

## O indutivismo ingênuo nas atividades experimentais iniciais de curso de graduação em Química: o experimento da vela

Ourides Santin Filho  
Vanessa Katsue Tsukada  
Jaime da Costa Cedran

### I – INTRODUÇÃO

Concepções ingênuas afirmam que a Ciência é um conhecimento que formula e comprova leis e teorias a partir de observações dos fenômenos naturais<sup>1</sup>. Tal concepção, mais ou menos de senso comum, domina também a comunidade científica, pois é produto da percepção que o cientista tem de seu trabalho laboral.

Essa concepção, conhecida como “indutivismo ingênuo” ou concepção “empirista-indutivista”<sup>2</sup> tem origem nos escritos do filósofo Francis Bacon, no século XVII. Neles, a Ciência é vista como autoridade absoluta, exercida de maneira neutra, a-social e a-histórica. Tal concepção acaba por consolidar a ideia de que o cientista é autoridade máxima, conhecedor da “verdade” do mundo, que pode ser “desvendada” se seguirmos uma metodologia sistemática, neutra e rigorosa<sup>3</sup>. Contudo a Ciência atual é compreendida como um conhecimento “aberto”, ou seja, um produto social e histórico do homem, em contínua construção, sujeito a mudanças e reformulações teóricas<sup>4</sup>. A Ciência, sendo atividade humana, está contaminada por suas idiossincrasias, e é produto de tensões de natureza política, social, econômica e até científica.

A visão baconiana e ingênuo sobre a Ciência ainda é muito presente no imaginário das pessoas. Modificar esse pensamento é tarefa difícil que exige esforço na superação desta forma de pensar.

---

<sup>1</sup> S. M. Arruda & C. E. Laburú, “Considerações Sobre a Função do Experimento no Ensino de Ciências,” in *Questões Atuais no Ensino de Ciências*, org. R. Nardi (São Paulo: Escrituras, 1998), 53-60.

<sup>2</sup> F. Bacon, *Novum Organum ou, Verdadeiras Indicações Acerca da Interpretação da Naturezam*. Nova Atlântica. Série Os Pensadores, vol.6 ( São Paulo: Nova Cultural, 1999).

<sup>3</sup> Ibid.

<sup>4</sup> A. M. P. Carvalho, *Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática* (São Paulo: Thomson, 2004).

No modelo de Bacon, o conhecimento começa com a observação. Essa noção ingênua contamina inclusive pesquisadores e professores universitários. Ela se traduz, por exemplo, na adoção, nas disciplinas de Química Geral, ministrada aos ingressantes dos cursos superiores em Química, do conhecido “experimento da vela”, em que o iniciante é convidado a observar rigorosamente uma vela, anotar tudo o que puder e inferir hipóteses e modelos a partir de suas anotações. Justifica-se tal atividade com a noção de que o aluno está aprendendo o que se chama comumente de “método científico”. Contudo, não são poucos os pesquisadores em história e filosofia da Ciência e em ensino que têm apontado para a impossibilidade de tal “método” conduzir a algum conhecimento da natureza<sup>5</sup>.

Neste trabalho avaliamos como e quanto deste pensamento ainda persiste numa disciplina introdutória de Química Geral ministrada aos acadêmicos ingressantes em cursos de Licenciatura e Bacharelado de Química de uma universidade pública brasileira e de quanto ele se transfere para as concepções dos alunos da disciplina.

Nosso trabalho foi então investigar o modo pelo qual as primeiras atividades experimentais em um curso de Química universitária estavam sendo abordadas, a fim de avaliarmos como os alunos formulavam suas concepções científicas. Neste sentido, nossa hipótese foi a de que atividades acadêmicas estariam contribuindo para a consolidação da concepção empirista-indutivista de Ciência, que não mais condiz com as concepções atualmente aceitas.

A metodologia adotada neste trabalho foi de natureza qualitativa, a partir dos pressupostos da análise textual discursiva<sup>6</sup>, em que documentos textuais, no caso o manual de laboratório e os relatórios produzidos pelos alunos após a realização da atividade experimental,

---

<sup>5</sup> F. L. Silveira & F. Ostermann, “A Insustentabilidade da Proposta Indutivista de “Descobrir” a Lei a Partir de Resultados Experimentais,” *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 19, nº especial (2002): 7-27; M. A. G. Silva & R. M. G. Marsulo, “Os métodos Científicos como Possibilidade de Construção de Conhecimentos no Ensino de Ciências,” *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* 4, nº 3 (2005); Marco A. Ostermann & Fernanda Moreira, “Sobre o Ensino de Método Científico,” *Cadernos Catarinenses de Ensino de Física* 10, nº 2 (1993): 102-117.

<sup>6</sup> R. Moraes & M. C. Galiuzzi. *Análise Textual Discursiva* (Ijuí: Unijuí, 2007).

foram desconstruídos em unidades de significado e reagrupados (reorganizados) em categorias. Na reorganização, as categorias podem ser previamente definidas ou podem surgir a partir da análise das unidades.

O estudo dos pressupostos de Bacon forneceu os caminhos necessários para avaliar o nível de intensidade evidenciado pelos textos examinados.

## II – O MÉTODO INDUTIVO BACONIANO

Francis Bacon (1561-1626) viveu boa parte de sua vida na corte de Elisabeth I. Parece ter levado vida conturbada, acusado de subornos e intrigas<sup>7</sup>. Bacon achava que o instrumento dedutivista, preconizado pelos silogismos de Aristóteles em seu *Organon*, não era mais suficiente para explicar o conhecimento científico, e propõe um novo método, de natureza indutivista, apresentando-o em obra com o sugestivo nome de *Novum Organum*.

A leitura da obra de Bacon aponta três processos para se chegar a uma descoberta científica: a criteriosa escolha dos fatos a serem estudados, a formulação de uma hipótese que os una e, por fim, a testagem da hipótese a partir de novos fatos.

O indutivismo baconiano sugere que a Ciência se inicia com a observação rigorosa e controlada da natureza. Uma vez feitas as observações, adotando-se um “método científico” supostamente infalível, seria possível descobrir “como funciona” a Natureza. Seguir tal método protegeria a Ciência de influências sociais, filosóficas, religiosas e ideológicas, pois estes estariam livres das subjetividades individuais do observador<sup>8</sup>.

