um rosto e um tronco bem desenhados. Há uma diferença na espessura do traço em algumas regiões do desenho monocromático, destacando certas linhas.



Figura 3 - Desenho do elemento químico carbono – “O contorcionista”.

Segundo o autor, a forma como a figura humana está retratada acima remete a um contorcionista e à versatilidade do elemento químico carbono, que possui diversas aplicações, além de ser encontrado naturalmente formando substâncias simples. Os traços mais espessos em contraste com os demais dão uma ideia de tridimensionalidade ao desenho e de contorção da figura humana. Os traços mais espessos e mais finos, assim como o jogo de luz e sombra feito a partir de áreas esfumadas do desenho, também indicam – ponto de vista singular-indicativo -, segundo o autor, a estrutura conformacional da grafita, um dos alótropos do carbono, formada a partir de folhas de grafeno sobrepostas, a qual ocorre, normalmente, em massas laminadas, ou seja, em estruturas formadas por lâminas (Klein & Dutrow, 2012, p. 375). As lâminas são representadas a partir das formas triangulares que compõem a figura humana (qualissigno), conferindo um aspecto multifacetado. O formato do desenho também sugere, segundo o autor, o carvão mineral – sólido formado em sua maioria de carbono e utilizado como combustível – e o diamante. Para contribuir com essa análise, devemos destacar os argumentos do autor da Figura 3 a seguir:

“Eu fiz vários contorcionistas e depois eu pensei: ‘quero fazer dentro de uma célula unitária’ porque eu acabei de fazer mineralogia no semestre passado. Fiz uma célula unitária e pensei: ‘agora eu tenho uma célula unitária, eu quero mostrar algumas propriedades do carbono no desenho’ e fui fazendo em paralelo. E, ao mesmo tempo, quando você coloca a pressão no carbono, ele vira um diamante. Então eu quis representar isso aí (sic) de certa forma, as duas partes do carbono: desde o carbono sendo carvão e diamante no mesmo desenho. Eu tentei fazer ele (sic) trigonal, no formato da organização do corpo dele, que é a mesma organização que ele teria ali. Eu não queria que ficasse ‘na cara’ que era um diamante, mas tem que parecer. Porque tem essa coisa da Arte: é mais legal você chegar à conclusão por você mesmo do que eu chegar e dar a resposta.” [gravação e transcrição].

A partir desse argumento – “*signo de razão [...] correspondendo a um juízo*” (Netto, 2010, p. 61) -, podemos perceber que a intenção do autor não era representar os alótropos ou as substâncias à base de carbono isoladas, conforme a Figura 2, mas demonstrar, em um único desenho, os fenômenos de transformação de uma estrutura em outra. Dessa forma, o desenho torna-se representativo do processo natural de ocorrência da estrutura cristalina do diamante a partir de suas formas amorfas. Analisando o desenho por partes, o amorfo (objeto) foi representado a partir das linhas mais finas e do inacabamento das extremidades da figura humana, assim como as áreas mais intensas representam a estrutura cristalina –

célula unitária. Sendo assim, há uma relação qualissignica, visto que uma qualidade (forma e intensidade do traço) corresponde aos objetos (amorficidade e cristalinidade).

Considerando o argumento dado pelo autor do desenho e analisando-o como uma representação de um processo de transformação, há um sinsigno. O evento da transformação do carbono amorfo em cristalino (objeto) é representado pela imagem (signo) em sua totalidade. Então, há a formação de um sinsigno a partir de diversos qualissignos, evidenciando o processo da semiose.

Há, na imagem, uma ausência de símbolos científicos, como a letra C, representando o elemento químico carbono presente na Figura 2. Na Figura 3, os conceitos e as definições científicas foram representadas a partir dos traços, das formas e do jogo de luz e sombra feitos pelo autor, sendo uma imagem com fortes traços icônicos. Em suma, o autor fez uso das técnicas artísticas para sugerir os fenômenos científicos, ou como ele mesmo relata: “*eu não queria que ficasse ‘na cara’ que era um diamante, mas tem que parecer*”. Observemos agora a Figura 4, que representa o último desenho do elemento químico carbono.



Figura 4 - Desenho do elemento químico carbono – “Estilo mais moderno”.

