

Casos investigativos e o ensino de cromatografia líquida de alta eficiência

Investigative cases and the teaching of high performance liquid chromatography

Welington Francisco

Universidade Federal do Tocantins
welington@uft.edu.br

Anna Maria Canavarro Benite

Universidade Federal de Goiás
anitabenite@gmail.com

Resumo

Este trabalho é um recorte de uma tese de doutorado que objetiva identificar as histórias percorridas pelos estudantes para a resolução de um caso investigativo como atividade de ensino e conseqüentemente avaliar o processo de aprendizagem sob esses caminhos. Para isso, apoia-se no referencial das relações com o saber de Bernard Charlot para analisar as narrativas feitas por 14 estudantes de um curso superior de Química Ambiental, correlacionando as trajetórias com o processo de aprendizagem, em uma perspectiva de leitura positiva dos acontecimentos. Os resultados indicam, em um primeiro momento, que essas trajetórias são semelhantes entre os estudantes, mas nem todos desenvolvem os conhecimentos corretos durante a atividade intelectual.

Palavras chave: Relação com o saber, casos investigativos, processo de aprendizagem, ensino superior.

Abstract

This work is an excerpt of a doctoral thesis and its goal is identifying the stories traveled by students to solve an investigative case as a teaching activity and consequently evaluate the learning process in these ways. For this, it is based on the framework of relationships with knowledge of Bernard Charlot for the analysis of narratives made for 14 students of the high course of Environmental Chemistry, relating the trajectories with the learning process in a positive reading perspective of events. The results indicate, in first moment, that these trajectories are similar among students, but not all students develop the properly knowledge properly during in intellectual activity.

Key words: Relation with knowledge, investigative cases, learning process, higher education.

Introdução

Os casos investigativos (CI) são histórias para educar (HEIRRED, 1997). Educam porque utilizam de narrativas sobre indivíduos enfrentando decisões ou dilemas, concedendo aos estudantes uma análise crítica sobre o assunto e possibilitando trabalhar diversos conceitos científicos em diferentes contextos.

Os CI permitem que os professores sejam livres para ser criativos, sem regras de apresentação. No entanto, Heirred (1998) afirma que um bom caso é aquele que: conta uma história, desperta interesse, é atual, cria empatia, tem diálogo, é relevante ao leitor, tem a função de ensinar, provoca conflito, resolve um dilema, apresenta generalidades e é curto.

Tais características não são regras que devem ser seguidas fielmente para obter bons resultados. De maneira geral, os CI devem, sobretudo, incentivar a formulação de problema, a investigação, a persuasão e ensinar ciência de modo que os alunos adquiram um conhecimento aplicável e flexível do conteúdo científico (WATERMAN, 1998). Em outras palavras, os casos exigem uma heterogeneidade na aquisição do saber e nas respectivas relações com esse saber.

Charlot (2000, 2005) aponta que todo saber adquirido, indubitavelmente, mantém relações com o mundo, com outros seres e com as próprias experiências vividas (consigo mesmo). Deste modo:

A relação com o saber é relação com o mundo, com o outro e consigo mesmo de um sujeito confrontado com a necessidade de aprender. A relação com o saber é o conjunto das relações que um sujeito estabelece com um objeto, um “conteúdo de pensamento”, uma atividade, uma relação interpessoal, um lugar, uma pessoa, uma situação, uma ocasião, uma obrigação, etc, relacionados de alguma forma ao aprender e ao saber – consequentemente, é também relação com a linguagem, relação com o tempo, relação com a atividade no mundo e sobre o mundo, relação com os outros e relação consigo mesmo, como mais ou menos capaz de aprender tal coisa, em tal situação. (CHARLOT, 2005, p. 45).

As relações com o mundo, com o outro e consigo mesmo nada mais são do que as múltiplas histórias percorridas por cada sujeito em um momento específico durante a relação com o saber (ou aprender). Essa heterogeneidade de relações é que faz o sujeito entrar na relação com o saber, pois são as maneiras dele se relacionar com o mundo em que se vive, com os outros que lhe influenciam e consigo mesmo, a partir da sua mobilização. Essa é a chamada leitura positiva que Charlot (2000) aponta para entender porque um estudante está em fracasso escolar.