O “Método Indutivo” tinha por objetivo determinar as propriedades essenciais dos objetos, através de observações e tabulações cuidadosas,

---

<sup>7</sup> C. A. M. Gottschall, *Do Mito ao Pensamento Científico: A Busca da Realidade, de Tales a Einstein*, 2ª ed. (São Paulo: Atheneu; Porto Alegre: Fundação Universitária de Cardiologia, 2004).

<sup>8</sup> Bacon.

testadas experimentalmente. De modo geral, ele pressupõe as seguintes etapas<sup>9</sup>:

1 – O observador anota, metódica e cuidadosamente, o maior número de dados relacionados a um fenômeno pré-determinado.

2 – Esses dados acumulados são registrados sistematicamente em tábuas (de presença, de ausência, de graus (intensidade), etc.), de modo que as informações sejam agrupadas segundo suas características distintas.

3 – Iniciam-se os processos eliminatórios das possibilidades teóricas e operativas concorrentes. Através de uma análise racional e experimental, é possível eliminar os casos no qual o fenômeno se contradiga.

4 – Restando apenas alguns casos, estes devem ser ordenados e destas informações será possível formular hipóteses gerais, ou seja, os fatos conhecidos, se bem interpretados, nos deixam transparecer a “forma” do fenômeno pesquisado.

5 – O próximo passo é a confirmação e retificação dessas hipóteses formuladas. Iniciam-se novos experimentos que possam validá-las.

6 – Se os experimentos comprovarem as tais hipóteses, surgirá uma lei científica. Esta lei poderá ser aplicada em casos semelhantes.

7 – A ampliação do conhecimento científico possibilitaria a construção de uma nova teoria.

Acreditava o filósofo que, se o cientista adotasse o procedimento acima, eliminaria os preconceitos e as noções falsas que dificultam a apreensão da realidade ao qual denominava de *ídolos*. Se estas regras fossem obedecidas os “segredos” da natureza seriam então desvendados pela inteligência humana<sup>10</sup>.

---

<sup>9</sup> Ibid.

<sup>10</sup> A. F. Chalmers, *O Que é Ciência, Afinal?* (São Paulo: Brasiliense, 1993).

Francis Bacon expressa a finalidade de seu método citando em um de seus livros uma frase de Salomão: “A glória de Deus consiste em ocultar a coisa, a glória do rei em descobri-la”<sup>11</sup>.

Nesta frase, o filósofo expõe seu pensamento de que a Ciência é uma ferramenta para se descobrir as “verdades” da natureza que Deus “escondeu”. Assim, o novo método seria capaz de desvendar os fenômenos naturais, iniciando-se com a observação idônea e desapaixonada.

Segundo o método indutivista, a Ciência podia conhecer e descobrir por lógica indutiva, ou seja, um conjunto grande de observações regulares e controladas pode conduzir à formulação de uma lei científica válida inclusive para casos não observados de um mesmo evento, a partir do método de inferência de princípios gerais por meio de observações de muitos casos particulares<sup>12</sup>.

A abordagem do percurso adotado por Francis Bacon sugere que seja possível um método para se conhecer a verdade de modo neutro, desapaixonado, livre das características pessoais do cientista e das circunstâncias sociais de sua atividade. Nos dias de hoje, em particular o que nos interessa aqui, tal noção impede que acadêmicos de cursos de Ciências Naturais e Exatas percebam o caráter social da Ciência, a mutabilidade de suas teorias e sua capacidade apenas relativa de compreender a natureza.

### III – CRÍTICAS AO MÉTODO CIENTÍFICO

A aplicação do método indutivista possibilitaria estabelecer uma diferença entre a Ciência como conhecimento específico, especial e “superior”, e outros tipos de conhecimentos, pois o método poderia

---

<sup>11</sup> Bacon.

<sup>12</sup> P. Strathern, *O Sonho de Mendeleiev: A Verdadeira História da Química* (Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2002).

conduzir com segurança os cientistas às descobertas consideradas cientificamente “verdadeiras”<sup>13</sup>,

[...] os filósofos não desistiram de associar à ciência a existência de algo capaz de diferenciá-la de outras produções intelectuais humanas. Assim, não apenas o sucesso da ciência, mas também o seu rigor seria devido à presença do método científico. Como se pode perceber, o método científico, caso existisse, seria capaz de explicar todas as qualidades da ciência, aquelas que são prezadas e provocam admiração. Isso fez com que o método científico desfrutasse de uma tal importância que outras disciplinas estiveram convencidas que, para serem consideradas genuinamente científicas, deveriam, elas também, respeitar rigorosamente o método [...]<sup>14</sup>.

Desde seu nascimento, sempre houve divergências entre filósofos e cientistas acerca da natureza e validade da proposta de Bacon,

Os desenvolvimentos modernos na filosofia da ciência têm apontado [...] dificuldades associadas à ideia de que a ciência repousa sobre um fundamento seguro adquirido através de observação e experimento de inferência que nos possibilita derivar teorias científicas de modo confiável de uma tal base. Simplesmente não existe método que possibilite às teorias científicas serem provadas verdadeiras ou mesmo provavelmente verdadeiras<sup>15</sup>.

O indutivismo baconiano é construído pela indução a partir da “base segura” fornecida pela observação. Sua “verdade” pode ser averiguada pelo uso direto dos sentidos. Com isso, justifica-se a imagem errônea de que a Ciência pode explicar e prever de forma objetiva muitas de suas teorias, “a confiabilidade da ciência acompanha as afirmações do

---

<sup>13</sup> A. A. P. Videira, “Breves Considerações Sobre a Natureza do Método Científico,” in *Estudo de História e Filosofia das Ciências: Subsídios para Aplicação no Ensino*, org. Cibelle C.Silva (São Paulo: Ed. da Livraria da Física, 2006).

<sup>14</sup> *Ibid.*, 25.

<sup>15</sup> Chalmers.

indutivista sobre a observação e a indução”<sup>16</sup>. Essa e outras falhas foram surgindo no decorrer dos tempos.

