

## **INTERAÇÕES DISCURSIVAS EM UMA AULA DE ENSINO SUPERIOR DE QUÍMICA: UMA ATIVIDADE DE APRENDIZAGEM ENVOLVENDO CASO INVESTIGATIVO**

### **DISCURSIVE INTERACTIONS IN A HIGHER EDUCATION CHEMISTRY CLASS: A LEARNING ACTIVITY INVOLVING INVESTIGATIVE CASE**

### **INTERACCIONES DISCURSIVAS EN UNA CLASE DE ENSEÑANZA SUPERIOR DE QUÍMICA: UNA ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE INVOLUCRANDO CASO INVESTIGATIVO**

Lôany Gonçalves da SILVA<sup>1</sup>  
Wellington FRANCISCO<sup>2</sup>

**RESUMO:** Este trabalho apresenta uma atividade planejada a partir de um caso investigativo na vertente do debate íntimo com o objetivo de identificar e caracterizar as interações discursivas entre os estudantes e revelar a apropriação conceitual por meio dos enunciados produzidos. Participaram dessa atividade seis estudantes do curso de Química Ambiental da Universidade Federal do Tocantins – Campus de Gurupi. A coleta dos dados foi feita pela gravação do debate, que posteriormente foi transcrito na íntegra para a análise das interações discursivas e operações epistêmicas. Durante a análise, observou-se um padrão de interação entre os estudantes do tipo Iniciação – (Diversas) Respostas – Síntese Final, que se diferem dos demais trabalhos da literatura em função da forma que os estudantes conduzem o debate. Os enunciados produzidos pelos estudantes transitam entre o nível de experiências e o nível de modelos e teorias, evidenciando como se dá a aprendizagem. Tais resultados possibilitam a compreensão de como surgem os enunciados dos estudantes e permitem ao professor avaliar a apropriação conceitual sobre o assunto.

**Palavras-chave:** Estratégias enunciativas. Caso investigativo. Debate íntimo. Linguagem.

**ABSTRACT:** This work presents a planned activity from an investigative case in the aspect of intimate debate with the goal to identify and characterize the discursive interactions between students and reveal the conceptual appropriation through the statements produced. It participated in these activity six students of Environmental Chemistry course at the Federal University of Tocantins - Campus of Gurupi. Data collection was done by recording the debate, which was later transcribed in full for the analysis of discursive interactions and epistemic operations. During the analysis, we observed a pattern of interaction between students Initiation type - (Various) Answers - Summary Final, which differ from other works of literature in function of the way students conduct the debate. The statements made by student's transit between the experiences level and the model and theory level, evidencing how the learning does. These results make it possible to understand how come statements of students and allow the teacher to evaluate the conceptual appropriation on the subject.

**Keywords:** Enunciative strategies. Investigative case. Intimate debate. Language.

<sup>1</sup> Bacharel em Química Ambiental e mestranda em Química. Universidade Federal do Tocantins (UFT) – Campus de Gurupi. e-mail: loanygoncalves@hotmail.com.

<sup>2</sup> Bacharel, licenciado e mestre em Química e doutor em Química com tese em Ensino. Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA). e-mail: welington.francisco@unila.edu.br.

**RESUMEN:** Este trabajo presenta una actividad planeada a partir de un caso investigador en la vertiente del debate íntimo con el objetivo de identificar y caracterizar las interacciones discursivas entre los estudiantes y revelar la apropiación conceptual por medio de los enunciados producidos. Participaron de esa actividad seis estudiantes del curso de Química Ambiental de la Universidad Federal del Tocantins – Campus de Gurupi. La coleta de los datos fue hecha por la grabación del debate, que posteriormente fue transcrito en la íntegra para el análisis de las interacciones discursivas e operaciones epistémicas. Durante el análisis, fue observado un padrón de interacción entre los estudiantes del tipo Iniciación – (Diversas) Respuestas – Síntesis Final, que se difieren de los demás trabajos de la literatura en función de la forma que los estudiantes conducen el debate. Los enunciados producidos por los estudiantes transitan entre el nivel de las experiencias y el nivel de modelos y teorías, evidenciando como si da el aprendizaje. Tales resultados posibilitan la comprensión de como surgen los enunciados de los estudiantes y permiten al profesor evaluar la apropiación conceptual sobre el asunto.