O conceito de mobilização implica uma relação de o sujeito pôr-se em movimento, ou seja, usar de si próprio como um recurso para realizar uma atividade, uma tarefa. É entrar em uma dinâmica interna (de dentro) para resolver uma situação, é por seus próprios recursos em movimento. Essa movimentação é conduzida pelo *desejo de...*, que constitui o motor da mobilização (CHARLOT, 2000).

Nesse sentido, o professor deve assumir um papel de mobilizador nas atividades. Isso porque, “prestar atenção à mobilização dos alunos leva a interrogar-se sobre o motor interno do estudo, ou seja, sobre o que faz com que eles invistam no estudo” (CHARLOT, 2013, p.). Quando o professor propõe uma atividade envolvendo CI, a sua atuação como mobilizador inicia-se na construção do caso. A origem dos casos deve partir de situações que se aproximam da vivência dos estudantes ou o que eles vivenciarão no mundo mais adiante, principalmente no aspecto profissional, após a formação. Pretende-se, por exemplo, introduzir os estudantes em universos que propiciam a construção de outras formas de relação com o

mundo, diferentes dos quais eles estão acostumados. A mobilização da atividade com CI é o desafio em resolver o dilema proposto.

Assim, esse trabalho, que é um recorte de uma tese de doutorado, busca identificar quais os caminhos percorridos pelos estudantes durante a resolução de um CI por meio das relações com o saber que são estabelecidas, assim como avaliar o processo de aprendizagem com base em uma leitura positiva das narrativas elaboradas pelos estudantes.

Metodologia

Esta pesquisa se apoia nos elementos da pesquisa participante (PP), pois envolve uma realidade concreta em sala de aula, com a preocupação em modificar a forma de trabalhar com os estudantes, ressaltando os fatos, os dados e a percepção da própria aprendizagem nas atividades (FREIRE, 2006).

A atividade foi conduzida em 10 aulas de 50 minutos, referente ao primeiro semestre de 2014. Participaram da atividade 14 estudantes matriculados na disciplina de Química Analítica Instrumental, ofertada no sexto período do curso de Química Ambiental da Universidade Federal do Tocantins – Campus de Gurupi.

Utilizou-se de um CI como metodologia de ensino, intitulado “*Preocupação com possíveis usos de pesticidas proibidos*”. O caso, que é fictício, apresenta uma notícia de reportagem sobre uma possível contaminação de uma represa no município de Lagoa da Confusão-TO, pelo pesticida DDT. Ao final da história, uma equipe de químicos vai até o local para realizar coletas dessa água e desenvolver um método de análise por cromatografia líquida de alta eficiência. O desafio dos estudantes foi propor um método de análise qualitativa e quantitativa do DDT e seus derivados, como se eles fizessem parte dessa equipe.

A coleta dos dados foi feita por meio de narrativas elaboradas pelos estudantes, individualmente. O texto deveria conter: a proposta do método de análise (justificado e explicado com base nas redes de conceitos de cromatografia líquida); e uma descrição sobre o percurso utilizado para resolver o caso. Nessa descrição os estudantes deveriam apontar os conhecimentos prévios para a resolução e o que tiveram que aprender; fontes de buscas de informações; quem ajudou nas pesquisas e na elaboração da resolução; as dificuldades enfrentadas durante a atividade; e o que foi relevante durante a atividade.

A análise das narrativas foi baseada em dois aspectos: *Descrição da resolução do caso* – a qual buscou identificar quais as relações com o saber os estudantes utilizam para propor uma solução ao caso. Neste momento utilizou-se da análise de conteúdo proposta por Bardin (2011), buscando expressar as significações presentes no material escrito e a distribuição dos conteúdos por temas e; *Avaliação do processo de aprendizagem dos estudantes* – o qual se elaborou quatro critérios de avaliação essenciais que permeiam a aprendizagem de saberes químico: “Descrição correta de conceitos químicos”; “Uso de termos científicos adequados”; “Explicação correta dos processos químicos”; e “Simbologias e equações químicas corretas”.