Desenvolver um método científico perfeito foi (e continua sendo) uma utopia e observa-se que uma das dificuldades encontradas para tal empreendimento foi o fato de que no processo de objetivação nunca é possível eliminar completamente as subjetividades do conhecimento<sup>17</sup>.

O método indutivo supunha que um conjunto de enunciados singulares pudesse passar a ser um enunciado universal. Este problema da indução foi criticado por David Hume já no século XVIII, mas somente no século XX, com Popper e seu método de falseamento, ele passou a ser compreendido de maneira satisfatória, mas ainda assim com muitos questionamentos. Hume foi o primeiro filósofo a criticar e questionar as questões que envolvem o método. Ele argumentava que era impossível demonstrar com lógica a validade obtida pelo método da indução. Questiona que, se uma proposição é inferida de outra, e como esta não pode ser intuitiva nem demonstrativa, então, qual seria sua natureza? Ser de natureza experimental significa dizer que toda inferência realizada será semelhante no futuro. Demonstra-se então uma falha de natureza lógica, pois não há como argumentar que se no passado o curso da natureza foi regular, no futuro ele também o será. Podemos no máximo argumentar que a probabilidade de que algo venha a suceder novamente no futuro como vinha acontecendo no passado é provável, mas não necessariamente verdadeira ou para todos os casos<sup>18</sup>.

Na década de 1950, representantes de uma nova filosofia da Ciência, de natureza mais social e histórica, tais como Thomas Kuhn e Paul Feyerabend, iniciaram uma oposição ao método científico indutivista de modo tão intenso que provocou uma inflexão em sua posição privilegiada. O método, que era visto como principal elemento para

---

<sup>16</sup> Ibid., 34.

<sup>17</sup> Videira.

<sup>18</sup> J. Zanetic, *Textos de Evolução das Idéias da Ciência: Tópicos de Filosofia da Ciência* (São Paulo: IFUSP, 2004).

constituição e validação do conhecimento científico, passou a ocupar uma posição mais restrita<sup>19</sup>.

No desenvolver dessa discussão, os cientistas abandonaram a ideia de desenvolver um método científico universal. A partir de então, constatou-se que nem a filosofia nem sua lógica possuíam meios de determinar o que é método científico. Essas críticas provocaram algumas implicações e modificações na própria concepção de Ciência. “Alguns cientistas perceberam que os caminhos que levam à descoberta na ciência podem ser diferentes e múltiplos, o mesmo ocorre com os processos para justificá-la”<sup>20</sup>.

Estes cientistas passaram a defender uma concepção de Ciência mais aberta e pluralista. Nesta nova concepção não encontramos a natureza específica da Ciência e fica aparente que a descoberta científica é possível por diferentes caminhos, e que o método empirista-indutivista tenta estabelecer fronteiras inaceitáveis quando surgem questões que não podem ser por ele respondidas ou investigadas. Além do que, “em nossa época só os cientistas mais ingênuos sob o ponto de vista epistemológico continuam a defender a idéia de que a principal característica da ciência é o método”<sup>21</sup>.

Não abordaremos nesse trabalho os pressupostos completos das novas propostas epistemológicas de Ciência. Avaliaremos aqui o quanto o pensamento baconiano de indutivismo ingênuo ainda é apresentado aos ingressantes de um curso de Química, consolidando tal visão.

#### **IV – METODOLOGIA**

Avaliamos neste trabalho as concepções científicas presentes nas práticas de laboratório e nos relatórios de atividades experimentais produzidos por alunos do curso de Química, a partir do experimento que propõe a observação de uma vela.

---

<sup>19</sup> Videira.

<sup>20</sup> Ibid., 31.

<sup>21</sup> Ibid., 31.



A metodologia empregada foi a análise de conteúdo dos textos produzidos pela Universidade (apostilas e livros) e pelos alunos (relatórios de práticas de laboratório), segundo os pressupostos da análise textual discursiva de R. Moraes e M. C. Galiazzi, que corresponde a “uma metodologia de análise de dados e informações de natureza qualitativa com a finalidade de produzir novas compreensões sobre os fenômenos e discursos”<sup>22</sup>. Esse método pressupõe as etapas de desconstrução do texto em unidades de significado (palavras, frases, parágrafos completos, etc.) e sua categorização, isto é, a criação e enquadramento dos fragmentos em diversas categorias que emergem a partir da análise do texto produzido pelos alunos. A partir da execução dessas etapas novos significados ressurgem para os textos analisados.

#### **V – O EXPERIMENTO ANALISADO: A COMBUSTÃO DA VELA**

O clássico experimento de observação pura e simples de uma vela acesa e apagada sempre foi considerado como um procedimento interessante de se trabalhar no ensino de Ciências e de Química, por diversas razões. Ele é adotado como atividade inicial de laboratório, para que o aluno aprenda a fazer “observações científicas”, tire “conclusões”, “formule hipóteses” e em seguida passe à etapa de “comprovação das hipóteses levantadas” a partir de “novos experimentos”. Em outra vertente, um pouco mais “científica”, imagina-se que este método possa demonstrar aos alunos a porcentagem de oxigênio no ar atmosférico por simples observação da redução do volume do ar contido numa campânula que cobre a vela e provoca seu apagamento. Neste caso em particular, embora os valores obtidos sejam muito próximos dos valores verdadeiros, os resultados são extraídos através de raciocínios incorretos. Este experimento apresenta muitas falácias e foi substituído por outros

---

<sup>22</sup> Moraes & Galiazzi.

exemplos mais condizentes com tal determinação como, por exemplo, o experimento da palha de aço<sup>23</sup>.

O procedimento para se “determinar o percentual de oxigênio contido na atmosfera” consiste em fixar uma vela acesa no interior de uma cuba ou recipiente de vidro contendo alguma quantidade de água e, sobre a vela acesa, emborcar outro recipiente, por exemplo, um béquer grande. Supostamente, o consumo completo do oxigênio e dissolução na água do gás carbônico gerado reduz o volume do ar no béquer, elevando o nível de água em seu interior. Tal redução de volume corresponderia, assim, ao volume ocupado pelo oxigênio na atmosfera.

