
DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO DE SATURAÇÃO EM QUÍMICA, NO CONTEXTO DA EXPERIMENTAÇÃO.

Marciana Almendro Davi¹

Resumo

Neste artigo apresentamos um episódio sobre o desenvolvimento do conceito de saturação, ocorrido durante uma atividade prática que envolveu o preparo de uma solução, como parte do protocolo de análise do parâmetro de qualidade da água: oxigênio dissolvido. Essa atividade foi aplicada por estagiários do PIBID, no âmbito de um projeto de investigação sobre a qualidade da água e o episódio, ocorreu num tempo inferior a 15 minutos, ao longo de uma aula de 50 minutos. Para a construção do episódio, relacionamos os eventos temporais dos relatos do estudante com o nível de complexidade do seu pensamento sobre o conceito de solução saturada. Para situar a pesquisa na linha do desenvolvimento conceitual, buscamos na literatura da área identificar os estudos sobre processos de aprendizagem escolar que pudessem contribuir para essa investigação. Os dados analisados foram as gravações em áudio obtidas durante a atividade prática e entrevista retrospectiva, realizada posteriormente. O episódio foi representado por um gráfico que classificou os eventos de pensamento do estudante em diferentes níveis de complexidade.

Palavras Chaves: processo de aprendizagem; desenvolvimento conceitual; ecologia conceitual; psicologia cognitiva; trabalho prático; experimentação.

Abstract

In this paper, we present an episode about the development of the saturation concept, which occurred during a practical activity that involved the preparation of a solution, as part of the analysis protocol for the water quality parameter: dissolved oxygen. Trainees from PIBID, within the scope of a research project on water quality, applied the activity from which the episode was constructed. The activity lasted about 50 minutes and the episode took less than 15 minutes throughout the class.

For the construction of the episode, we relate the temporal events of student reports to the level of complexity of their thinking about the concept of saturated solution. In order to place the research in the line of conceptual development, we searched in the literature of the area to identify the studies about processes of school learning that could contribute to this investigation. The data analyzed were the audio recordings obtained during the practical activity and retrospective interview, performed later. We classify the student's thought events, which constitute the episode, by means of a graph representing different levels of complexity.

Keywords: learning process; conceptual development; conceptual ecology; cognitive psychology; practical work; experimentation.

¹ Doutora em Educação, Professora do Departamento de Química da Universidade do Estado de Minas Gerais/Unidade Divinópolis.

Introdução

Este artigo apresenta um episódio relatado a partir de uma investigação sobre as possibilidades de ocorrência de desenvolvimento conceitual durante a realização de um trabalho prático por estudantes do ensino médio. Os dados analisados para esse estudo foram os relatos de pensamentos de um estudante, obtidos a partir de gravações em áudio, durante atividades práticas e entrevistas episódicas realizadas posteriormente. O foco do episódio foi o desenvolvimento do conceito de saturação que, juntamente com outros conceitos relacionados, foram mobilizados pelo estudante durante um estudo sobre a qualidade da água.

Neste trabalho, os protocolos para coleta de dados incluíram documentos formais, denominados Termos de Consentimento Livre e Esclarecido, que foram assinados por todos os envolvidos como sujeitos da pesquisa, tanto para as gravações em áudio, como para as entrevistas. Os participantes da pesquisa foram informados de que não obteriam nenhuma vantagem pessoal por conta da participação na pesquisa e que a sua identidade e integridade seriam inteiramente preservadas.

Nessa investigação buscamos conhecer os processos cognitivos dos estudantes, por meio da explicitação de seus pensamentos durante a realização das atividades experimentais. As questões que nortearam a investigação foram: o que os estudantes pensam durante as atividades experimentais pode conduzir a algum desenvolvimento conceitual em Química? Existem diferentes níveis de pensamento sobre os conceitos nesse contexto? É possível explicitar algum indício de aprendizagem por meio dos relatos de pensamentos, no contexto do trabalho prático?

As respostas para tais questões foram construídas com base na crença de que a aprendizagem é o resultado de uma sequência de pensamentos gerados a partir de experiências pessoais. Nesse sentido, os experimentos contribuíram para suscitar os pensamentos dos estudantes, que foram relatados simultaneamente ao desenvolvimento das atividades. Os dados obtidos puderam revelar indícios de processos cognitivos que potencializam a aquisição de conhecimento, seja no momento da atividade ou posteriormente.

A descrição das sequências de pensamentos dos sujeitos, no contexto do trabalho prático, nos levou a construção de hipóteses sobre o desenvolvimento conceitual em Química, que podem ser testadas em intervenções pedagógicas. Acreditamos que tais descrições podem ser úteis para o planejamento de atividades experimentais. A discussão sobre como os estudantes aprendem conceitos relacionados ao estudo de soluções em Química pode contribuir para melhorar as estratégias de ensino neste domínio.

Construção de uma metodologia para análise de desenvolvimento conceitual.

O referencial teórico para a coleta de dados deste trabalho foi baseado em estudos que se enquadram nas teorias da mente e da cognição de Ericsson e Simon (1993), Ericsson (2002 e 2006). Tais teorias nortearam a construção dos instrumentos para o levantamento e produção dos dados analisáveis nesta investigação. Os protocolos de relatos verbais de pensamento foram obtidos por meio de gravações em tempo real das ações dos sujeitos ou em entrevistas posteriores. A coleta de dados para essa investigação foi inspirada em dois métodos da psicologia cognitiva: a *entrevista retrospectiva* de Ericsson e Simon (1993 e 1998) e a *entrevista de explicitação* de Vermesch, (1994 e 1999).

Para as análises preliminares dos dados gravados em áudio, foi usado um programa para análise de dados qualitativos, intitulado *ATLAS.Ti. 5.5 The knowledge workbench*. Os áudios foram codificados por frações de tempo, de acordo com as suas características. Essa pré-análise resultou em gráficos que representam o uso do tempo das atividades pelos estudantes. Identificamos os conceitos mobilizados pelos estudantes e o número de ocorrências desses conceitos, o que também representamos por meio de gráficos, que serão apresentados no relato do episódio.

Encontramos na Teoria de *conhecimento em pedaços* de diSessa e Sherin (1998) e da teoria de Ecologia Conceitual de diSessa (2002) um referencial apropriado para o processo de análise dos dados obtidos nessa investigação. Essas teorias contribuíram para a produção das inferências que permitiram a construção e interpretação do episódio relatado neste artigo. diSessa e Sherin (1998) afirmam que observar o mundo real consiste numa realização cognitiva complexa. Para eles, os conceitos não podem ser os objetos em si, nem suas representações mentais, mas sim aquilo que está implícito na habilidade de obter informações ou explicações sobre o objeto.

A teoria de ecologia conceitual de diSessa (2002) apresenta dois elementos do conhecimento, p-prims e classes de coordenação. P-prims são elementos de conhecimento intuitivo existentes em grande número na mente do sujeito. Geralmente, os p-prims são bastante específicos para serem usados em determinado contexto. As Classes de Coordenação são grandes e complexos sistemas com elevado grau de coordenação entre diversos contextos. As classes de coordenação contêm muitos p-prims. Para diSessa (2002), quando o sujeito é exposto a um grande número de elementos conceituais diferentes, ele modifica e combina esses elementos de forma complexa, em níveis diferentes, estabelecendo uma estrutura de conhecimento mais complexa.