Resultados e Discussão

Da análise das narrativas foram identificados dois caminhos diferentes para a resolução do caso. A Figura 1 representa o percurso seguido pela maioria dos estudantes (E1, E2, E3, E4, E5, E7, E9, E11, E12, E13 e E14). Os outros três estudantes (E6, E8 e E10), não fizeram a socialização das informações e dúvidas, optando em seguir um caminho individual. As caixas fechadas com letras maiúsculas e em negrito são as categorias identificadas a partir da análise

de conteúdo, que se relacionam por meio das flechas grossas e que compõem a estratégia para a resolução. As flechas finas representam as ações realizadas pelos estudantes em cada categoria até a resolução do caso.

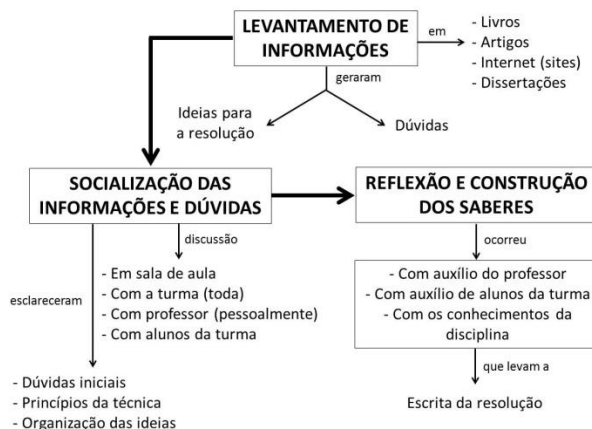


Figura 1: Esquema do caminho utilizado pela maioria dos estudantes para a resolução do caso.

A categoria **levantamento de informações** consiste na busca de informações que orientam a resolução do caso. Para essa categoria foram considerados como palavras-tema: pesquisa, busca e informação. O extrato 1 traz dois exemplos dessa categoria:

EXTRATO 1

E6: *Na solução do caso, busquei primeiramente através de pesquisas, informações sobre o pesticida em questão, o DDT [...].*

E14: *[...] Iniciei a busca por informações na internet, em artigos científicos e sites sobre qual a melhor técnica aplicada para esse tipo de análise [...].*

A categoria **socialização das informações e dúvidas** só foi identificada nas narrativas de dez estudantes (exceto E6, E8 e E10). As palavras discussão, reunião, conversa, ajuda, presentes nos discursos dos estudantes, são as que subsidiam a categoria. Alguns exemplos são apresentados no extrato 2:

EXTRATO 2

E1: *[...] A discussão sobre o caso foi feita em sala de aula com a orientação do professor, onde todas as alunas puderam questionar e sanar dúvidas [...].*

E13: *[...] Foi necessário além das pesquisas, à ajuda dos colegas da turma para melhor discutirmos sobre o assunto. Essa discussão foi útil para definirmos a melhor maneira de analisar o composto.*

Já a categoria **reflexão e construção dos saberes**, utilizada por todos os estudantes, centra-se nos últimos ajustes e organização das ideias para a escrita da resolução do caso e expressão dos conhecimentos. Palavras como resolução, escrita, organização guiam a construção da categoria. O extrato 3 exemplifica esta classificação:

EXTRATO 3

E2: *[...] Após ter tirado as dúvidas com o professor e pelas aulas, consegui resolver o caso em questão com elaboração de quais os primeiros passos devia se seguir [...].*

E10: *[...] A estratégia para a resolução do caso era entender bem o tema (pesticidas), dominar os fundamentos da técnica de cromatografia, em específico a CLAE e estabelecer a melhor forma de quantificação do material [...].*

Em relação à categoria levantamento de informações, todos os estudantes optam pelo uso de livros, artigos científicos e sites específicos para angariar informações a respeito do tema do caso. Essas fontes de informação são as mais comuns no meio acadêmico e são consideradas por Charlot (2000) como figuras do saber do tipo objetos-saberes, ou seja, conhecimentos que estão depositados em objetos, locais ou pessoas que já trilharam o caminho que os estudantes

estão seguindo para aprender. É a relação epistêmica com o saber, que fazem com que os estudantes apropriem de um conhecimento presente no mundo e que ainda não possuíam. Portanto, nessa categoria os estudantes buscam os saberes por meio de uma relação com o mundo.