As principais falácias apontadas por Braathen na proposta acima se resumem em: a) considerar que o gás carbônico se dissolve rapidamente em água (o que não é verdade, sua dissolução em água é bem lenta); b) considerar que no processo de combustão o oxigênio é totalmente consumido; e c) que ocorre combustão completa (na verdade, a combustão não é completa e forma-se monóxido de carbono, que é pouco solúvel em água).

É fácil observarmos que atividades acadêmicas de todos os níveis de ensino, propostas do modo simplista como relatado acima, contribuem para consagrar o modelo cientificista ingênuo de Ciência. Acreditamos que iniciar uma aula de laboratório pela abordagem de um “método científico” que deve ser seguido rigorosamente, incentivando observações de uma vela acesa, fazendo-se anotações dos fenômenos que se processam em sua combustão, reforça uma visão distorcida da Ciência.

## **VI – ANÁLISE DOS MATERIAIS DA ATIVIDADE PRÁTICA “OBSERVAÇÃO CIENTÍFICA: A VELA”**

Nossa primeira análise efetuada foi no material didático adotado pelo curso de Química<sup>24</sup>.

---

<sup>23</sup> P. C. Braathen, “Desfazendo o Mito da Combustão da Vela Para Medir o Teor de Oxigênio no Ar,” *Química Nova na Escola* 12 (nov. 2000): 43-45.

<sup>24</sup> E. Lenzi, L. O. B. Favero & A. S. Tanaka, *Química Geral Experimental* (Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2004).

Em uma parte do livro propõe-se um elenco de procedimentos encabeçados pelo título *METODOLOGIA CIENTÍFICA*. Os procedimentos indicados são os seguintes:

- 1) Observar/registrar.
- 2) Formular uma hipótese para o funcionamento da vela.
- 3) Testar a hipótese: experimentação.
- 4) Conclusão, comprovar a hipótese e transformá-la em tese.
- 5) Generalização: funciona para todas as velas?
- 6) Divulgação<sup>25</sup>.

Constata-se que o livro propõe que se exercite a observação e registro de fenômenos, seguida de formulação de hipóteses, conclusão, comparação e generalização. Claramente, a proposta está impregnada de indutivismo ingênuo em todas as suas etapas e sugere, já no início, que a atividade científica “começa” com uma observação neutra e descompromissada com qualquer teoria e despida de qualquer conhecimento ou concepção prévia (científica, alternativa, ou de senso comum).

Posteriormente, foram analisados os relatórios produzidos após a execução da atividade prática. Neste trabalho foram abordados trechos selecionados de dez relatórios, que nominaremos apenas como Relatório 1 (R1) até Relatório 10 (R10). Os resultados serão apresentados como categorias observadas, segundo os pressupostos de Moraes e Galiazzi, das quais fragmentos de texto servirão como exemplo.

Examinamos os textos de acadêmicos de duas turmas diferentes. Constatamos que a atividade experimental foi ministrada de modo diferenciado, com consequências que se refletiram nos textos e no modo de pensar dos alunos.

Os dois grupos foram classificados pelo seguinte critério: o primeiro grupo (grupo 01) apresenta em seus relatórios um pensamento indutivista muito forte (demonstrado na forma de pensar apresentada pelos alunos). Consideramos que os alunos deste grupo, por se posicionarem de forma muito segura quanto ao que consideram ser

---

<sup>25</sup> Ibid., 13.

METODOLOGIA CIENTÍFICA, levariam um maior tempo para “abrir mão” do conceito que acreditam ser o “mais seguro” de se adotar.

O segundo grupo (grupo 02) é, em nossa avaliação, o mais propício a compreender como a Ciência se processa, isto porque em seus relatórios é claramente observável o quanto esta simples aula experimental deixou-os desnorteados, mais especificamente “perdidos” ou “em conflitos” internos com relação as suas formas de pensar e conceituar o termo METODOLOGIA CIENTÍFICA.

Embora este grupo mostre-se desnorteadado e inseguro quanto à forma e os resultados da atividade prática executada, o pensamento de Ciência tradicional e a presença de pensamento indutivista encontram-se, ainda assim, presente em seus pensamentos. Demonstraremos isso no decorrer desta análise, que vamos iniciar pelos objetivos propostos nos relatórios.

#### **VI.1 – ANÁLISE DOS OBJETIVOS**

Já nos objetivos, foi possível distinguir claramente duas categorias de respostas.

##### **Categoria 1: o “método” se “desenvolve a partir da observação da vela”:**

- ✓ R1: *Utilizar uma vela para desenvolver um método científico a respeito de seu funcionamento.*
- ✓ R2: *Desenvolver um método científico através da observação de uma vela.*
- ✓ R3: *Usar a vela para propor hipóteses sobre as funções da parafina no funcionamento da vela.*
- ✓ R4: *Utilização de uma vela para desenvolver o método científico.*
- ✓ R10: *Exercitar a observação de um fenômeno e efetuar registros, efetuar hipóteses, experimentar, comparar e concluir.*

Os procedimentos para se alcançar os objetivos acima seguem a mesma diretriz: observar, registrar, formular questões e hipóteses, desenvolver novos experimentos a fim de se esclarecer as hipóteses e questões formuladas. Tudo isso primeiro com a vela apagada e depois com a vela acesa.

Embora o relatório 10 pertença a alunos que tiveram o experimento com o segundo professor ele será agrupado ao grupo 01 porque também apresenta um pensamento indutivista muito perceptível, que se demonstra semelhante à forma de pensar do grupo 01. É preciso esclarecer que, apesar de a aula ter sido diferente, estes alunos dificilmente conseguem decifrar novos conceitos que o professor venha a transmitir, principalmente se isso ocorrer em uma única aula. Os alunos do relatório 10, talvez por dúvida, optaram por seguir o caminho “mais seguro”.

**Categoria 2: o objetivo era o de obter algum resultado experimental:**

- ✓ R5: [...] o principal objetivo era ver o processo de combustão [...] depois de acender a vela [...]. O experimento não atingiu o objetivo já que só se consome o oxigênio perto da chama não o de toda proveta que era o objetivo inicial. (apresenta mais de um objetivo).
- ✓ R6: A observação, juntamente com outros procedimentos, aguça-nos a reconhecer e compreender as etapas e o resultado dessa análise. Observando cientificamente o ensaio da vela, bem como o da palha de aço, foi possível responder e esclarecer alguns tópicos importantes para o estudo da ciência, tais como o procedimento pelo qual ocorre a combustão da vela, no qual pôde-se medir a porcentagem de oxigênio no ar, e a experiência da palha de aço, que além de calcular a taxa de oxigênio no ar, analisou-se a oxidação da palha de aço.
- ✓ R7: Medir o teor de oxigênio no ar atmosférico.
- ✓ R8: Não cita o objetivo.