Para o refinamento da análise usamos um modelo construído no contexto dessa investigação, que agrega a ideia da escala de tempo de uma atividade escolar proposto por Lemke (2000) com um modelo de níveis de complexidade cognitiva proposto por Aufschnaiter S. V. e Welzel M. (1997). Usando esse modelo foi possível determinar eventos de curto tempo, relacionados as ideias dos estudantes sobre os conceitos por eles mobilizados. Aufschnaiter e Welzel (1997); Welzel, (1998), a partir de seus estudos concluem que os estudantes envolvidos em tarefas que incluem ações e discussões, apresentam evidências de evolução dos níveis de complexidade cognitiva ao longo da tarefa. O gráfico a seguir mostra como os autores definiram 10 níveis de complexidade de pensamento.

Gráfico 1: Níveis de Complexidade do pensamento de Aufschnaiter e Welzel (1997)

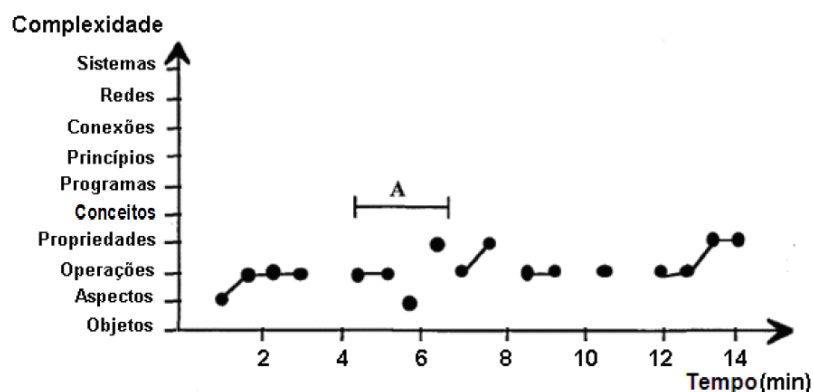


Gráfico: Níveis de Complexidade por Tempo - Aufschnaiter & Welzel (1997) - Tradução minha.

Aufschnaiter e Welzel (1997) afirmam que os estudantes partem sempre de níveis mais baixos de pensamento sobre um objeto, para atingir os níveis mais complexos. Para eles,

os estudantes iniciantes alcançam os níveis mais baixos de complexidade do pensamento,

enquanto os peritos, alcançam os níveis mais altos. Os estudantes que participaram dessa investigação eram iniciantes, por isso, representamos apenas 5 níveis de complexidade do desenvolvimento dos conceitos conforme a descrição a seguir:

Quadro 1: Níveis de complexidade do pensamento

<i>Níveis de complexidade</i>	<i>Descrição dos eventos de pensamento.</i>
5º. Conceitos	O estudante usa o conceito para relatar o seu pensamento sobre o procedimento ou sobre o fenômeno. Ele fala sobre o que fez, sobre as observações e sobre os resultados obtidos no processo. O estudante faz uso de termos conceituais em seus relatos.
4º. Propriedades	O estudante consegue definir algumas propriedades do conceito ou demonstra aplicar o conceito ao procedimento. Ele desenvolve o procedimento, demonstrando entendimento sobre o que está fazendo e relata a sua conclusão.
3º. Operações	O estudante identifica as características dos conceitos e procedimentos, demonstrando compreender por que fazer determinadas ações e por que usar determinados objetos e materiais. Relata observações sobre o processo.
2º. Características	O estudante demonstra dominar o procedimento e estabelece relação entre os conceitos e procedimentos. Ou seja, o estudante opera com os conceitos ao executar os procedimentos. Relata procedimentos e observações que envolvem o conceito.
1º. Identificação	O estudante identifica os conceitos e procedimentos, reconhecendo o que deve fazer e o que deve usar durante o processo. Relata o procedimento.

Lemke (2000) desenvolveu uma teoria detalhada sobre as implicações de múltiplas escalas de tempo para o estudo de atividades humanas. Para ele, toda atividade humana, desde as biológicas até as ações intencionais obedecem a uma escala de tempo característica. Nesse sentido, as batidas cardíacas, a respiração e a atividade cerebral obedecem a uma escala de tempo que tem um padrão em todos os seres humanos. Da mesma maneira, a articulação de um vocábulo também obedece a um padrão de tempo. E, também existem padrões para atividades que ocorrem numa escala de tempo maior, tais como uma conversa. Essa teoria de escala de tempo está ancorada na teoria de sistemas clássica, que utiliza metáforas reducionistas para a compreensão de sistemas complexos. Essa teoria foi aplicada por Lemke (2000) para determinar a escala de tempo característica de processos e eventos que fazem parte de atividades de sala de aula. O quadro a seguir apresenta algumas escalas de tempo padrão para algumas atividades humanas:

Quadro2: Padrão de Tempo de uma atividade escolar - Lemke (2000)

Escala de Tempo Representativo para Educação e/ou Processos Relacionados.			
Processos Típicos	Escala de Tempo (seg)	Duração de Tempo	Eventos de Referência
Síntese Química.	10^{-5}		Síntese no neurotransmissor.
Sinapse neural	10^{-4}		Ligação neural
Padrões de neurônios	10^{-3}		Processo Neural
Articulação Vocal	10^{-2}		Processo Multi-Neural
Expressão Vocal	10^{-1}		Formulação de uma frase curta, um monólogo.
Troca	1 – 10	Segundos/Minutos	Diálogo; relações interpessoais; Desenvolvimento situacional.
Episódio	2 – 10^2	0 – 15 minutos	Unidade temática funcional; gênero de fala, educativa.
Uma Lição	$10^3 - 10^4$	1 hora	Gênero Curricular
Sequência de Ensino	10^4	0 – 2,75 horas	Gênero Curricular Macro
Dia Escolar	10^5	1 dia	Um dia letivo.
	10^6	11,5 dias	Unidade Temática
Semestre Curricular	10^7	4 meses	Nível organizacional; unidades em escala de tempo.
Tempo Curricular de um curso.	10^8	0 – 3,2 anos	Nível organizacional; limite De planejamento institucional.
Tempo de Vida Educacional.	10^9	0 – 32 anos	Escala de Tempo Biográfica – Formação da Identidade.
Mudança no Sistema Escolar	10^{10}	0 – 320 anos	Escala de Tempo histórica; Novas Instituições.
	..		

No quadro 2 estão realçadas as escalas de tempo que dizem respeito ao contexto de investigação: uma aula, a aplicação de uma atividade escolar; a formulação de uma frase curta ou um monólogo, que corresponde ao relato de um pensamento que ocorre no momento da ação, em uma situação específica; o tempo para um diálogo, uma pergunta, uma resposta ou uma observação sobre o processo, que aparece nas relações interpessoais, no transcurso da atividade. Esses eventos que ocorrem em sala de aula podem levar ao desenvolvimento de conceitos, são eventos de curto tempo, que ocorrem numa escala de tempo entre alguns segundos até 1 ou 2 minutos. Esses eventos somados deram origem aos episódios relacionados com a aprendizagem, que têm uma duração de até 15 minutos.