Na categoria socialização das informações e dúvidas, utilizada pela maioria dos estudantes, o que mais se observa é uma relação entre estudantes-professor e estudantes-estudantes. É nesse momento que as ideias iniciais vão se esclarecendo e as dúvidas vão sendo sanadas. O extrato 4 mostra isso:

EXTRATO 4

E11: [...] *Juntamente com os colegas de classe discutiu-se a melhor maneira de agir diante da colocação. A reunião com o grupo foi muito importante para retirar as dúvidas que existiam, pois cada um tinha uma ideia diferente o que gerava uma negociação para o possível desenvolvimento.*

E3: [...] *Primeiramente tentei fazer o caso sozinha, mas as dúvidas foram surgindo, e com a ajuda do professor e muita leitura em alguns artigos, teses e revista sobre o assunto me ajudaram na elaboração do trabalho [...].*

Essa discussão com outras pessoas (colegas de turma e o próprio professor) é uma relação com o saber que se estabelece com o outro (CHARLOT, 2005). Nesse caso, o outro é aquele que auxilia no processo de aprender ou no domínio da atividade.

Na categoria reflexão e construção dos saberes, os estudantes E6, E8 e E10 partem da relação com o mundo para escrever a resolução do caso, enquanto os demais utilizam da relação com o outro e com o mundo. Essas diversas relações indicam que cada indivíduo tem preferência na hora de expressar os conhecimentos que foram adquiridos. É nesse ponto que Charlot (2000) explora que a relação com o saber também possui uma dimensão de identidade, pois aprender é uma relação consigo mesmo, submergida na história do sujeito, nas suas expectativas, nas suas concepções de vida e na imagem que o sujeito quer passar de si para os outros e para o mundo.

Devido a esses apontamentos é que os estudantes conduzem a parte escrita de forma específica, porque este é o momento de refletir sobre os conhecimentos desenvolvidos nas demais etapas e expressá-los da forma adequada por meio da sua relação com a linguagem química exigida.

Avaliando o processo de aprendizagem: toda relação com o saber também é uma relação consigo

Charlot (2000) afirma que a “representação do saber é um conteúdo de consciência inserido em uma rede de significados”. Deste modo, avaliar processo de aprendizagem referente à resolução do caso perpassa analisar como as representações dos saberes químicos são expressas pelos estudantes. Entende-se que a representação do saber químico é a explicação dos fenômenos microscópicos de transformação da matéria por meio de sua linguagem (símbolos, modelos, teorias, leis etc), enquanto que os caminhos utilizados pelos estudantes durante essa representação são as formas de interação desses indivíduos com a representação do saber.

A Figura 2 indica toda a rede de conceitos químicos inseridos no caso (os conhecimentos que poderiam ser adquiridos durante a resolução), assim como os critérios selecionados para avaliar o processo de aprendizagem. No critério “*Descrição correta de conceitos químicos*” avalia-se a forma que os estudantes utilizam os conceitos químicos nas construções das frases, ou seja, apresentando-a cientificamente, porém não explicando. Aliado à descrição, no critério “*Uso de termos científicos adequados*” busca-se identificar a colocação correta dos termos para dar suporte aos conceitos presentes no texto.

No critério “*Explicação correta dos processos químicos*”, o que pretende avaliar é se os estudantes usam das teorias adequadamente durante a resolução, ressaltando que as ações são realizadas por grupos nominais (conceitos) e não por agentes; e os processos se expressam por verbos indicando uma relação (causa-consequência) e não ação (MORTIMER, 1998). Para apoiar essas explicações, muitos dos processos necessitam de simbologias e representações corretas, o que se avalia no critério “*Simbologias e equações químicas corretas*”. A sigla NA significa “não se aplica” ao critério e os números indicam a quantidade de estudantes que desenvolveram corretamente os respectivos saberes.