✓ R9: *Com a queima da vela (exp.1) e com a reação da palha de aço (exp.2), há ação dos mesmos com oxigênio ( $O_2$ ). Na prática os dois experimentos devem consumir o Oxigênio presente na proveta (local onde as reações acontecem) e após determinado o tempo, equacionando a relação/tempo, poderemos determinar a quantidade de oxigênio consumido, posteriormente determinando sua porcentagem no ar atmosférico.*

Embora os dez relatórios se refiram ao experimento da vela, é perceptível a distinção entre os objetivos propostos pelos dois grupos. Percebe-se que nos relatórios do grupo 02 há diferentes objetivos, eivados de comentários.

Talvez devido à maneira como a aula tenha sido ministrada pelo segundo professor, nota-se que os alunos demonstram em seus objetivos certa insegurança em expô-los nos relatórios (os mesmos não estavam destacados como no grupo 01). Outro motivo que justificaria tal pensamento é de que nos relatórios pertencentes ao grupo 02 não há um consenso nos objetivos expostos entre os relatórios de uma mesma turma, pois eles demonstram o quanto os alunos estão “perdidos”, não conseguindo expor claramente os objetivos do experimento. Há, já nos objetivos, a exposição de conceitos teóricos altamente evoluídos, que não fazem parte, a priori, de objetivos.

Em especial, no objetivo do relatório seis (R6), percebe-se que estes alunos tentam esboçar alguma idéia diferenciada do papel da OBSERVAÇÃO, mas que no final é incompreendida. Já o papel da EXPERIMENTAÇÃO é totalmente incompreendido, pois eles não conseguem estabelecer uma relação entre os dois experimentos propostos. Não percebem que as duas práticas possuem o mesmo objetivo. Para eles, o experimento da palha de aço apresenta dois objetivos, determinar o teor de oxigênio no ar atmosférico e observar a oxidação da palha de aço e mais, veja o seguinte fragmento de frase:

R6: [...] *foi possível responder e esclarecer alguns tópicos importantes para o estudo da ciência [...]*.

Percebe-se aqui que o aluno tenta transmitir algo sobre o estudo da Ciência, mas isso não é uma ação simples. Parece, no entanto, que o aluno foi instigado a questionar seus conhecimentos científicos para o desenvolvimento e compreensão do experimento.

À exceção do relatório R9, em todos os relatórios examinados foram testadas as “propriedades organolépticas” da vela, em particular o odor da parafina sólida, de seus vapores aquecidos e da fuligem (procedimentos que nos dias de hoje são considerados desnecessários e efetivamente perigosos, claramente em contrariedade às normas de segurança de laboratório). Veja-se o seguinte trecho:

✓ R6: [...] *a partir de observações feitas sobre as propriedades organolépticas de uma vela apagada, formulou-se questões sobre seu funcionamento...*

✓

A ideia de se verificar propriedades organolépticas de substâncias químicas tem dois aspectos que devem ser considerados. O primeiro deles, o risco óbvio de se intoxicar gravemente a partir da inalação ou ingestão de compostos e, em segundo lugar, a sugestão remete à noção de que as propriedades qualitativas das substâncias são importantes na sua caracterização, que remete aos procedimentos alquímicos medievais, baseados na herança aristotélica de transformação das qualidades dos corpos. Trata-se, aparentemente, de um procedimento puramente aristotélico presente na atividade.

## **VI.2 – ANÁLISE DA SEÇÃO RESULTADOS DOS RELATÓRIOS**

O principal (e único) instrumento de investigação da vela é a *observação* pura e simples, a olho nu. Todos os relatórios contêm, na seção de Resultados, descrições mais ou menos longas da vela.

**Categoria 1: a linguagem erudita como pretensamente científica:**

Notamos a preocupação em traduzir a descrição de fenômenos simples para uma linguagem “erudita”, pretensamente “científica”. Destacamos dois trechos:

- ✓ R2: Vela apagada: *Composta de um barbante de algodão [...] envolto por uma camada de um sólido branco feito de cera, levemente translúcida e cilíndrica. Sem odor característico. Na extremidade da vela o pavio possui uma coloração preta que deduzimos, estar assim, devido ao seu acendimento anterior.*
- ✓ R4: Vela apagada: [...] *Possui formato cilíndrico, não apresenta odor nem gosto.*

Destacamos o trecho acima, em que os estudantes teriam ingerido um pouco de parafina a fim de testar seu sabor, com os óbvios riscos que tal procedimento acarreta em laboratórios de química.

**Categoria 2: Conclusões apriorísticas, inconsistentes com observações:**

Nas descrições de observações executadas, nota-se que os acadêmicos acabam por tirar conclusões impossíveis de serem obtidas a partir dessas observações. Destacamos dois exemplos, a fim de ilustrar o fato de que, efetivamente o experimento não cumpre a função de fazer com que o aluno tire conclusões a partir de simples observações, de que essas mesmas observações não são neutras e já vêm suportadas por quase toda a teoria necessária para sua interpretação.

- ✓ R4: *A chama tem coloração amarela, pois isto é resultante de uma combustão incompleta. A parafina líquida na base superior da vela impede a entrada de oxigênio suficiente para que ocorra a combustão completa. Com a entrada de pouco oxigênio pela base ocorre a oxidação parcial da*



*matéria orgânica, gerando monóxido de carbono, água e partículas de carbono incandescentes, que são em parte responsáveis pela cor amarela da chama.*

✓ R1: *Parafina (composto inflamável que é uma mistura de hidrocarbonetos saturados de alto peso molecular derivados do petróleo). Possui seus átomos de carbono organizados em cadeias abertas, utilizando apenas ligações simples, podendo ser de cadeias normais ou ramificadas. Sua coloração é branca devido ao seu alto grau de refino.*

Os trechos relatam que observações visuais conduzem a explicações apriorísticas, que envolvem a teoria da combustão pelo oxigênio e todas as suas consequências e pressupostos (teoria cinética dos gases, teoria atômico-molecular, cinética e termodinâmica dos processos químicos, etc.), obviamente impossíveis de serem obtidas a partir dessas mesmas observações.