Durante a construção dos dados a partir dos áudios, verificamos que o tempo da atividade foi distribuído em diferentes eventos. Para separar os eventos de pensamento relacionados aos conceitos e procedimentos foi necessário dividir o tempo dos áudios. Assim, buscamos em Lemke (2000) a possibilidade de encontrar um padrão de tempo para tais eventos cognitivos. Inicialmente, foram analisados os eventos relacionados aos

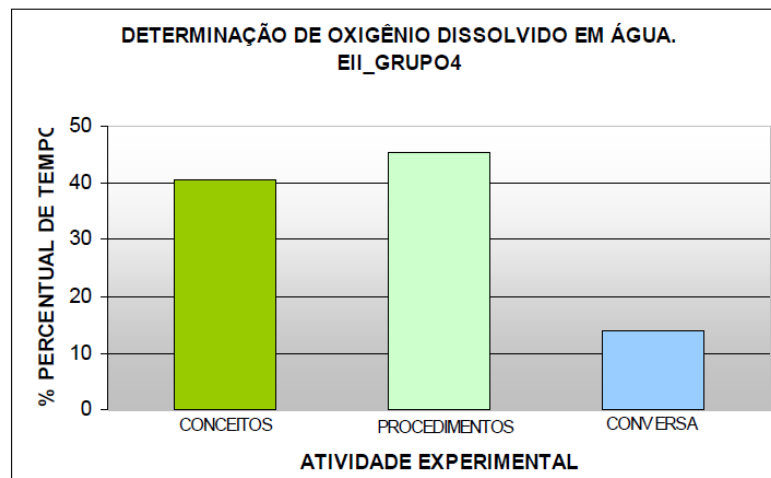
conceitos e procedimentos, gerando pequenos eventos temporais. Esses eventos foram demarcados de acordo com as relações entre procedimentos e conceitos estabelecidas pelos estudantes. Posteriormente, esses dados foram refinados em diferentes níveis de complexidade de pensamento para cada conceito separadamente, conforme será mostrado no relato do episódio.

Relato de um episódio: parece que saturou, mas não saturou.

O episódio que escolhemos relatar ocorreu durante a aplicação de uma atividade prática, em uma escola privada, em Belo Horizonte. A atividade fez parte do Projeto PIBID, por isso a aula foi conduzida por dois alunos e uma aluna do Curso de Licenciatura em Química da UFMG, participantes do PIBID como estagiários. Os estagiários aparecem nas cenas episódicas como Estagiária, Estagiário 1 e Estagiário 2. A atividade foi realizada em grupos e um dos integrantes de cada grupo foi convidado e treinado para relatar o que estava pensando durante a realização da atividade, de acordo com os protocolos de Ericsson (2002 e 2006). Nesse episódio, o grupo contava com 5 participantes, sendo duas meninas e três meninos de faixa etária entre 15 e 16 anos. Os estudantes receberam nomes fictícios para mantermos a sua identidade em sigilo. O estudante que chamamos Theo foi o protagonista do episódio por ter sido o responsável do grupo por gravar o seu relato de pensamento durante o experimento,

A partir da análise dos áudios, feita com a ajuda do *ATLAS.Ti. 5.5*, foi possível determinar o uso do tempo da tarefa em cada grupo. O gráfico a seguir mostra como o tempo foi usado pelo grupo de Theo durante a atividade. O experimento de medida do oxigênio dissolvido na água, que foi gravado em MP4, teve duração de 60:03 min. De acordo com Lemke (2000), esse tempo corresponde a uma lição escolar ou uma aula. O episódio sobre a solução saturada ocorreu durante os primeiros 27:31 min da gravação. Descontando o tempo de conversa, que não fez referência a esse conceito em particular, o tempo total do episódio foi de 12:34 min. Esse tempo, de acordo com Lemke (2000), entre 0 e 15 minutos, corresponde ao tempo de um episódio, ou de desenvolvimento de uma unidade temática educativa.

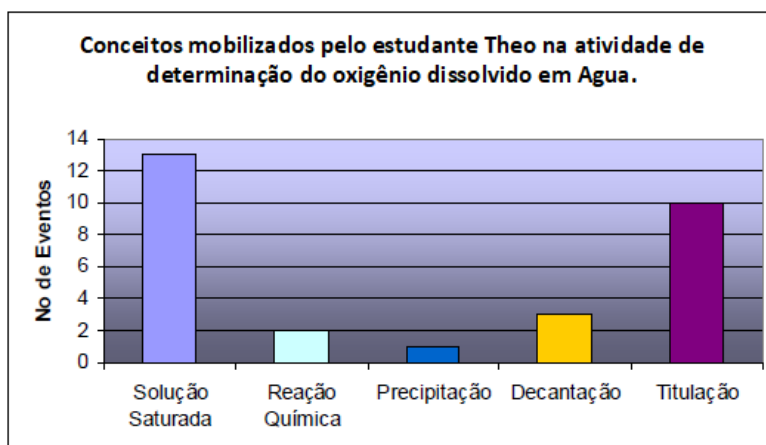
Gráfico 2: Percentual de tempo da 1a atividade do Grupo 4.



De acordo com o gráfico, o grupo de Theo usou aproximadamente 45% do tempo da tarefa para executar os procedimentos do experimento, cerca de 40% do tempo foi dedicado à mobilização dos conceitos necessários à compreensão do experimento e 15% do tempo foi dedicado a conversas paralelas. Nesta investigação, o nosso foco foi a mobilização dos conceitos durante os experimentos. Assim, com a ajuda do *ATLAS.Ti. 5.5* foi possível determinar o número de vezes que cada conceito foi mobilizado pelos estudantes.