**Palabras clave:** Estrategia enunciativa. Caso investigador. Debate íntimo. Lenguaje.

## Introdução

Os casos investigativos (CI) são instruções com uso de histórias com problemas a serem resolvidos que desafiam os estudantes a tomar decisões (HERREID, 1997), contribuindo para o crescimento de capacidades intelectuais como: pensar criticamente, propor soluções, trabalhar em equipe, estimular a comunicação oral e o debate (HERREID, 2008; SÁ; QUEIROZ, 2010).

A popularização desse método vem crescendo no Ensino Superior de Ciências e se tornando cada vez mais frequente, aumentando o número de professores que se adapta e vê a necessidade de produzir os casos e utilizá-los em suas disciplinas (HERREID, 2008). Dentre os vários métodos e estratégias para se trabalhar com os casos se encontra o método do debate íntimo.

Esse método é conhecido como debate estruturado ou debate construtivo que trata os assuntos dos casos por meio de temas controversos (HERREID; REI, 2007). Nessa abordagem, os estudantes se preparam tanto para o pró quanto para o contra da temática e o professor busca instigar os alunos ao debate, aumentando o índice de interações verbais entre os partícipes e evidenciando os discursos e os enunciados sobre o assunto.

Os resultados de Sá et al. (2007) apontam que os CI favorecem a dimensão discursiva em sala de aula, destacando o papel da linguagem como componente essencial para se adquirir o conhecimento científico.

Para Bakhtin (1997), todos os campos das atividades humanas estão constantemente relacionados com o emprego da linguagem. Nesta perspectiva, o emprego da linguagem

ocorre em forma de enunciados, seja de forma escrita ou oral, sendo concretos e únicos. O enunciado representa as condições específicas sobre as esferas da atividade humana, não somente por recursos lexicais fraseológicos e gramaticais, mas também pela construção composicional (BAKHTIN, 1997). Quanto ao gênero de discurso Bakhtin discorre que:

Qualquer enunciado considerado isoladamente é, claro, individual, mas cada esfera de utilização da língua elabora seus tipos relativamente estáveis de enunciados, sendo isso que denominamos gêneros do discurso (BAKHTIN, 1997, p. 280).

Assim, quando Bakhtin (1997) se refere aos gêneros de discurso, ele tem a pretensão de enfatizar a dimensão dialógica, ou seja, o fenômeno que ocorre na esfera da comunicação. As formas de gêneros de discurso são variadas tanto como as formas de atividades humanas em que os gêneros estão relacionados, podendo ser classificados em enunciado, discurso ou texto.

Em se tratando do campo do Ensino de Ciências, os trabalhos pioneiros de Mortimer e Scott (2002), seguidos pelos trabalhos de Silva e Mortimer (2010; 2011; 2013) descrevem análises de gêneros de discursos que envolvem interações discursivas e estratégias enunciativas entre o professor-aluno, caracterizando-as em diversos aspectos. A base de todas as interações tem o professor como um articulador das interações, ou seja, em um papel de locutor, mediando todo o assunto em aula e guiando para a construção dos enunciados dos alunos.

Segundo Silva e Mortimer (2010), os gêneros de discurso podem ser analisados em: interatividade – que põe em foco as distintas estruturas de interação, agregado às diferentes funções e tipo de discurso; e epistêmica – que dá a clareza ao movimento em que os conhecimentos são caracterizados no decorrer das interações, até se transformarem em enunciados com nítido acabamento temático ao fim do discurso em sala de aula.

Na categoria epistêmica estão presentes as operações epistêmicas, que servem para categorizar o conteúdo do discurso, mostrando a diferença entre descrição, explicação, generalização, classificação, comparação, cálculo e analogia (SILVA; MORTIMER, 2013).