### **VI.3 – A FORMULAÇÃO DE HIPÓTESES**

As recomendações contidas no livro texto sugerem que a formulação das hipóteses é procedimento previsto no “método científico”. Nesse quesito, seguem algumas questões que surgiram nos estudantes do primeiro professor, após essa etapa.

✓ R1: *Por que a vela pega fogo? Por que a chama tem esse formato? Qual produto ou material dá origem a essa chama?*

✓ R2: *O que mantém a vela acesa? Por que com o passar do tempo a vela diminui? A parafina é um combustível. Por que ela em si não pega fogo?*

✓ R2: *O que é a cera? Por que a vela não possui odor?*

Propunha-se, então, que os alunos formulassem hipóteses para respondê-las. Invariavelmente, todas as repostas se basearam em modelos e teorias já mais ou menos consolidadas nos estudantes, teorias

essas de natureza bastante avançada, que envolvem conhecimentos de teoria atômico molecular, ligações químicas, combustão completa e incompleta e outras. De certo modo, todas as respostas se enquadraram na Categoria de respostas apriorísticas, com teorias avançadas. Vejamos a formulação de algumas dessas hipóteses.

**Categoria 1: hipóteses apriorísticas, com teorias avançadas:**

✓ R8: *Análise de um material desconhecido: A Vela. Partimos do princípio de que o material analisado seja um combustível, pois quando está no estado sólido alimenta a chama por meio do pavio, porém, a presença de oxigênio é essencial na reação de combustão. Levantamos a hipótese de que este material tenha carbono em sua composição, pois um dos produtos da reação de queima é a fumaça preta.*

✓ R10: *Uma hipótese é que, para a vela manter-se acesa por tanto tempo, necessitaria de uma fonte fornecedora de combustível para a alimentação da chama, e esta é a parafina.*

Destaque-se o trecho citado em R8. Se o material é desconhecido, como é então que ele já possui um nome e que este nome estabelece relação direta e automática com a hipótese levantada (já conhecida de antemão) de que este “material desconhecido” necessita do gás “oxigênio” para que uma “reação de combustão” aconteça e que este material é composto especificamente de “carbono”, (conforme trecho reproduzido acima)? Como poderiam os alunos concluir todos estes dados do experimento simplesmente efetuando uma simples observação do objeto desconhecido?

**VI.4 – TENTATIVAS DE QUANTIFICAÇÃO:**

Os acadêmicos foram convidados a calcular o teor de oxigênio contido no ar atmosférico. Percebe-se que os alunos do primeiro professor não apresentaram nenhum cálculo, redirecionando o objetivo da atividade prática para o “suposto” desenvolvimento do método científico. Os alunos

do segundo professor elaboraram seus procedimentos e discussões apresentando cálculos relacionados ao teor de oxigênio no ar atmosférico. Nota-se aqui mais um dos motivos que diferencia os dois grupos.

Embora a maioria os relatórios do segundo professor apresente os cálculos relacionados com o teor de oxigênio no ar atmosférico, é nesta etapa dos relatórios que se faz perceptível a não existência de um consenso nos objetivos expostos anteriormente e a falta de direção proposta pela aula. Vejamos alguns casos.

No relatório R6, os alunos não conseguem estabelecer uma relação entre os dois experimentos propostos. Tentaram esboçar algo diferente do pensamento indutivista, mas não conseguiram, como por exemplo, nesta frase: *Esta experiência baseia-se em exercitar a observação [...]*. Estes alunos não apresentaram cálculos relacionados ao experimento da vela, e assim o justificaram:

✓ R6: *Como sabemos, por experimento da literatura, a vela apagou, mas não acabou totalmente o oxigênio da proveta, portanto, não foi possível obter resultados exatos nessa experiência.*

É perceptível que estes alunos, por terem acesso a dados sobre o experimento, não se deram nem ao trabalho de apresentar um cálculo para a prática da vela. Logo, as observações não serviram para comprovar nenhuma hipótese. Os mesmos já sabiam as “respostas da literatura” (perdem-se os objetivos de tal prática). Fica a pergunta: se o experimento não permite determinar o que se propunha, porque executá-lo? Aparentemente, os alunos não se deram conta, ou não foi discutido pelo professor, que o experimento simples da vela não permite a determinação do teor de oxigênio da água. Essa tentativa de determinação foi feita a partir do experimento da palha de aço.

Paralelamente ao experimento da vela (como proposto pelo professor), estes alunos trabalharam um experimento com palha de aço e

apresentaram os cálculos para determinação da porcentagem de oxigênio no ar atmosférico, apresentando a seguinte conclusão:

✓ R6: *Assim, na experiência da palha de aço houve resultados claros, como a obtenção da taxa de oxigênio no ar e no experimento da vela, que apesar de seus resultados limitados, pôde-se observar aspectos referentes à combustão, por exemplo, a cor da chama e suas explicações, além de concluir que a parafina não é o material combustível.*

Estes alunos apresentam respostas para as quais não havia, de início, perguntas elaboradas como, por exemplo, eles não formularam, nos objetivos, nenhuma pergunta relacionada com o processo de combustão e com as prováveis cores da chama da vela obtidas neste experimento. Percebe-se que seus objetivos propostos inicialmente são esquecidos e foram simplesmente trocados no decorrer da elaboração do relatório, demonstrando novamente falta de clareza na execução da atividade e mais, concluíram erroneamente a partir dos dados coletados.

Vejamos trechos de outros relatórios.