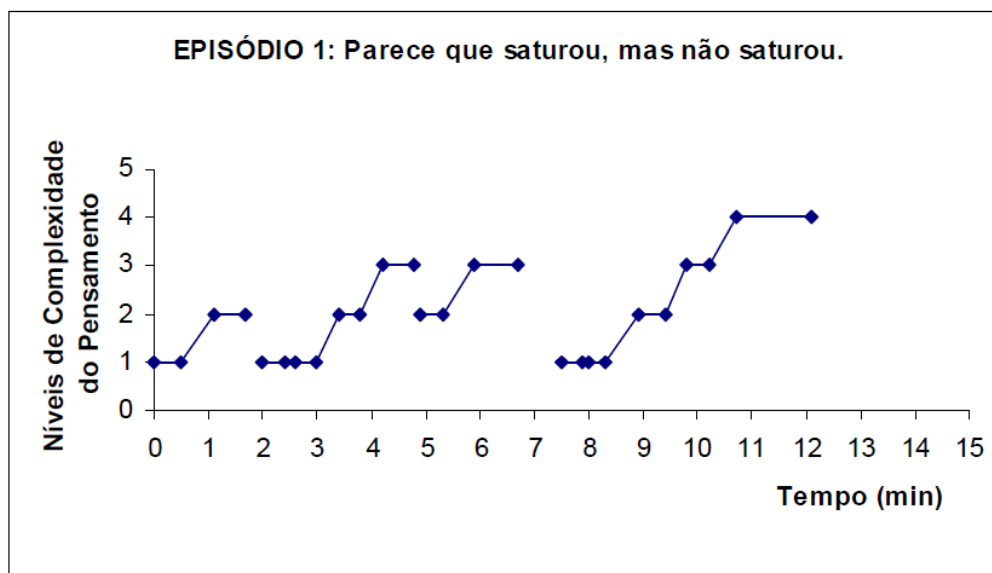
O gráfico a seguir mostra o número de vezes que Theo mobilizou cada conceito durante a atividade. O tempo de mobilização desses conceitos está situado em pequenos períodos de tempo entre segundos e 1 ou 2 minutos, que chamamos de eventos. A esses eventos de curto tempo, Lemke (2000) chamou de monólogo e expressão vocal os mais curtos, e de desenvolvimento situacional os que têm duração entre 1 e 2 minutos, que se referem às interações interpessoais dos sujeitos.

Gráfico 3: Conceitos mobilizados pelo estudante Theo.



Os eventos relatados neste artigo referem-se exclusivamente ao conceito de solução saturada. Os 13 eventos representados no gráfico a seguir mostram os níveis de complexidade do pensamento do estudante Theo durante a preparação da solução saturada. O tempo total do episódio foi de 12:34 minutos.

Gráfico 4: Sequência de pensamentos relatados pelo estudante Theo sobre o conceito de saturação.



O episódio descrito no gráfico 4 foi constituído por 13 eventos relacionados ao conceito de saturação de uma solução. Esses eventos foram categorizados em diferentes níveis de complexidade do pensamento do estudante, que produziu o relatório analisado. A representação dos episódios por gráficos nos permitiu evidenciar um padrão para o

desenvolvimento dos conceitos. O episódio foi constituído por sequências de pequenos agrupamentos de eventos. Cada evento foi constituído por alguma mudança no procedimento ou nas observações, durante a atividade. Foi possível observar que os eventos sempre iniciam em um nível mais baixo e aumentam o nível de compreensão durante o episódio.

Evento 1 – 1º Nível - Tempo: 55s

No início da gravação, a estagiária faz a leitura do roteiro e em seguida pergunta para a turma: *__você sabem o que é solução saturada? Os estudantes estão dispersos, eles estão observando os materiais que irão usar. Ela chama a atenção da turma e explica: __solução saturada é uma solução que a gente não consegue mais dissolver o soluto...*

Alguns estudantes interromperam a explicação perguntando algo sobre o procedimento e após o atendimento aos estudantes, a estagiária retoma a explicação. Os estudantes iniciam o procedimento, leem o roteiro e ao mesmo tempo manuseiam os materiais do KIT para análise de água que receberam.

No início do processo, os estudantes devem separar a amostra de água a ser analisada. A estagiária explica que eles irão medir a quantidade de oxigênio dissolvido na água da torneira. A água foi colocada num balde para facilitar a coleta da amostra sem bolhas de ar. Os estudantes também devem preparar uma solução saturada de sulfato manganoso e, o primeiro procedimento a ser executado será medir o volume de água necessária ao preparo dessa solução. Alguns grupos dividem as tarefas e assim, os procedimentos de coleta da amostra e a medição do volume de água são feitos ao mesmo tempo.

Durante o início do processo, aparentemente, o pensamento de Theo, assim como dos outros estudantes, está no 1º nível de complexidade. Nesse nível, os estudantes obedecem às orientações do roteiro e dos estagiários, sem relatar ideias sobre os objetivos do procedimento ou sobre os conceitos relacionados ao processo. Eles estão pensando somente no que fazer.

Nesse episódio, os estudantes iniciam o experimento pela leitura do roteiro e antes de concluir a primeira página começam a conversar sobre o procedimento. Eles dividem as

tarefas, e uma aluna do grupo, que chamaremos de Nina, se oferece para buscar a amostra de água. Theo lê o roteiro, identificando os reagentes nos frascos e pacotinhos do KIT.

Para o preparo da solução saturada é preciso medir o volume na proveta e colocar a água no béquer. Depois de ouvir a estagiária e ler as instruções do roteiro Theo pergunta: **__o que é béquer? É para medir na proveta. Qual é a proveta?** Nesse momento o aluno tenta reconhecer os materiais e objetos que serão usados para a realização do procedimento. Ele estabelece um contato de primeiro nível com o contexto, ainda seguindo as instruções, mas está tentando organiza-las de modo operacional. Podemos inferir que ele está pensando sobre o que deve fazer, mas, ainda não está pensando sobre o porquê fazer de determinada maneira. Esse é um pensamento de 1º nível.

Evento 2 – 2º Nível – Tempo: 57s

Os estudantes do grupo 4 demoram cerca de um minuto para identificar os instrumentos e medida e executar a medida do volume de água necessária ao preparo da solução. Depois da água medida, Theo volta a ler o roteiro. Ele interrompe a leitura para explicar o que está entendendo sobre o procedimento. Ele diz: **__(...) a gente não falou até agora o que a gente está fazendo. A gente vai fazer a solução saturada para determinar o oxigênio dissolvido na água.(...)** Consideramos esse evento como de 2º nível, pois Theo relaciona o procedimento com os seus objetivos. Podemos inferir que, Theo está pensando não apenas no que fazer, mas também sobre o porquê dos procedimentos.

Evento 3 – 1º Nível – Tempo 30s

O grupo conversa enquanto espera. Theo continua o procedimento e relata: **__A Nina está enchendo um frasco de água sem bolhas. Quando ela voltar a gente vai fazer uma solução saturada de sulfato manganoso. (...) Agora ela voltou com a água. Aí, tem uma coisinha preta aí dentro. Não vai dar problema?**

Nina: *não vai não, já mostrei lá, o problema é só oxigênio, não pode ter bolhas.* Parece que Nina está pensando sobre o fato de não poder ter bolha e, portanto, mais oxigênio na

água. Ela tem um pensamento de 2º nível com relação ao procedimento, mas Theo não parece perceber isto. Theo diz: **Então, a gente está pegando a outra água ali e a gente vai preparar uma solução saturada de sulfato manganoso.** Theo segue descrevendo o que será feito com base nas instruções do roteiro, ele está pensando apenas no que fazer e, por isto, consideramos que seja um pensamento de 1º nível.

Evento 4 – 1º Nível – Tempo 13s

Os colegas do grupo conversam enquanto esperam a amostra de água. Em 3 momentos Theo repete para os colegas a instrução sobre o preparo da solução saturada de sulfato manganoso. Ele parece usar essa estratégia de repetição para se apropriar do procedimento, fala sem ler, indicando a sequência dos procedimentos.