Ao contrário das demais representações, a Figura 4 utiliza cores para representar o elemento químico carbono. Além disso, há uma figura humana central em um cenário, elaborado a partir de um terreno gramado – e a representação de parte de seu subsolo -, além de um céu e uma árvore com frutas. As cores não indicam ou evocam propriedades do elemento químico carbono, mas foram utilizadas para composição da imagem e para tornar a representação mais verossímil e próxima ao senso comum. Por exemplo, a representação da água, com a coloração azul, e das folhagens, pela coloração verde, reforçam o caráter composicional das cores, ou seja, um qualissigno – uma qualidade (cor) que é um signo. Contudo, a figura humana central está representada apenas com as cores preto, branco e cinza, assim como nas Figuras 2 e 3. A escolha por esta coloração na Figura 4 é explicitamente intencional, visto que o autor dispunha de outras cores. Essa intenção, segundo o autor, era para evocar o alótropo grafita do carbono. As cores foram fundamentais neste desenho para sugerir, por exemplo, a atuação do carbono nos ciclos biogeoquímicos a partir das moléculas que constituem o ambiente e os seres vivos. Segundo o autor, “*o carbono está presente em várias formas. É encontrado nos solos, nas rochas, nos ambientes aquáticos e na atmosfera*” [registro escrito].

Do ponto de vista singular-indicativo e convencional-simbólico, a presença do carbono nesses ciclos e nos seres vivos torna-se mais evidente. A presença de uma pedra com uma cruz, simbolizando uma lápide, destacada com uma seta e a palavra “decomposição”, indica a presença do átomo de carbono na constituição dos seres vivos. Ao contrário das demais representações, o desenho mostra não somente os alótropos de carbono – “diamante” -, mas também seus compostos, como os ésteres, representados a partir das frutas, e o petróleo.

Há similaridades entre a representação de Yorifuji e a figura humana presente no desenho. Por exemplo, o autor também fez uso de uma convenção discutida por Yorifuji: simbolizar a descoberta desse elemento químico na Antiguidade por uma barba. Contudo, o autor criou suas próprias indicações. Segundo ele, há a representação de uma figura humana com um “estilo mais moderno” [registro escrito], indicando os recentes estudos do carbono que resultaram em aplicações para seus nanotubos e para o fulereno. Esse “estilo mais moderno” seria representado pelas roupas da figura humana com a representação do modelo científico proposto para a estrutura submicroscópica de uma folha de grafeno.

Os símbolos científicos também ficam evidentes na parte superior esquerda da imagem, na qual vemos o símbolo químico do elemento representado no desenho (C), seu respectivo número atômico (6) e seu nome (carbono), assim como é representado na Tabela Periódica atual. A apropriação desses símbolos científicos, corriqueira aos licenciandos em Química, evidencia de antemão o tema da representação imagética. As outras representações – Figura 2 e 3 – evocam e indicam seu elemento químico por meio das formas e cores, artifício que foi pouco utilizado na Figura 4. Deixar claro o tema de sua composição permitiu ao autor representar diferentes substâncias que contêm o átomo de carbono. Desta forma, a imagem não foi voltada tanto para as propriedades e a representação do elemento químico, e sim onde ele pode ser encontrado – ésteres, petróleo, diamante, ciclos biogeoquímicos, seres vivos, combustíveis, etc.

ANÁLISES DOS DESENHOS DO ELEMENTO QUÍMICO MERCÚRIO

As Figuras 5, 6, 7 e 8 representam os desenhos elaborados pelos licenciandos a partir do elemento químico mercúrio. Analisaremos as imagens de forma análoga à seção anterior.

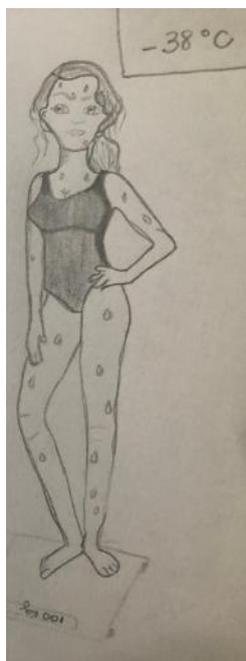


Figura 5 - Desenho do elemento químico mercúrio – “Mulher suando”.