✓ R9 – *Exp.1: Foi calculada a porcentagem de oxigênio consumido dentro da proveta, que foi de 10%. Com o experimento da vela certificou-se que o oxigênio na proveta não foi todo consumido e sim, só o que se encontrava ao redor da chama. Exp.2: 18% da proveta se encheu de água, logo foi essa a quantidade de oxigênio consumida.*

Os alunos relatam dois experimentos. O primeiro deles calcula o teor de oxigênio do ar pela queima da vela e o segundo, pela oxidação da palha de aço. Eles concluíram erroneamente que, por haver diferença nos valores das porcentagens obtidas entre os dois experimentos **comprovou-se** que no experimento da vela *o oxigênio na proveta não foi todo consumido*. Apresentaram suas conclusões, justificando que a relação entre as duas práticas (da vela e da palha de aço) era meramente

para este fim. No experimento 2 eles admitem que a redução de volume do ar corresponde diretamente ao volume de oxigênio consumido, não atentando para o fato de que a dissolução em água do gás carbônico gerado é lenta.

✓ R10 – *Pôde-se verificar que acendendo o pavio (parafina e barbante) a chama manteve-se por um maior espaço de tempo do que apenas o barbante, pois este queimou rapidamente, disso pode-se dizer que o material aceso (parafina e barbante) libera duas reações químicas, uma combustão completa e outra incompleta, pois se constatou a presença de chama azul e chama amarela simultaneamente.*

Pertencente ao grupo 01, os autores deste relatório não apresentaram nenhum cálculo no relatório, apenas mencionam observações e verificações sobre o experimento. Também não apresentaram nenhuma conclusão no final do mesmo. Concluem que a diferença de cor da chama é relativa ao tipo de combustão que se processa (*poderia ser por diferenças de temperatura? Por diferença na composição da mistura gasosa?*). Como poderiam os acadêmicos confirmar esta hipótese apenas com uma simples observação? Este fato está cheio de conhecimentos prévios que os alunos já possuíam, alguns errôneos, evidenciando mais uma vez a ineficácia epistemológica da prática proposta.

#### **VI.5 – AS CONCLUSÕES CONTIDAS NOS RELATÓRIOS**

O trecho final dos relatórios era reservado às discussões e conclusões. De modo geral, todos os grupos concluem que, a partir do experimento executado é possível “compreender o método científico.” Senão, vejamos alguns trechos de relatórios.

**Categoria 1: conclusões acerca do que consiste e em como se compreender ou ainda “desenvolver um método científico”:**

✓ R4: *Para desenvolver um método científico a partir do uso da vela, mediu-se sua massa inicial [...], assim como sua altura [...] para ao final verificar se houve perda de massa.*

Nesse caso, o método científico se reduz à determinação de massa.

✓ R4: *Conclui-se que um método científico se subdivide em quatro etapas: observação, formular questões, propor hipóteses, desenvolver experimentos que permitam confirmar ou não as hipóteses feitas.*

Conclui o grupo que o “método científico” se constitui de “etapas”, algo como uma “receita”, o que já lhe havia sido proposto no roteiro experimental.

Consideremos agora as concepções apresentadas pelos estudantes com relação ao que vem a ser o “método científico”. Vejamos a concepção apresentada pelos acadêmicos do grupo R1:

✓ R1: *O método científico é um conjunto de abordagens, técnicas e processos para formular e resolver problemas na aquisição objetiva de conhecimento. Usado nas ciências exatas e até mesmo em algumas humanas.*

*A elaboração de método científico consiste em quatro estágios:*

*1.1 observar.*

*1.2 formular questões relativas à observação feita.*

*1.3 criar hipóteses relativas à observação feita.*

*1.4 elaborar experimentos que comprovem ou não as hipóteses criadas.*

Chama à atenção a idéia de que o “método científico” e, por extensão, a Ciência, serve para *formular e resolver problemas*, o que constitui uma hipótese **funcional** da Ciência. Tal atividade se presta à

aquisição *objetiva* de conhecimento. Fica clara aqui a noção de que o conhecimento “adquirido” pela Ciência, através do “método científico” tem como característica a **objetividade**.

Vejamos agora o que se diz sobre método científico no relatório R2. Alguns trechos foram grifados por nós e serão comentados com mais detalhes.

✓ R2: *Método científico é uma forma de **investigação** da natureza. Para isso, **não leva em consideração superstições ou sentimentos religiosos**, mas a **lógica e a observação sistemática dos fenômenos estudados**.* (grifo nosso).

Verifica-se acima a noção ingênua de que a ciência é neutra e objetiva e que a “investigação” por meio da “lógica” e “sistemática” seria possível. Prevalece a soberania da observação, supostamente neutra dos “fenômenos estudados.” Os acadêmicos não veem a Ciência como uma **linguagem** ou instrumento de **interpretação da natureza**, de caráter subjetivo e dependente de fatores históricos filosóficos e sociais que determinam a produção do saber.

O relatório R3 faz as seguintes observações com relação ao método científico,

✓ R3: *A partir desse conhecimento básico do objeto de estudo [no caso da vela] desenvolveu-se uma hipótese através do desenvolvimento do método científico, o qual pode ser **definido como um conjunto de regras básicas empregadas em uma investigação científica com o intuito de obter resultados os mais confiáveis possíveis**.* (grifo nosso).

No texto, algo confuso e obscuro, os acadêmicos *definem* o método científico como um conjunto de regras básicas “empregadas em uma investigação científica”. Nota-se aí uma definição de natureza *circular*, em

que o método *científico* é empregado em uma investigação *científica*. Ainda segundo o texto,

✓ R3: *O método científico é dividido em partes, a primeira é a observação, onde começa a investigação científica...*

Novamente aparece a ideia de que a Ciência começa com a observação. Outro trecho merece atenção,

✓ R3: *O quinto passo é a análise dos dados [...] em meio a esses dados podem estar indícios que ajudem a sustentar ou rejeitar a hipótese...*

Nesse trecho destaca-se a significativa influência da sugestão baconiana de se tabular dados, como se, *a partir da reunião de dados viessem a surgir indícios* que sustentem ou não alguma hipótese. Há na afirmação acima a noção de que, de algum modo, a partir da coleção de dados a Natureza vá-nos “contar” o que nela está *escondido*.