Theo descreve o que estão fazendo: – **Estamos colocando água num béquer (...) E agora é o quê? Ele continua: Agora vamos colocar o sulfato manganoso para fazer a solução saturada de sulfato manganoso.** Embora o estudante tenha feito uma descrição sem ler, foi uma descrição de primeiro nível, porque ele apenas repetiu as instruções do roteiro, ele não fez nenhum comentário adicional.

Evento 5 – 2º Nível – Tempo 25s

O estagiário 1 se aproxima do grupo e diz: *Oi gente, presta a atenção! Para fazer a solução saturada, coloque primeiro a água e depois vai colocando o sólido devagar. Alguns estudantes fizeram o contrário, primeiro colocaram o sólido todo, e aí passou do ponto.* Em seguida Theo pergunta: **__mas o que é solução saturada?** Parece que ele faz a pergunta para si mesmo, e como se pensasse alto. O estagiário já havia ido para outro grupo e os colegas estavam conversando. Aí Theo pergunta: **__quanto que é pra colocar de sulfato manganoso?** Essa pergunta é de procedimento, mas ela está relacionada com o conceito de solução saturada, que o estudante perguntou anteriormente e ainda não foi respondido. Podemos inferir que ele estabeleceu alguma relação entre a quantidade do soluto e o fato de a solução ser saturada. Ao perguntar sobre o que seria solução saturada, na verdade ele queria saber a quantidade de sulfato

manganoso que deveria dissolver para obter a saturação da solução. Consideramos esse pensamento como de 2º nível.

Neste evento, Theo relaciona o procedimento de preparo da solução saturada com a quantidade de soluto. A solução saturada é definida por uma quantidade específica de soluto dissolvido em determinada quantidade de solvente. Essa quantidade específica é denominada solubilidade. Theo não perguntou qual seria a solubilidade do sulfato manganoso, mas, quer saber a quantidade que precisa dissolver para que a solução seja saturada. Podemos considerar, portanto, que este seja um segundo nível de complexidade do pensamento, pois embora ainda não tenha plena consciência da relação que estabelece, ele demonstra que está construindo conhecimento sobre o conceito de solução saturada, relacionando a saturação com a quantidade de soluto dissolvido. Esse tipo de pensamento pré-consciente parece ser um candidato a *p-prim*. Embora tenha declarado não saber o que era solução saturada, Theo não parece estranhar os procedimentos de preparo da mistura ou da solução. Podemos inferir que o estudante tenha algum conhecimento do que seja solução e que o preparo de uma solução pode ser feito misturando o soluto em água.

Evento 6 – 3º Nível – Tempo 50s

A estagiária diz: *_ (...) vocês vão fazer assim, pegar uma colherinha de sulfato manganoso e dissolver aqui, até a solução ficar toda saturada.*

Nina pergunta: *_ Uma colherinha?* Estagiária: *_ É.* E, em seguida pergunta: *_ Você sabe o que é Solução Saturada?* Nina responde: *_ Acredito que sim. Não, mentira, não sei não!* Theo entra na conversa: *_ **AH! Você tinha começado a falar o que é solução saturada, mas acho que não terminou ou eu não prestei atenção (...)*** Nessa observação o estudante revela que ele estava interessado em saber o que é solução saturada desde o início do processo. Ele percebeu a explicação da estagiária no evento 1 como inacabada e declara que não prestou atenção à explicação naquele evento. Esta fala do aluno é mais um indicio de que ele está relacionando o conceito e o procedimento, o que indica um pensamento que nós categorizamos no 3º nível de complexidade.

A estagiária diz: _ *Então presta atenção agora. Solução saturada é aquela que atingiu a quantidade máxima do soluto que dissolve no solvente, nesse caso na água. Então qualquer quantidade de pozinho a mais que você colocar vai formar o corpo de fundo.*

Theo pergunta: _ **Vai formar o quê?** Estagiária diz: _ *corpo de fundo, vai ficar aqui no fundo* (apontando o fundo do béquer).

Nesse episódio o termo “corpo de fundo” causou estranheza ao estudante. Isto nos permite inferir que se os termos que se referem ao preparo da solução, tais como *dissolver* e *solução* não fizessem algum sentido para o estudante, ele também poderia ter se manifestado.

Podemos pensar que o estudante já tivesse um conceito intuitivo sobre dissolução, independente do conhecimento escolar, pois em geral as pessoas têm alguma experiência em dissolver algo. Esse conhecimento intuitivo sobre a dissolução tem características de um p-prim.

Evento 7 – 2º Nível – Tempo 46s

Theo diz: – ***Então espera aí, deixa eu falar aqui*** (refere-se ao MP4): _ ***A gente acabou de colocar uma colherinha de MnSO₄.*** (Ele dita a fórmula) Nina interrompe: _ *qual é o nome disso?* Theo responde imediatamente: _ ***é sulfato manganoso.*** E continua: _ ***A gente colocou uma colherinha de sulfato manganoso na água. Agora está formando uma coisa de cor branca que parece...***

Nina interrompe – *sabe o que está parecendo? É Leite de magnésia. (...)*

Mara continua _ *Porque isso é sulfato de magnésio...*

Nina diz: _ *não, não é magnésio, é manganês, por isso manganoso....* (Risos).

Theo diz: ***Está ficando mais claro, está dissolvendo.***

Theo observa que o soluto está dissolvendo, demonstrando compreender por que está adicionando mais soluto ao solvente, pois a solução ainda não está saturada, o soluto ainda está dissolvendo. Assim, podemos pressupor que nesse momento ele tenha um pensamento de 2º nível, pois ainda não tem plena consciência da relação que estabelece

entre a quantidade de soluto a ser dissolvido e a quantidade de solvente. Entretanto, ele já demonstra ter conhecimento de que enquanto o soluto estiver dissolvendo, a solução ainda não está saturada.

Novamente, se manifesta um pensamento pré-consciente, pelo qual o estudante parece estabelecer uma relação entre um conceito e uma característica do processo. Parece que o estudante está integrando um p-prim ao sistema de conhecimento que está construindo sobre solução saturada.

Evento 8 – 3º Nível – Tempo 52s

Nina diz: *_ Ta, e agora? E agora?* (Pergunta se dirigindo a estagiária) *Mas o que é que a gente tem que fazer agora?* Nina diz se referindo a solução que foi preparada: *Está ficando transparente, ou é impressão minha?*

Theo diz: *_ **É o que estou pensando. Acho que está ficando mais transparente, mas olha aqui, fica branco se a gente mexer. Acho que a gente tem que ficar mexendo.*** Nesse caso, o aluno está relacionando o conceito com as evidências. Enquanto o soluto ainda está sendo dissolvido pelo solvente, e porque a solução ainda não está saturada. Consideramos esse como um pensamento de 3º nível de complexidade. Nesse evento, o estudante está integrando p-prim para construir uma relação consciente entre *mexer para dissolver, como procedimento de preparo de uma solução*, até que o soluto não dissolva mais.