PREOCUPAÇÃO COM POSSÍVEIS USOS DE PESTICIDAS PROIBIDOS				
Rede de conceitos envolvidos no caso	Descrição correta de conceitos químicos	Uso de termos científicos adequados	Explicação correta de processos químicos	Simbologias e representações químicas corretas
Compreensão de propriedades físico-químicas através das estruturas químicas dos pesticidas	7	7	3	2
Fundamentos da técnica de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE)	8	8	4	1
Proposta do método de separação do DDT e seus derivados	14	14	1	0
Fundamentos de identificação de substâncias por CLAE	3	3	2	0
Proposta do método de quantificação do DDT e seus derivados	13	13	4	0
Alternativas de recuperação dos danos causados pelos pesticidas	12	12	3	NA
Importância na divulgação dos resultados e conscientização dos riscos	14	14	14	NA

Figura 2: Rede de conceitos químicos presente no caso e os critérios de avaliação do processo de aprendizagem dos estudantes (N = 14 estudantes).

De acordo com a Figura 2 é possível verificar que poucos estudantes conseguem atribuir significados corretos aos conceitos químicos (explicação) e usar das simbologias e representações químicas corretas para formular as explicações.

Especificamente na relação à rede de conceitos “Fundamentos de identificação de substâncias por CLAE”, o que se observa é que a maioria dos estudantes faz confusão de como realizar a identificação de substâncias químicas utilizando a cromatografia líquida. O extrato a seguir exemplifica duas situações:

EXTRATO 5

E12: [...] A identificação do composto DDT na amostra foi por meio da comparação dos valores de tempo de retenção dos analitos com os dados da literatura, levando em conta as mesmas condições cromatográficas.

E4: [...] *Como o tempo de retenção do DDT é desconhecido para a CLAE, teve a necessidade de se fazer a análise pelo método de gradiente exploratório, onde variou-se o percentual de solvente em um determinado intervalo de tempo [...].*

No trecho de E12 observa-se que a explicação de como identificar o pesticida DDT está coerente, pois o estudante aponta a necessidade de comparar o tempo de retenção obtido após a análise cromatográfica com dados já existentes na literatura, desde que as condições de análise sejam idênticas. Contudo, no exemplo E4, o que se observa é uma confusão conceitual entre a identificação por comparação de tempos de retenção com o modo de eluição realizado em uma análise por CLAE. Conduzir uma análise no modo gradiente exploratório apenas permite identificar as propriedades de polaridade das substâncias presentes em uma determinada amostra. Para a identificação, é necessário comparar o tempo de retenção fornecido pelo cromatograma com padrões já estabelecidos, ou usar o detector de espectrometria de massas.

Essas diferenças ressaltam que “informação não é saber, ela se torna saber quando contribui para o esclarecimento do sujeito sobre o sentido do mundo, da vida, de suas relações com os outros e consigo mesmo” (CHARLOT, 2005, p. 85). Isso significa que para desenvolver certo conhecimento químico, os estudantes devem trabalhar as informações extraídas com o intuito de dar um significado, de observar certas normas estabelecidas e aceitas por um meio social.

A essas regras e normas do conhecimento químico, como por exemplo, o *tempo de retenção* ou *gradiente exploratório*, remetem a um conhecimento específico e único dentro da cromatografia, que Charlot (2005) denomina de normatividade da atividade. Portanto, ter posse de ambos os conceitos é necessário para o entendimento da técnica de cromatografia líquida, pois é preciso que a atividade intelectual observe estas normas já estabelecidas no mundo.

Observa-se também em algumas narrativas uma atribuição não adequada de significados na hora da explicação dos conceitos químicos. O extrato 6 ilustra a diferença entre descrever o método de quantificação utilizado e atribuir significação correta na realização desse método:

EXTRATO 6

E8: [...] *A quantificação do DDT e seus derivados pode-se fazer aplicando o método de padrão interno, porque não se conhece a concentração da amostra que vai ser analisada. Com os dados levantados é possível construir uma curva de calibração – regressão linear, verificando-se assim a confiabilidade no final das análises [...].*

E12: [...] *A quantificação do analito foi feita verificando a intensidade dos picos... separando-o no cromatograma e utilizando o método de padrão interno. Nesse método é feito a regressão linear da área do pico (integração da área) pelo volume padrão (volume padrão interno adicionado).*