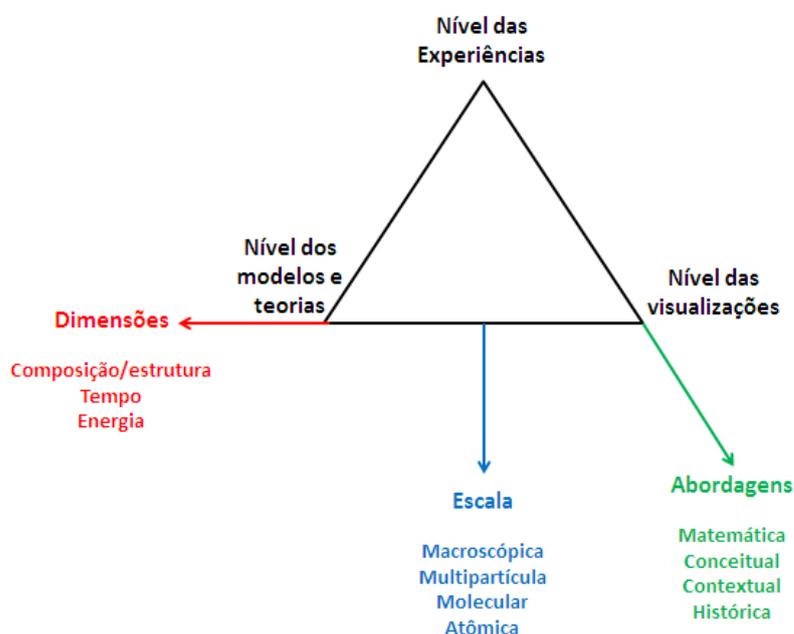
A descrição envolve uma abordagem a um sistema, objeto ou fenômeno referente às suas características, propriedades, constituição e aplicação. A explicação busca algum modelo ou mecanismo para dar sentido às descrições, justificando-as. A generalização se baseia na elaboração de descrições ou explicações que são independentes de assunto específico, ou seja, que não abordam um fenômeno particular, mas sim que abordam um determinado conjunto. A

classificação se baseia em identificar/classificar o fenômeno que se põe em discussão, enquanto a comparação envolve confrontar dois fenômenos decorrentes. A operação epistêmica de cálculo envolve as questões matemáticas, assim sendo mais restrito do que outras categorias. E por fim, a analogia busca utilizar formas empíricas concretas para explicar algum conceito ou fenômeno abstrato, em que nessa comparação apresente algumas semelhanças (SILVA; MORTIMER, 2013).

Cada operação epistêmica utilizada pelos estudantes durante a elaboração de enunciados científicos explora diferentes níveis de desenvolvimento cognitivo. Ao mesmo tempo, pode-se estabelecer uma aproximação com a relação triplete (macro, micro e simbólico) na Educação Química apresentada inicialmente por Johnstone (1982) e estudada e aprofundada por diversos autores (GABEL, 1999; GILBERT; TREAGUST, 2009; TALANQUER, 2011).

Adotando as ideias de Talanquer (2011), o autor propõe que a relação triplete do conhecimento químico seja caracterizada por diferentes tipos, escalas, dimensões e abordagens, ramificando a ideia inicial do triângulo de Johnstone (1982). Talanquer (2011) assegura que sua intenção não é afirmar que a sua proposta é melhor do que os rótulos atualmente utilizados, mas busca apenas diferenciar e ampliar os elementos que já estão presentes no modelo (Figura 1).

**Figura 1:** Ramificações da relação triplete do conhecimento químico. Adaptado de Talanquer (2011).



Uma vez que os químicos exploram, modelam e constroem visualizações das propriedades e comportamento da matéria em diferentes escalas de comprimento, a partir do macroscópico ao atômico, pode-se argumentar que cada um dos três principais tipos de conhecimento descreve essas múltiplas escalas.

Talanquer (2011) destaca que as escalas são relevantes para analisar as propriedades de um sistema de acordo com a sua natureza química, pois as práticas de ensino atuais tendem a enfatizar mais o nível molecular (de uma única partícula) e o atômico, independentemente da natureza do sistema em questão. Ademais, é importante também reconhecer as diferentes escalas de descrição e explicação do sistema para intensificar a transição entre a relação triplete que configura o processo de aprendizagem.

Além dos tipos de escalas para exploração e análise do conhecimento, Talanquer (2011) também ressalta que o conhecimento sobre substâncias e processos químicos abrange três dimensões principais: composição/estrutura, energia e tempo, baseado nos trabalhos de Jensen (1998).