Evento 9 – 1º Nível – Tempo 98s

Theo está preocupado com o procedimento e diz: *_ **Veja o que a gente tem que fazer agora. Temos que retirar 3 ml,..***

Nina: *Espera...*

Theo: ***Retire e descarte 3 mL da amostra de água....***

Nina diz: *_ Calma! Espera a estagiária.*

Mara diz: *Está ficando transparente.*

Nina diz: _ (...) *é, daqui onde eu estou vendo está ficando transparente, olha dá pra ler do outro lado, olha (...) Isso não é transparente?*

Nina pergunta a estagiária: *_É pra ficar transparente?*

A estagiária responde: *_Não, tem que ficar branco. É assim!* (A estagiária aponta a solução ligeiramente turva)

Nina: *Dessa cor?*

Estagiária: *_É, está saturada.*

Theo diz para a estagiária: ***_E agora, o 3? Retire e descarte 3 ml da amostra de água?***

Embora Nina tenha avançado na discussão sobre o que está acontecendo, Theo continua concentrado no procedimento e quer prosseguir. Ele segue repetindo as instruções do roteiro, o seu pensamento nesse momento volta ao 1º nível.

Evento 10 – 1º Nível – Tempo 12s

Estagiária explica: *_ É preciso retirar para não transbordar, porque o recipiente está cheio.*

Nina pergunta: *- mas aí vai entrar ar?*

Theo pergunta: ***_ Mas não vai entrar oxigênio?***

A estagiária responde: *Não porque você vai tirar e colocar.*

Theo: ***_Ah, então não tem problema.***

Nina: *_É porque eu tive a manha de tirar a amostra sem oxigênio.*

Theo continua: ***_Então a gente agora vai tirar 3ml da amostra de água que a gente coletou mais cedo, pra colocar 3 ml da solução de sulfato manganoso.***

Apesar de Theo estar fazendo observações sobre o procedimento de coleta da amostra de água, com relação a preparação da solução saturada ele continua repetindo as instruções do roteiro, por isto avaliamos como pensamento de 1º nível.

Evento 11 – 2º Nível – Tempo 135s

Theo diz: ***_ Estamos retirando os 3ml de água pra colocar os 3 ml de...***

Estagiário 1 chega e pergunta. *_ E aí, a solução está saturada gente? Não, não está. Tá vendo? Olha aí, ela está transparente. Tem que por mais um pouquinho do soluto.*

Theo responde: *_ **Mas estava saturada agora, há dois minutos, ela estava branquinha, agora ficou transparente de novo. É assim mesmo?***

Estagiário 1 diz: *É tem que por mais um pouco. Esse sólido é assim mesmo, ele dá essa ideia de que a solução saturou, mas não saturou.*

Theo chama a colega Nina e diz: *_ Aqui, nossa solução ficou transparente de novo, parecia que ela saturou, mas não saturou. A colega aproxima. Theo repete: **_Olha aqui Nina, o professor disse que a nossa solução não saturou.***

Theo continua: *_ **Aparentemente, a nossa solução não estava saturada porque ela ficou transparente de novo, e aí eu coloquei mais sulfato manganoso pra poder saturar. Acho que agora parece que a solução está saturada, porque ela ficou com aspecto branco de novo, e espero que continue assim por um tempo.***

Theo parece compreender que, enquanto o soluto dissolver e a solução ficar incolor, então será necessário adicionar mais soluto até que o sistema tenha um excesso do soluto. Ele compreende o procedimento, por isto categorizamos esse evento como de 2º nível de complexidade do pensamento.

Evento 12 – 3º Nível – Tempo 53s

O grupo conversa. O estagiário 2 chega e diz: *oi e aí, tudo certo?* Theo relata o que está acontecendo: ***_Oi! Não, não, a nossa solução ta ficando transparente sozinha. Quando o seu colega chegou aqui ele perguntou: é essa solução aqui? Aí ela tinha ficado transparente. Ele falou pra colocar mais sulfato, a gente colocou, mas ta ficando transparente de novo.***

Estagiário 2: *_ Bom, nos outros grupos lá a gente colocou tudo.*

Theo: ***_ E pra virar isso aqui? Tudo?*** O estagiário 2 diz: *É!* O estagiário 2 vai para outro grupo.

Theo diz: ***Eu estou virando o MnSO₄ na água. O cara mandou eu virar isso aqui na água.***

Miro diz: *assim a gente vai ter que colocar mais água. Agora está parecendo danoninho.* (Risos).

Nina: Ta parecendo iogurte.

Theo: ***É, é isso iogurte. Agora acho que a solução vai saturar, não está dissolvendo mais.***

Theo relaciona o procedimento ao conceito, o que demonstra um pensamento de 3^o nível. Nesse evento, ao dizer que a solução está ficando transparente sozinha, Theo estava se referindo ao fato de que não estava mexendo para dissolver como fez anteriormente. Mesmo assim observa que o soluto dissolveu completamente. Novamente, Theo está pensando, fazendo integração de p-primos. A dissolução ocorre mesmo se ele não mexer o sistema. E a solução não satura enquanto o soluto continuar dissolvendo. Theo parece ter compreendido que solução saturada é aquela na qual o soluto já dissolveu o máximo possível, não dissolve mais.

Evento 13 – 4^o Nível – Tempo 98 s

O grupo continua falando sobre a aparência da mistura. A estagiária se aproxima. Nina diz: *_mandaram a gente colocar tudo aqui dentro tá!?*

Miro – *o seu colega de óculos.*

Theo diz: ***Estava parecendo iogurte antes, mas já dissolveu o máximo. Agora a solução está saturada.***

Nesse evento Theo demonstra domínio do procedimento e do conceito. Ele esta relacionando procedimento e conceito e formulando conclusões. Podemos inferir que ele pensa que, se o soluto não dissolve mais é porque já dissolveu o máximo possível. Assim, ele conclui que a solução está saturada.

Podemos dizer, de acordo com diSESSA (2002), que o estudante faz novas integrações de p-primos. Ele usa o conceito de dissolução, antes aparentemente intuitivo, associado

com a ideia de quantidade máxima dissolvida. E, de acordo com Podemos inferir que, intuitivamente, o estudante integra o conceito de dissolução e solubilidade, para entender o conceito de solução saturada. Embora o termo “solubilidade” não tenha sido usado nem pelos estudantes, nem pelos estagiários, a expressão “quantidade máxima dissolvida” apareceu várias vezes, e Theo usou essa expressão para construir explicação para a saturação da solução.

O experimento prossegue, mas o preparo da solução saturada chegou ao fim. Por esse episódio, no qual acompanhamos o aluno Theo em seu relato de ações e pensamentos, pudemos verificar o desenvolvimento de suas ideias acerca do conceito de solução saturada no decorrer do processo. É fato que não podemos afirmar que o aluno aprendeu o conceito e domina o seu uso em diferentes contextos a partir desse experimento. Nem sequer podemos dizer que o aluno sabe definir o que seja solução saturada, e nem foi esse o nosso propósito.