E4: [...] *A quantificação do DDT e seus derivados foi feita através do método de padrão interno, pois foi escolhido esse método por não se conhecer a concentração da amostra coletada [...].*

Os exemplos E8 e E12 mostram que os estudantes desenvolveram os conceitos relacionados à rede “Proposta de um método de quantificação para o DDT e seus derivados”. Observa-se ainda que no exemplo E12 o estudante explica de forma correta os parâmetros utilizados para o método de quantificação por cromatografia (“... é feito a regressão linear da área do pico pelo volume padrão...”), enquanto no excerto E8 apenas cita a construção da curva de calibração. Já o trecho E4, o estudante apenas descreve o emprego do método de padrão interno, sem nenhuma explicação de como ele funciona e como se obtém a concentração da amostra.

Essas diferenças apresentadas nos extratos 6 e 7 mostram também que “aprender envolve uma relação, ao mesmo tempo, daquele que aprende, e, indissociavelmente, com o que ele aprende e com ele mesmo” (CHARLOT, 2005). Eis aqui o ponto que toda relação com o saber

também é uma relação consigo mesmo, uma vez que aprender algo está diretamente relacionado com o sujeito e que depende especificamente das relações de saber desse sujeito (CHARLOT, 2000).

Conclusão

Dentre as categorias identificadas, diferentes relações com o saber são observadas. Na categoria levantamento de informações prevalecem às relações de saber com o mundo, principalmente o uso de recursos de informações disponíveis no ambiente escolar universitário, como artigos científicos, dissertações, teses e livros didáticos. Já na categoria socialização de informações e dúvidas, os estudantes utilizam mais das relações com o outro (colegas de turma e professor da disciplina) para auxiliar no esclarecimento de conceitos, novas buscas de informação e organização das ideias iniciais. Enquanto na última categoria – reflexão e construção dos saberes – nota-se a indissociabilidade da relação com o saber, em que toda relação com o saber é também uma relação com o mundo, com o outro e consigo mesmo e que fazem parte da história e da preferência de cada sujeito.

Uma vez que os caminhos percorridos pelos estudantes são semelhantes, o que diferencia uma melhor aprendizagem é a relação consigo mesmo estabelecida pelo sujeito, pois para aprender o estudante deve entrar em uma atividade, permanecer nela e desenvolver as relações de saber necessárias para dominar a normatividade. Assim, faz-se necessário não só o professor prestar atenção à mobilização dos estudantes, mas também investir em atividades de ensino que apresentam sentido para os estudantes, aliando o motivo ao objetivo de estudar.

Referências

- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 2. ed. Lisboa: Edições 70, 2011.
- CHARLOT, B. **Da relação com o saber: elementos para uma teoria**. Porto Alegre: Artmed, 2000.
- CHARLOT, B. **Relação com o saber, formação dos professores e globalização: questões para a educação hoje**. Porto Alegre: Artmed, 2005.
- CHARLOT, B. **Da relação com o saber às práticas educativas**. São Paulo: Cortez, 2013.
- FREIRE, P. Criando métodos de pesquisa alternativa: aprendendo a fazê-la melhor através da ação. In: C. R. Brandão (Org.). **Pesquisa participante**. São Paulo: Brasiliense, 2006, p. 34-41.
- HERREID, C. F. What is a case? Bringing to science education the established teaching tool of law and medicine. **Journal of College Science Teaching**, v. 27, n. 2, p. 92-94, 1997.
- HERREID, C. F. What makes a good case? **Journal of College Science Teaching**, v. 27, n. 3, p. 163-169, 1998.
- MORTIMER, E. F. Sobre chamadas e cristais: a linguagem cotidiana, a linguagem científica e o ensino de ciências. In: A. Chassot e J. R. de Oliveira (Orgs.). **Ciência, Ética e Cultura na Educação**. São Leopoldo: Unisinos, 1998, p. 95-118.
- WATERMAN, M. A. Investigate case study approach for Biology learning?. **Journal of College Biology Teaching**, v. 24, n. 1, p. 1-13, 1998.