Muito destaque é dado para o estudo composicional/estrutural das substâncias, porém, dependendo do conceito a ser discutido, para sua compreensão é necessário abranger as dimensões energéticas e temporais também. Talanquer (2011) reporta o exemplo de estudar a combustão do metano reforçando a noção de analisar as mudanças na composição do sistema, assim como a quantidade de energia liberada e o tempo que leva para o processo chegar até o fim. Uma vez que o conhecimento químico seja abordado e estudado nas diferentes dimensões, pode-se avançar na aprendizagem química em sala de aula.

A natureza multi-nível e multidimensional apresentada até o momento do espaço de conhecimento químico tornam-se ainda mais complexo quando se reconhece que se podem fazer diferentes abordagens no Ensino de Química. Fazer somente uma abordagem conceitual ou conceitual e matemática, como é de costume, parece ser fadado a não identificar a importância histórica, filosófica e social da Ciência para a humanidade.

Os trabalhos de Mahaffy (2004 e 2006) retratam a ênfase que se vem dando no desenvolvimento de currículos contextualizados em Química. O autor sugere que um quarto componente, o elemento humano, deva ser adicionado à relação triplete para enfatizar a necessidade de integrar a aprendizagem da disciplina dentro dos contextos mais amplos em que a Química afeta a vida dos cidadãos e das comunidades. Assim, essas abordagens fazem com que os estudantes possam ser melhor preparados, melhor informados e serem participantes críticos nas sociedades modernas.

Desta forma, este trabalho tem como objetivo identificar e caracterizar as interações discursivas entre os estudantes que participaram da atividade, a fim de verificar aspectos de apropriação conceitual a partir dos enunciados construídos confrontando as operações epistêmicas envolvidas com a proposta de Talanquer (2011).

## Metodologia

Esta pesquisa foi desenvolvida junto a seis estudantes matriculados na disciplina de Reatividade de Compostos Orgânicos, ofertada no quarto período do curso de Química Ambiental da Universidade Federal do Tocantins – Campus de Gurupi. Para isso foi elaborado um CI fictício que narra uma polêmica acusação de fraude em relação às sínteses orgânicas entre dois grupos de pesquisa, envolvendo as reações de eliminação e substituição nucleofílica, intitulado *Dois sínteses, dois produtos?* (Figura 2).

**Figura 2:** O caso investigativo

**DUAS SÍNTESES, DOIS PRODUTOS?**

O meio acadêmico-científico foi recentemente abalado, depois de uma séria denúncia sobre uma possível fraude de resultados experimentais. Há aproximadamente dois meses, o grupo de sínteses orgânicas (GRUSO) liderado pelo renomado professor Dr. Romualdo Cruz Silva Peregrino, da Universidade Catedrática (UC), acusou o recente grupo de pesquisa liderado pelo novo professor Dr. Donato Doravante, da Universidade Estrela Nova (UEN), de forjar resultados de uma mesma síntese feita pelo GRUSO para publicar como um novo e diferente produto.

Na denúncia, o GRUSO encabeça a ideia de que o produto obtido pelo Dr. Doravante em sua síntese (**penteno**) não condiz com os mesmos resultados obtidos e já publicados pelo GRUSO, que é o **metoxipentano** ou **éter metílico e pentílico**. Ademais, o Dr. Romualdo diz que tais informações poderão prejudicar futuros financiamentos de órgãos de fomento. Em nota, logo após a acusação ir a público, o Prof. Dr. Donato disse que "a síntese obtida pelo seu grupo foi alcançada devido as diferentes condições experimentais utilizadas e que o produto não apresenta as mesmas propriedades químicas e físicas obtidas pelo GRUSO".