Segundo o ponto de vista qualitativo-icônico, a Figura 5 evoca uma figura humana feminina completa – membros superiores e inferiores, tronco e cabeça - sem deformações. A figura é monocromática, sendo feita em tons de cinza. Segundo o autor do desenho, sua cor é prata, assim como o maiô, sugerindo a coloração da substância mercúrio metálico – qualissigno. A estratégia de atribuir uma cor ao elemento químico a ser representado a partir de uma substância simples formada por ele já tinha sido abordada nos desenhos anteriores, contudo o encadeamento entre os signos – semiose – feito pelo autor da Figura 5 para representar os conhecimentos científicos será nosso foco. É importante discutir que, assim como sua análise semiótica, todas as imagens analisadas neste trabalho são provenientes de um processo de semiose complexo e extenso. Dessa forma, todo processo de encadeamento de signos e de construção de argumentos é uma semiose, contudo o que queremos destacar aqui na Figura 5 é o processo semiótico de seu autor.

Há uma semiose na Figura 5 destacando a baixa temperatura de fusão da substância simples, formada apenas por átomos de mercúrio. Nota-se, a partir do ponto de vista singular-indicativo, que a figura humana está suando. Esta indicação é feita pelas gotas – formas arredondas embaixo e triangulares em cima -, que parecem surgir por todo o seu corpo, e é comprovada a partir de um relato escrito do autor. Nesse, discute-se que: “*a mulher desenhada está suando (tornando-se líquida)*” [registro escrito]. A partir desse argumento, podemos ver as particularidades dos sinsignos que formam esse desenho. A indicação de que a mulher esteja suando é incorreta, visto que ela está se tornando líquida. Assim, o que temos é a representação do fenômeno de fusão (objeto) a partir das gotas na figura humana representada (signo), formando, assim, um sinsigno.

A semiose vai além e faz uso de legissignos, como os símbolos representados na parte superior direita do desenho. Eles estão comunicando ao interpretante a temperatura do ambiente no qual a figura humana está (-38°C), que, segundo o autor, também é a temperatura de fusão do mercúrio puro. Logo, um índice – as gotas - e um símbolo – a temperatura – comunicam um evento de fusão (relação singular-indicativa a partir de um sinsigno). Esse evento está associado à baixa temperatura de fusão do mercúrio metálico: uma propriedade física da substância. Assim, podemos evidenciar que a semiose, na qual um signo se conecta a outro na busca da construção de significados, está presente no jogo semiótico da Figura 5, utilizando alguns elementos da linguagem verbal – números e letras.

A semiose também está presente na representação de outra propriedade física do mercúrio metálico: sua densidade. Segundo o autor do desenho, “*o Mercúrio é um metal muito denso, sendo assim a mulher, mesmo sendo magra, pesa 100 Kg. Como isso é possível? Apenas sendo um Mercúrio!*” [registro escrito]. Para comunicar essa informação, o autor lança mão de diversos recursos semióticos, unindo símbolos e índices. Mais uma vez, as letras e os números são utilizados para indicar uma informação relevante: a massa da figura humana. Esse conjunto de informações representa um dicissigno ou dicente: “a mulher é pesada”. Contudo, indicar a figura humana como magra contrasta com sua massa, o que seria explicado somente se a figura humana fosse estruturada por átomos de mercúrio, segundo o autor do desenho, construindo, então, um argumento: “a mulher é pesada e magra, então é formada por átomos de mercúrio”. Relacionar uma grande quantidade de massa para um corpo “magro”, segundo o autor, é indicar a alta densidade do mercúrio metálico, assim como o fenômeno de suar é associado à fusão de uma substância.

A Figura 5 é um exemplo no qual as propriedades físicas – temperatura de fusão e densidade - e os fenômenos científicos – fusão - foram representados a partir de uma semiose, na qual, sem o relato do autor, não ocorreria a relação entre os signos. Mesmo considerando as convenções simbólicas – números e letras -, na Figura 5 há uma associação muito particular entre os signos. O mesmo não ocorre, por exemplo, com a Figura 2, analisada anteriormente. Nela, se considerarmos as informações presentes nos escritos do desenho, há uma associação direta com o elemento químico carbono e suas substâncias. A complexidade na qual ocorre a semiose do autor da Figura 5 assemelha-se à do autor da Figura 3, pois ambos representaram em seus desenhos fenômenos científicos – fusão e transformação do carbono amorfo em cristalino respectivamente. Contudo, o autor da Figura 5 utilizou essa semiose para comunicar também uma propriedade: a densidade. Isso se deve a características ontológicas do conceito de densidade, visto que é uma grandeza calculada a partir da relação entre a massa – não o peso, conforme abordado pelo autor do desenho - e o volume de um corpo. Essa semiose chama atenção também pela articulação entre diferentes elementos sógnicos selecionados pelo autor do desenho “Mulher suando”, visto que a semiose, na construção da Figura 3, baseia-se, principalmente, em qualissignos. Passamos agora para a análise de outro desenho do elemento químico mercúrio – Figura 6.