A principal noção que se evidenciou a partir da análise dos relatórios foi a de que a Ciência começa com a *observação*. Se bem conduzidas, elas são *destituídas de valores sociais, éticos, filosóficos, religiosos e ideológicos*, sendo capazes de *conduzir com segurança ao conhecimento do mundo e da natureza*. Para tanto, basta a *observação e tabulação sistemática de dados*, na *expectativa de que a “verdade” surja do conjunto de dados*. A observação é executada pelos cinco sentidos, privilegiando-se a visão, mas olfato, tato e paladar continuam a serem instrumentos regulares de conhecimento da Natureza. Tal ideia não se sustenta de modo algum, haja vista que nos dias atuais não há mais cientistas (pelo menos não em Ciências Naturais) que se apoiem apenas em observações a olho nu. Com efeito, os instrumentos científicos se constituem em próteses modernas, que embutem dentro de si toda a



ideologia e paradigma aceitos pelo cientista e sua comunidade não sendo, eles mesmos, equipamentos neutros.

A mais absoluta fé está depositada hoje nos instrumentos científicos, que são construídos para *jamais* negar a teoria que os elaborou. Nesse sentido, eles só servem para “provar” algo em que já se acreditava de antemão.

Percebe-se nos relatórios que os alunos tentam revestir suas observações – por mais óbvias que sejam – de uma *linguagem erudita e científica*, como se a forma da linguagem já justificasse seu pretensão conteúdo.

Após o conjunto de observações, os alunos formulam questões para as quais já conhecem as respostas, uma vez que já trazem dentro de si uma teoria de combustão (mal) conhecida. Como consequência, eles acabam por formular questões que em nenhuma hipótese podem ser respondidas pelas condições experimentais à disposição.

O conjunto de respostas a seus questionamentos e hipóteses inclui as noções de *oxigênio, arranjos atômicos, hidrocarbonetos saturados, hipótese atômico-molecular, teoria cinética dos gases, ponto de fusão, combustão incompleta*, e outras, produto da consolidação de teorias altamente avançadas, construídas e modificadas ao longo de séculos de história, conhecimentos já sabido pelos alunos e que jamais poderiam ser elaboradas a partir das atividades executadas neste experimento.

Em nossa análise verificamos que as aulas experimentais precisam ser mais bem trabalhadas, a fim de discutir, criticar e estabelecer limites para o que se costumou chamar “método científico”, bem como o de minimizar o papel desempenhado pela observação em aulas experimentais. A atividade experimental deve ser não a oportunidade de comprovação do que já se conhece, mas a ocasião para que se construa algum conhecimento a partir do que já se conhece sobre a atividade prática a ser executada.

A análise realizada comprovou nos resultados obtidos que o conceito de metodologia científica, elaborado no século XVII, ainda

encontra-se presente no ensino atual. Percebe-se que os alunos não conseguem compreender os objetivos do experimento e, com predomínio da visão empirista-indutivista baconiana, o ensino torna-se inadequado, a concepção de Ciência retrocede no tempo e torna-se estática e intocável.

Por fim, em momento algum a Ciência é tratada como uma maneira de se *interpretar* o mundo, uma linguagem para sua expressão, ao menos, e não há a hipótese de que tal interpretação mude, sujeitas a cada época e contexto. Sendo assim, para cada época, a interpretação é “verdadeira” e condizente com o contexto em que foi produzida.

Desse modo, o experimento não está alcançando objetivos mínimos: não conduz à correta formulação de hipóteses, não acrescenta nada ao universo de conhecimento dos acadêmicos, seja de senso comum, seja de natureza mais científica. Pelo contrário, sem mesmo demonstrar de que modo isso poderia ocorrer, não ensina o que se supõe ser o “método científico”, nem mesmo aquele preconizado por Bacon, em que o saber se inicia com a “observação”, uma vez que nenhum saber foi gerado a partir de tal procedimento.

## VII – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho foi desenvolvido com o intuito de avaliar as concepções que os alunos têm acerca da Ciência e do Método Científico nas atividades experimentais desenvolvidas no primeiro ano de graduação de um curso eminentemente experimental.

Em nossa avaliação constatou-se que o Método Indutivo de Bacon ainda está presente nas atividades práticas experimentais (tanto no pensamento do aluno como de professores e materiais didáticos), o predomínio de uma linguagem considerada “senso comum” e mais, há também presente em alguns relatórios um pensamento muito mais retrógrado que o pensamento indutivista, o pensamento aristotélico. Os resultados aqui descritos apontaram para o que suspeitávamos inicialmente e confirmaram nosso pressuposto de que trabalhar com uma aula experimental desatualizada do conceito científico atual mostraria ao

graduando uma visão de Ciência retrógrada, ingênua e mais, sugestiva a adoção de procedimentos alquímicos medievais e muito desatualizados da realidade educacional atual.

Os resultados confirmaram as hipóteses pré-elaboradas inicialmente, mas para nós não basta apresentarmos estes dados sem nenhuma intenção por trás, por isso a necessidade de se comprovar a propagação desta visão distorcida que está sendo incorporada nos alunos a fim de retificação, chamando a atenção para a não propagação do mesmo o que por consequência promoveria a melhoria no ensino atual.

Mostra-se urgente a necessidade de reformulação das atividades práticas nos cursos de Química (e certamente nos demais cursos de natureza experimental), mas tal reformulação passa, antes, pela reformulação das concepções dos cientistas-docentes, algo que talvez ainda esteja longe de ser conseguido. A introdução de disciplinas de Epistemologia e História da Ciência nos cursos de graduação pode ser um caminho inicial para tais mudanças. Contudo, mais importante ainda, é que as demais disciplinas sejam ministradas já com esse caráter histórico e social, sob o risco de se criar mais um "compartimento disciplinar", incomunicável com os demais.

#### **SOBRE OS AUTORES:**

##### **Ourides Santin Filho**

Professor Associado no Departamento de Química da Universidade Estadual de Maringá (UEM). É membro do quadro permanente de orientadores do programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência e a Matemática. Atua na área de História e Filosofia da Ciência e Ensino de Ciências.

(e-mail: osantin@uem.br)

##### **Vanessa Katsue Tsukada**

Universidade Estadual de Maringá (UEM)/Centro de Ciências Exatas, Departamento de Química

(e-mail: tsukadakenji@yahoo.com.br)

**Jaime da Costa Cedran**

Universidade Estadual de Maringá (UEM)/Centro de Ciências Exatas,

Departamento de Química

(e-mail: jccedran2@uem.br)