De acordo com o modelo de desenvolvimento conceitual proposto por diSessa (1998), antes de declarar se o estudante domina determinado conceito, é necessário descrever os modos como ele usa esse sistema de conceitos para executar uma tarefa. Para esse autor, uma mudança conceitual é uma mudança na estrutura de convicção do sujeito. Durante o relato de Theo, foi possível verificar que ele não sabia à priori como preparar uma solução saturada, mas ele possuía um conhecimento intuitivo sobre a dissolução. Ele relatou o que pensou durante o processo, demonstrando compreender ao final que, enquanto o soluto dissolve na água é porque a solução ainda não está saturada. Nesse sentido, podemos dizer que ele articulou as informações sobre o sistema e, de acordo com diSessa (2002), ele fez uma integração de p-prim a um sistema explicativo mais complexo, o que nos indica que houve desenvolvimento conceitual.

Nesse processo, foi possível apontar pelo menos três etapas de aproximação do estudante do conceito de solução saturada. Inicialmente, Theo reconhece que o preparo da solução saturada e parte do processo da determinação do oxigênio dissolvido na água. Ele também descreve, com ajuda do roteiro e das instruções, o preparo da dissolução do sulfato manganoso.

Na segunda etapa, o estudante descreve com clareza o que observa durante as tentativas de produção da solução saturada. E, finalmente, na terceira etapa, ele relaciona a

saturação da solução saturada com a quantidade de soluto que deve ser dissolvido no solvente durante o preparo da solução. Nesse sentido, podemos dizer que o estudante relacionou procedimento e conceito, o que demonstra que houve um aumento da complexidade de suas ideias sobre o conceito durante o processo.

O desenvolvimento conceitual pode ocorrer de diversas maneiras e em diversos contextos. Mas, podemos afirmar que os eventos de ensaio e erro, que ocorrem durante o processo de preparação de uma solução saturada, permitem aumentar o nível de complexidade do desenvolvimento das ideias sobre o que seja solução saturada. Podemos pensar que, este tipo de evento de pensamento aqui relatado depende de um contexto de observação.

Assim, podemos dizer que algumas habilidades específicas, que dizem respeito ao conhecimento sobre conceitos, que também são procedimentos, podem ocorrer com maior frequência no contexto do trabalho prático. Ou seja, a aprendizagem sobre algo que parece que saturou, mas ainda não saturou, deve ocorrer melhor no contexto de sua preparação.

Após a interpretação e análise desse episódio, acreditamos que podemos apontar o conceito de dissolução como um exemplo de p-prim em Química. *Dissolução* é um conceito intuitivo, mas ao mesmo tempo pode integrar um sistema mais complexo de conhecimento e funcionar como um conceito científico. A dissolução como uma experiência cotidiana produz um conhecimento que integra outros conhecimentos mais complexos, como por exemplo, o de *solução saturada*.

O nosso relato evidenciou alguns indícios de desenvolvimento conceitual, pois identificamos tanto um aumento dos níveis de complexidade de pensamento como também integração de p-prims. Num processo de desenvolvimento conceitual, os p-prims deixam de funcionar como explicações isoladas e passam a fazer parte de um sistema complexo de explicação. Assim, podemos dizer que o conceito de solução saturada seja uma classe de coordenação, pois só é possível entender o que seja solução saturada integrando vários conceitos.

Podemos dizer que Theo fez integração de “p-prims”, construindo um sistema explicativo mais complexo para solução saturada durante o experimento e, nesse sentido ocorreu

desenvolvimento conceitual. Mesmo assim, não podemos dizer que Theo apreendeu o conceito de solução saturada. Pois de acordo com diSessa (2002), para identificar uma classe de coordenação no sistema de conhecimento do sujeito, e necessário testá-lo em diferentes contextos, o que não foi feito neste trabalho.

Considerações Finais e Algumas Conclusões.

De acordo com o modelo de desenvolvimento conceitual proposto por diSessa (1998), antes de declarar se o estudante domina determinado conceito, é necessário descrever os modos como ele usa esse sistema de conceitos para executar uma tarefa. Para esse autor, uma mudança conceitual é uma mudança na estrutura de convicção do sujeito. Durante o relato de Theo, foi possível verificar que ele não sabia à priori como preparar uma solução saturada, mas ele possuía um conhecimento intuitivo sobre a dissolução. Ele relatou o que pensou durante o processo, demonstrando compreender ao final que, enquanto o soluto dissolve na água é porque a solução ainda não está saturada. Nesse sentido, podemos dizer que ele articulou as informações sobre o sistema e, de acordo com diSessa (2002), ele fez uma integração de p-prim a um sistema explicativo mais complexo, o que nos indica que houve desenvolvimento conceitual.

Nesse processo, foi possível apontar pelo menos três etapas de aproximação do estudante do conceito de solução saturada. Inicialmente, Theo reconhece que o preparo da solução saturada e parte do processo da determinação do oxigênio dissolvido na água. Ele também descreve, com ajuda do roteiro e das instruções, o preparo da dissolução do sulfato manganoso. Na segunda etapa, o estudante descreve com clareza o que observa durante as tentativas de produção da solução saturada. E, finalmente, na terceira etapa, ele relaciona a saturação da solução saturada com a quantidade de soluto que deve ser dissolvido no solvente durante o preparo da solução. Nesse sentido, podemos dizer que o estudante relacionou procedimento e conceito, o que demonstra que houve um aumento da complexidade de suas ideias sobre o conceito durante o processo.

O desenvolvimento conceitual pode ocorrer de diversas maneiras e em diversos contextos. Mas, podemos afirmar que os eventos de ensaio e erro, que ocorrem durante o processo de preparação de uma solução saturada, permitem aumentar o nível de complexidade do desenvolvimento das ideias sobre o que seja solução saturada.

Podemos pensar que, este tipo de evento de pensamento aqui relatado depende de um contexto de observação.

É possível inferir que algumas habilidades específicas, que dizem respeito ao conhecimento sobre conceitos, que também são procedimentos, podem ocorrer com maior frequência no contexto do trabalho prático. Ou seja, a aprendizagem sobre algo que parece que saturou, mas ainda não saturou, deve ocorrer melhor no contexto de sua preparação.

Após a interpretação e análise desse episódio, acreditamos que podemos apontar o conceito de dissolução como um exemplo de p-prim em Química. *Dissolução* é um conceito intuitivo, mas ao mesmo tempo pode integrar um sistema mais complexo de conhecimento e funcionar como um conceito científico. A dissolução como uma experiência cotidiana produz um conhecimento que integra outros conhecimentos mais complexos, como por exemplo, o de *solução saturada*.

O nosso relato evidenciou alguns indícios de desenvolvimento conceitual, pois identificamos tanto um aumento dos níveis de complexidade de pensamento, como também integração de p-prim. Num processo de desenvolvimento conceitual, os p-prim deixam de funcionar como explicações isoladas e passam a fazer parte de um sistema complexo de explicação. Assim, podemos dizer que o conceito de solução saturada seja uma classe de coordenação, pois só é possível entender o que seja solução saturada integrando vários conceitos. Nesse sentido, Theo fez integração de “p-prim”, construindo um sistema explicativo mais complexo para solução saturada durante o experimento, o que se torna indício de que ocorreu desenvolvimento conceitual. Entretanto, não podemos dizer que Theo apreendeu o conceito de solução saturada. Pois de acordo com diSessa (2002), para identificar uma classe de coordenação no sistema de conhecimento do sujeito, é necessário testá-lo em diferentes contextos, o que não foi feito neste trabalho.