A Figura 6 é um desenho monocromático de uma figura feminina sentada segurando uma criança. A cor (ícone) sugere a coloração do mercúrio metálico, assim como na Figura 5. Os ícones também estão presentes na forma irregular sobre a qual a figura feminina está sentada, evocando um líquido de coloração cinza. Esse líquido está em algumas partes das vestes da figura – extremidade das mangas de sua camisa e calça -, visto que apresentam a mesma coloração cinza do líquido (indicação de um evento – sinsigno). Segundo o autor do desenho, a poça representa o rio contaminado na década de 1960 por resíduos industriais de mercúrio, na cidade de Minamata, ao sul do Japão. Esse desastre ambiental foi uma das informações obtidas pelo autor da Figura 6 em suas pesquisas para realizar a atividade, nas quais encontrou também a fotografia de W. Eugene Smith (Figura 7). A fotografia retrata Tomoko Uemura, uma das vítimas de atrofia muscular, causada pelo acúmulo de mercúrio em seu organismo, tomando banho com o auxílio de sua mãe.



Figura 6 - Desenho do elemento químico mercúrio – “Minamata”.



Figura 7 - Tomoko Uemura em seu banho. W. Eugene Smith (1971) – retirado de <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/contaminacao-por-mercúrio.htm>. Acesso em 04 de agosto de 2020.

Segundo Silva *et al.* (2017), “o mercúrio orgânico pode ultrapassar a barreira placentária com maior eficiência, sendo possível encontrar a espécie inorgânica no líquido amniótico e, também, no leite materno”. O autor baseou-se nessa informação para compor seu desenho, pois relata que “o mais chocante, na minha opinião, eram os bebês que nasciam com deformidades em virtude desse metal que, do corpo da mãe, era passado para os bebês” [registro escrito]. Para representar essa contaminação parental, o autor ilustrou a figura materna como o elemento químico mercúrio “numa poça de sua essência, líquida e serena, e que envolve e contamina o que está em seus braços” [registro escrito]. Representar o elemento químico como uma figura humana foi feito por todos os desenhos anteriores, contudo a relação entre maternidade e cuidado foi invertida para representar o processo de contaminação. Dessa forma, houve a criação de um novo sentido para um argumento “a mãe simboliza o cuidado”. Na Figura 6, os braços que envolvem a criança não possuem a mesma finalidade que os braços da mãe na fotografia de Smith (Figura 7). Podemos perceber que não há nenhum indício na imagem que convoca essa ressignificação, logo o processo de semiose do autor foi fundamental para a análise. A figura materna representada está em contato não só com a criança, mas também com o rio – representado pela forma irregular inferior. Assim, o autor representa a contaminação por mercúrio e suas formas orgânicas a partir do contato da figura humana no desenho.

Segundo o autor, “o bebê, sem forma e sem rosto, representa a negligência do ser humano com relação a (sic) vida, ao deixar a ambição falar mais alto e tratar as vítimas afetadas como uma consequência insignificante, sem identidade e sem valor” [registro escrito]. Na verdade, o bebê não foi representado sem forma e sem rosto, mas sim sem os olhos e a boca, pois até a forma de seu nariz de perfil foi representada. Desta forma, a não representação de alguns elementos da face indica também um signo (neste caso, um sinsigno): a perda da identidade e, por conseguinte, de valor.

Alguns artifícios convencionais foram utilizados para especificar o elemento químico representado. No pescoço da figura materna, há o símbolo astrológico do planeta Mercúrio. A associação com o planeta também está presente no cenário atrás da figura, representado por dois círculos que indicam satélites naturais. Isso pode ser visto a partir dos círculos menores circunscritos dentro dos dois maiores, evocando crateras, comuns nas luas dos planetas.

É importante perceber que o autor da Figura 6 não se ateu às propriedades físicas, como a densidade e a temperatura de fusão (Figura 5) para representar o elemento mercúrio, mas às consequências ambientais do uso indiscriminado desse elemento. A associação do elemento químico com o ambiente pode ser encontrada na Figura 4, que representa as diversas substâncias naturais formadas por carbono. Contudo, a Figura 6 dialoga com as relações antrópicas frente às substâncias químicas, em especial, formadas por mercúrio e suas repercussões. As propriedades físicas que não foram abordadas pelo autor da Figura 6 são retomadas pelo desenho a seguir (Figura 8).

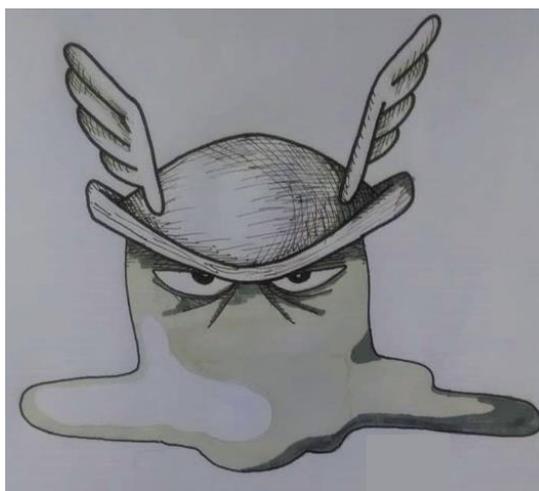


Figura 8 - Desenho do elemento químico mercúrio – “O Deus romano”.

Apesar da atividade propor o desenho de uma forma humana ou um humanoide, a Figura 8 sugere isso pelo formato de uma cabeça – na qual repousa um chapéu – e pelos olhos. Novamente, a coloração segue tons de cinza – cor do mercúrio metálico -, contudo nessa imagem há efeitos de luz e sombra, ausentes nas demais representações do elemento químico mercúrio. Segundo o autor, “o elmo com asas foi desenhado por conta do nome do elemento, que é referente ao deus romano Mercúrio” [registro escrito]. Desse modo, há referências aos símbolos da mitologia romana, visto que o deus Mercúrio, ou Hermes, na mitologia grega, “era o mensageiro de Júpiter e trazia asas no chapéu” (Bulfinch, p. 19, 2006). Nessa medida, a apropriação de um sistema de símbolos da mitologia auxilia na identificação do elemento químico, visto que leva o mesmo nome de um deus romano. Portanto, representar símbolos – como o símbolo do elemento nas Figuras 2 e 4, o símbolo astrológico na Figura 6 e um chapéu representativo na Figura 8 – foi a estratégia utilizada pelos autores para identificar o elemento químico na imagem.

A forma irregular da imagem na Figura 8 está associada à única propriedade física selecionada pelo autor para ser representada: estado físico líquido do mercúrio metálico à temperatura ambiente, construindo um qualissigno. Os demais aspectos do desenho são sinígnos que indicam algo de particular na história do elemento químico mercúrio. Por exemplo, segundo o autor do desenho, o “olhar misterioso e ameaçador é uma alusão aos mistérios que envolviam o Mercúrio desde a antiguidade, muitas vezes envoltos de misticismo, e a toxicidade deste metal pesado” [registro escrito]. Por mais que o autor também represente a toxicidade (propriedade química) do mercúrio e suas substâncias pelo olhar na figura, seu intuito era conferir, inicialmente, o misticismo do elemento a sua forma metálica.

É importante destacar que a Figura 8 é a única em que há a representação do estado físico do mercúrio metálico a partir da forma do desenho, por isso ela se distanciou das figuras humanas e humanoides representadas nas demais. A forma foi utilizada para representar substâncias formadas pelo elemento químico – como o vestido de grafita da Figura 2 -, mas não a figura central, como na Figura 8.