O relato do episódio constituído de eventos de pensamentos sobre a saturação de uma solução durante uma atividade experimental, nos permitiu inferir sobre pelo menos três tipos de pensamentos: o primeiro sobre o reconhecimento dos objetos utilizados e das ações a serem executadas, o segundo são as observações sobre o sistema ou sobre o processo e o terceiro sobre as relações estabelecidas entre os procedimentos e os conceitos. Os relatos de pensamento, obtidos nesse episódio nos revelaram que ao

executar os procedimentos durante o preparo de uma solução saturada, o estudante pode aumentar o nível de complexidade de seu pensamento sobre os conceitos relacionados aos procedimentos. Nesse sentido, podemos afirmar que ocorre desenvolvimento conceitual no domínio das atividades experimentais em Química.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DAVID, M. A.. *Processos de Evolução Conceitual em Química no Contexto das Atividades Experimentais*. 2009. Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação da UFMG. Belo Horizonte, 2009.
- DAVID, M. A.; BORGES, Oto N. Uma abordagem teórica para coleta de dados cognitivos durante a realização de um experimento de química. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCACAO EM CIÊNCIAS, VI, 2008, Florianópolis, 2008. v. único. p.1.
- diSESSA, A. A. & SHERIN, B.. What changes in conceptual change? **International Journal of Science Education**, London, 20(10), 1155-1191, december, 1998.
- diSESSA, A. A. Toward an epistemology of physics. **Cognition and Instruction**, 10(2&3), 106-225, 1993.
- diSESSA, A. A.. A history of conceptual change research: threads and fault lines. In: SAWYER, K. (Ed.). **Cambridge handbook of the learning sciences**. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 2006
- diSESSA, A. A.. Why "conceptual ecology" is a good idea. In: LIMON, M. & MASON, L. (Eds.). **Conceptual Change: Issues in theory and practice**. Dordrecht: Kluwer. 2002. p. 29-60.
- DRIVER, R. Beyond Appearances: the conservation of matter under physical and chemical transformations. Library of Congress Cataloging Data Children's ideas in science, 1985. (Trad. Eduardo Fleury Mortimer)
- DRIVER, R., ASOKO, H., LEACH, J., MORTIMER, E. F., SCOTT, P. Constructing scientific knowledge In the classroom. **Educational Researcher**. AERA, v.23, n.7, p.5 -12, 1994.
- DRIVER, R., ASOKO, H., LEACH, J., MORTIMER, E. F., SCOTT, P. Construindo conhecimento científico em sala de aula. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n.9, p.31 - 40, mes,1999.
- ERICSSON K. A, Protocol analysis and verbal reports on thinking, 2002. Disponível em: <http://www.psy.fsu.edu/faculty/ericsson/ericsson.proto.thnk.html> Acesso em: 13/07/2007
- ERICSSON, K. A. Protocol analysis and expert thought: concurrent verbalizations of thinking during experts' performance on representative task. In: ERICSSON, K. A; CHARNESS, N.; FELTOVICH, P.; HOFFMAN, R. R. (Eds.). **Cambridge handbook of expertise and expert performance**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2006.p. 223-242.
- ERICSSON, K.A. & CRUTCHER, R.J. Introspection and verbal reports on cognitive processes – two approaches to the study of thought processes: a response to Howe. **New Ideas in Psychology**, 9/1, p.57-71, 1991.
- ERICSSON, K.A. & SIMON, H.A. **Protocol analysis. Verbal reports as data**. Revised Edition. Cambridge, MA: Bradfordbooks/: MIT Press. 1993.
- ERICSSON, K. A., & SIMON, H. A.. **How to study thinking in everyday life: Contrasting think-aloud protocols with descriptions and explanations of thinking**. *Mind, Culture, & Activity*, 5(3), 178-186, 1998.
- ERICSSON, K.A. Protocol analysis. In: BECHTEL, W & GRAHAM, G. (eds.). **A companion to cognitive science**. Oxford: Blackwell. 1998. p.425-432.
- GOMES, A. D.T., BORGES, A. T. e JUSTI, R. Processos e conhecimentos envolvidos na realização de atividades práticas: revisão da literatura e implicações para a pesquisa. **Investigacoes em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 13(2), p.187-207, agosto, 2008.

- LEMKE, J. L.. Across the scales of time: artifacts, activities, and meanings. **Ecosocial Systems Mind, Culture, and Activity**, Berkeley, v. 7, n. 4., p. 273-290, 2000.
- LEVRINI O., diSESSA A.A., How Students Learn from Multiple Contexts and Definitions: Proper Time as a Coordination Class, **Physical Review Special Topics - Physics Education Research** 4, 010107, 2008.
- VERMERSCH, P. "Introspection as practice". **Journal of Consciousness Studies**, 6 (2-3): 17-42,1999.
- VERMERSCH, P.. Bases de l'auto-explicitation. Premiere partie. **Expliciter**, 69, 1-31, 2007. Disponível em http://www.x-sides.net/_expliciter/. Acesso em outubro de 2008.
- VERMERSCH, P.. Introspection et auto-explicitation. Bases 2, **Expliciter**, 73, 42-55, 2008. Disponível em http://www.x-sides.net/_expliciter/. Acesso em outubro de 2008.
- VERMERSCH, P.. L'entretien d'explicitation. Issy-les-Molineaux: **GREX**, ESF, 1994. www.grex-fr.net. Acesso em julho de 2005.
- VON AUFSCHNAITER, S. & WELZEL, M. **Individual learning processes – a research st program with focus on the complexity of situated cognition**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE EUROPEAN SCIENCE EDUCATION RESEARCH ASSOCIATION (E.S.E.R.A.), 1st, 1997, Rome. Proceedings of the 1st. European Conference of ESERÁ, Rome: in press, September 2-6, 1997.
- VON AUFSCHNAITER, S.; WELZEL, M. Individual learning processes – a research programme with focus on the complexity of situated cognition. **Research in Science Education in Europe**. Dordrecht: Kluwer, 1999. p. 209-215.
- WELZEL, M.. Student centred instruction and learning processes in physics. **Research in Science Education**, 27(3). 383-394,1997.
- WELZEL, M.. First international conference of the European Science Education Research Association (E.S.E.R.A.). Zeitschrift fur die Didaktik der Naturwissenschaften. 4(1). 92-93, 1998a.
- WELZEL, M.. The emergence of complex cognition during a unit on static electricity. **International Journal of Science Education**, London, 20:9,1107- 1118,1998b.
- WELZEL, M; VON AUFSCHNAITER, C.; SCHOSTER, Anjá. How to Interact with students? In: LEACH, John & PAUSEN, Albert (eds). **Practical Work in Science Education**.Denmark: Roskilde University Press, 1999. p. 313-327.