A partir da análise dessas imagens, podemos perceber que a linguagem artística, expressa por meio do desenho, possibilitou uma construção de múltiplos significados pelos licenciandos. Além disso, o encadeamento de informações e representações sógnicas na construção de uma imagem dos elementos químicos carbono e mercúrio fez com que seus autores fossem ao encontro de informações científicas. Os alótopos do carbono, o estado líquido do mercúrio e as implicações de seu uso indiscriminado na mineração foram algumas construções da Ciência contempladas na imagem por meio de ícones, índices e símbolos, permitindo a semióse, elucidada pela semiótica de Peirce. A partir disso, acreditamos que a construção de imagens por licenciandos não só contribui em sua formação, mas também possibilita a discussão da forma como os conceitos científicos se interconectam em um jogo de significados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Segundo os dados e as discussões deste trabalho, podemos perceber a pluralidade de signos e seu encadeamento (semióse) na construção de imagens. As imagens podem ser consideradas, então, um instrumento de comunicação da Ciência dentro e fora da sala de aula, visto que os desenhos, os diagramas e as fotografias estão presentes tanto nos artigos científicos quanto nos contextos de ensino. Isto posto, entender como os professores e os licenciandos mobilizam esses signos, por meio da abordagem semiótica, permite um entendimento da mediação entre os signos, índices e ícones e os conhecimentos científicos.

Um importante resultado desta pesquisa, que elucida alguns pontos e traça novas investigações, foi o modo como os licenciandos criaram signos próprios e se apropriaram de outros, conforme as demandas do seu desenho. Por exemplo, notamos que a apropriação de símbolos – letras e números - (Figuras 2, 4 e 5) contribui para evidenciar o elemento químico e as substâncias representados. Os autores, que não intencionavam identificar o elemento químico a partir do desenho (Figuras 3, 6 e 8), dispensaram esses artifícios ou abordaram outras convenções, como o símbolo astrológico da Figura 6. O foco desses desenhos não era propriamente explicitar o elemento químico representado, mas discutir outros fatores a ele atrelados, como o acidente com derramamento de mercúrio em Minamata (Figura 6) ou a alotropia do elemento químico selecionado (Figura 3). Assim, os signos científicos serviram para evidenciar elemento ou substância retratado no desenho.

Segundo os resultados dessa pesquisa, a criação de signos pelos licenciandos foi possibilitada por meio da utilização de formas e cores que correspondem a ícones, símbolos e/ou índices participantes de sua semióse. Além disso, cada forma ou cor utilizada em uma imagem assume um significado único, distinto em outros desenhos, contribuindo com a pluralidade de informações abordadas por cada criação. Por exemplo, a forma esférica na mão da figura humana da Figura 2 representava um alótropo do elemento carbono, enquanto esse formato na Figura 6 corresponde à associação do planeta Mercúrio ao elemento químico de mesmo nome. Por sua vez, alguns signos, como a cor cinza atribuída a todas as representações do elemento mercúrio e carbono evocando suas substâncias simples, foi utilizada de forma recorrente e com significados análogos em diferentes desenhos.

Segundo nossas análises, percebemos que os conceitos científicos foram evocados a partir de símbolos convencionados da área da Química, contudo eles nem sempre assumiram um papel central, especialmente quando eram tratadas as propriedades e aplicações das substâncias (estado físico, temperatura de fusão ou ebulição, toxicidade etc.). Por exemplo, a letalidade dos compostos à base de mercúrio na Figura 7 não foi retratada a partir de um símbolo convencionado de substância tóxica (como uma caveira preta com um fundo branco ou laranja), mas sim a partir da inversão do significado do cuidado materno. Seria relevante compreender em que momentos os professores e os licenciandos mobilizam signos convencionados e criam seus próprios signos na explicação de um conceito ou de uma entidade científica dentro da sala de aula, perfazendo objetivos de investigações futuras.

A pluralidade de representações ocorre devido não só à apropriação da expressão artística, mas também à diversidade de fenômenos e entidades científicas representadas, como os modelos (Figura 2), à transformação do carbono amorfo em cristalino (Figura 3), à presença do elemento em ciclo biogeoquímicos (Figura 4) e ao processo de fusão (Figura 5). Além disso, houve a discussão de impactos da ação antrópica no ambiente (Figuras 6 e 7) a partir da utilização de substâncias químicas e suas implicações. Cada uma dessas informações científicas requisitou signos específicos na construção do ícone, expressos por meio do desenho. O processo de seleção e de representação sógnica, em que cada parte do desenho assumia a função de qualissigno, sinsigno ou legissigno, permitiu a discussão de diversos fatores relacionados à Ciência, além de oportunizar uma vivência na Arte. Essa vivência fica evidenciada no relato do autor da Figura 3:

“Porque tem (sic) essa coisa da Arte: é mais legal você chegar à conclusão por você mesmo, do que eu chegar e dar a resposta.” [gravação e transcrição]

É importante ressaltar que a análise semiótica, baseada nos pontos de vista de Santaella (2018, p. 68-71), nos conceitos e nas categorias de Peirce, foi fundamental para discutir as produções dos licenciandos e compreender a relação entre a expressão artística do desenho e a representação de conceitos, entidades e fenômenos científicos. A partir dela, percebemos a pluralidade de efeitos de sentido e semioses presentes em cada desenho. Mesmo que a semiótica peirceana tenha favorecido a análise de signos sem o relato de seus autores, neste trabalho, cujo objetivo era identificar a forma como os licenciandos se apropriam da expressão artística do desenho, seus relatos orais e escritos foram essenciais para discutir as imagens.

Os licenciandos não representaram o elemento químico como um átomo ou sequer o indicaram em seus desenhos, salvo a Figura 2, na qual o autor ilustrou os átomos de carbono como bolas cinza na nanoesfera, sendo um signo pouco relevante para a semiose. Ainda que os elementos químicos não tenham sido representados conforme seus átomos, eles foram evidenciados a partir de substâncias formadas por eles, assim como suas propriedades e suas características representadas pelos desenhos. Em suma, tendo este trabalho como ponto inicial, percebemos o potencial de atividades integrando Arte e Ciência na formação de professores, devido à pluralidade de construções sócio-culturais aqui discutidas e analisadas. Acreditamos que a investigação dessas construções, segundo a perspectiva semiótica, contribui não só para seu entendimento, mas também para trilhar caminhos na formação docente. Ressaltamos que a relevância deste trabalho compreende as discussões sobre a semiose dos licenciandos na construção de seus signos e na apropriação de símbolos convencionados pela Ciência.

REFERÊNCIAS

- Bulfinch, T. (2006). *O livro de ouro da Mitologia: história de deuses e heróis*. Rio de Janeiro, RJ: Ediouro.
- Crochik, L. (2019). Performance, educação e ensino de física: aproximações imprevistas. *Educação em Revista*, 35(1), 1-32. <https://doi.org/10.1590/0102-4698185187>
- Cappelle, V., & Munford, D. (2015). Desenhando e escrevendo para aprender Ciências nos anos iniciais do Ensino Fundamental. *Alexandria- Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 8(2), 123-142. <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2015v8n2p123>
- Eco, U. (2014). *Tratado geral de semiótica*. São Paulo, SP: Perspectiva.
- Gilbert, J. K., Boulter, C. J., & Elmer, R. (2000). Positioning models in Science education and in design and technology education. In Gilbert, John K., & Boulter, C. J. (Orgs.). *Developing models in science education*. Dordrecht: Kluwer, 3-17.
- Girod, M. (2007). A conceptual overview of the role of beauty and aesthetics in Science and Science education. *Studies in Science Education*, 43(1), 36-61.
- Gois, J., & Giordan, M. (2007). Semiótica na Química: a teoria dos signos de Peirce. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola – Representação Estrutural em Química*, 7(1), 34-42. Recuperada de <http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/07/a06.pdf>.
- Gouvêa, G. (2020). A cultura visual e a técnica em imagens produzidas por estudantes de curso de licenciatura. *Revista Eletrônica de Educação*, 14(1), 1-24. <https://doi.org/10.14244/198271993834>.
- Hadzigeorgiou, Y. (2016). “Artistic” Science Education. In _____. *Imaginative Science Education: The Central Role of Imagination on Science Education*. Dordrecht: Springer, 185-251.
- Klein, C., & Dutrow, B. (2012). *Manual de ciência dos minerais*. Porto Alegre, RS: Bookman.
- Klein, T. A. S., & Laburú, C. E. (2012). Multimodos de Representação e Teoria da Aprendizagem Significativa: Possíveis Interconexões da Construção do Conceito de Biotecnologia. *Revista Ensaio*, 14(2), 137-152. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172012140209>
- Lucena, P. A. M., & Peticarrari, A. (2020). (Re)significados das Ciências Biológicas: análise do processo de semiose do conceito de camuflagem em desenhos animados. *Investigações em Ensino de Ciências*, 25(2), 122-147. <http://dx.doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2020v25n2p122>

- Mendes, T. F. & Almeida, L. M. W. (2020). Signos interpretantes em atividades de Modelagem Matemática. *Revista Eletrônica de Educação*, 14(1), 1-24. <https://doi.org/10.14244/198271993504>
- Netto, J. T. C. (2010). *Semiótica, informação e comunicação*. São Paulo, SP: Perspectiva.
- Nakagawa, R. M. O. & Cardoso, T. S. (2020). Epistemologia semiótica e a questão do observador em Peirce e Lotman. *Estudos Semióticos*, 16(3), 112-132. <https://doi.org/10.11606/issn.1980-4016.esse.2020.172812>
- Oki, M. C. M. (2002). O Conceito de Elemento da Antiguidade à Modernidade. *Química Nova na Escola*, 16(1), 21-25.
- Peirce, C. S. (2017). *Semiótica*. São Paulo, SP: Perspectiva.
- Pena, D. M. B., & Quadros, A. L. (2020). Professores em formação: uma experiência com as representações multimodais. In Quadros, A. L. (org.). *Representações multimodais no ensino de Ciências: compartilhando experiências*. Curitiba, PS: CRV, 31-46.
- Queiroz, J., & El-hani, C. N. (2010). Sobre a forma do signo e da semiose. *Cognitio*, 11(1), 122-138. Recuperada de <https://revistas.pucsp.br/index.php/cognitiofilosofia/article/viewFile/13381/9916>
- Rojo, R. (2006). *As relações entre fala e escrita: mitos e perspectivas*. Belo Horizonte, MG: Ceale.
- Sanjuan, M. E. C., & Santos, C. V. (2010). Uma proposta didática para a elaboração do pensamento químico sobre elemento químico, átomos, moléculas e substâncias. *Experiências em Ensino de Ciências*, 5(1), 7-20. Recuperada de https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID93/v5_n1_a2010.pdf
- Santaella, L. (2018). *Semiótica aplicada*. São Paulo, SP: Cengage Learning.
- Santaella, L. (2012). *O que é semiótica*. São Paulo, SP: Brasiliense.
- Santaella, L., & Nöth, W. (2015). *Imagem: congnição, semiótica, mídia*. São Paulo, SP: Iluminuras.
- Santos, J. D., & Silva, J. R. R. T. (2019). A construção de significados do conceito de solubilidade consoante a mediação semiótica: uma análise a partir de uma intervenção didática. *Experiências em Ensino de Ciências*, 14(3), 230-249. Recuperada de https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID650/v14_n3_a2019.pdf
- Silva, A. C. A., & Mortimer, E. F. (2019). *Práticas discursivas nas aulas de Ciências: um olhar para as abordagens comunicativas*. Curitiba, PR: Appris.
- Silva, J. A. P., & Nardi, R. (2017). Formação de professores: abordagens metodológicas na arte e na ciência. *Revista Brasileira de Pesquisa sobre Formação Docente*, 9(17), 11-27. <https://doi.org/10.31639/rbfp.v9i17.149>.
- Silva, R. R., Branco, J. C., Thomaz, S. M. T., & Cesar, A. (2017). Convenção de Minamata: análise dos impactos socioambientais de uma solução em longo prazo. *Saúde em Debate*, 42(esp.), 50-62. <https://doi.org/10.1590/0103-11042017s205>
- Wartha, E. J., & Rezende, D. B. (2011). Os níveis de representação no ensino de Química e as categorias da semiótica de Peirce. *Investigações em Ensino de Ciências*, 16(2), 275-290. Recuperada de <https://core.ac.uk/download/pdf/26907576.pdf>
- Wartha, E. J., & Rezende, D. B. (2017). As representações no ensino de química na perspectiva da semiótica peirceana. *Chemical Education in Point of View*, 1(1), 181-202. <https://doi.org/10.30705/eqpv.v1i1.886>.
- Yorifuji, B. (2013). *O fantástico mundo dos elementos: a tabela periódica personificada*. São Paulo, SP: Conrad Editora do Brasil.

Recebido em: 21.08.2020

Aceito em: 30.12.2020