Para maiores esclarecimentos na audiência marcada para o próximo mês, os advogados das duas universidades sugeriram que os grupos divulgassem as condições experimentais utilizadas nas sínteses para que elas fossem analisadas por outros especialistas. As duas condições utilizadas pelos grupos são as descritas abaixo:

**Síntese do GRUSO:**

CCCCCBr + CH3OK >> CCCCCOC + CH3OH  
 $T = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$   
 ~ 99 %

**Síntese do grupo do Dr. Donato Doravante:**

CCCCCBr + (CH3CH2)3CO- >> CCCC=C + Br- + (CH3CH2)3COH  
 $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$   
 ~ 80 %

Suponha que você seja um dos especialistas que analisará as duas sínteses e que no dia do julgamento será testemunha (de defesa ou de acusação) de um dos dois grupos de pesquisa. Qual das condições sintéticas você acha que está coerente e como você formularia seu testemunho, com base nos conhecimentos químicos envolvidos e em outros fatores que julgar importante?

A atividade foi realizada em 9 aulas de 50 minutos, contando desde a entrega do caso, as discussões em sala até a realização do debate íntimo. Para o início do debate, o professor separou os alunos em dois grupos, baseando-se na resolução do caso por escrito entregue previamente. Assim, os grupos formados foram a favor da síntese por reação de substituição e

a favor da síntese por reação de eliminação. Designou-se uma função para cada estudante em seu grupo, sendo definidas as funções de: “advogado de defesa” (estudante que realizaria as perguntas para as testemunhas do outro grupo e do seu grupo) e “testemunhas” (a favor de cada grupo).

Para a coleta de dados, o debate foi gravado em áudio com o tempo total de 1 hora 19 minutos e 23 segundos. Posteriormente, a gravação foi transcrita na íntegra e separada em episódios, sendo discutido nesse trabalho somente um episódio.

Para as análises dos dados, usamos como referencial a ferramenta analítica proposta por Mortimer e Scott (2002) e aperfeiçoada pelos trabalhos de Silva e Mortimer (2010; 2011). Esta ferramenta descreve e caracteriza as estratégias enunciativas em uma aula de ciências em diferentes categorias, envolvendo desde os discursos dos partícipes até operações epistêmicas que permitem analisar a apropriação conceitual.

### Aspectos de Interação

Em relação à dimensão da interatividade, utilizamos das categorias padrões de interação e intenções do professor (no nosso trabalho entendido como intenções da advogada):

- *Padrões de Interação*: Referem-se aos modos de alternância de turnos das interações entre aluno-professor ou aluno-aluno. De acordo com Mehan apud Silva e Mortimer (2010), pode-se definir 21 categorias:

1. Iniciação de escolha (Ie): quando a iniciação do locutor demanda respostas do tipo “sim” ou “não”, concordando ou discordando do locutor. Exemplo: Você foi à escola hoje?
2. Iniciação de Produto (Ip): quando a iniciação demanda uma resposta baseada em fatos, em denominações, em nomes. Exemplo: Qual a data de seu aniversário?
3. Iniciação de Processo (Ipr): quando a iniciação busca uma opinião ou interpretação de quem responde. Exemplo: O que você acha sobre a legalização da maconha no país?
4. Iniciação de Metaprocessos (Impr): quando a iniciação demanda uma reflexão, ou seja, uma construção de ideias e justificativas. Exemplo: Porque o céu é azul?

Cada tipo de iniciação provoca automaticamente quatro tipos de respostas. Este conjunto de categorias, quando combinado com as diferentes formas de iniciação e de respostas, origina 16 padrões de interação. Além destas, pode-se identificar também:

17. Avaliação (Av): uma fala utilizada para fechar as cadeias de interações a respeito de um assunto.

18. Feedback ou prosseguimento (Fd): quando o locutor ou outro membro introduz uma ideia para ajudar a completar ou ajustar o que havia sido dito, a fim de avançar a sequência.
19. Síntese final (Sf): produção de um enunciado produzido na sequência que evidencia um conceito ou uma explicação sobre o assunto.
20. Sem interação (Si): turnos de fala de determinadas pessoas que não dão prosseguimento a sequência discursiva.
21. Troca verbal (Tv): turnos de fala isolados, às vezes fora do assunto, que são difíceis de encaixar nas demais categorias.
  - *Intenções da “aluna-advogada”*: representa às intenções da “aluna-advogada” no momento da elaboração, da seleção, da execução e do fluxo de interações que aconteceram durante as atividades, “envolvendo a noção de Zona de Desenvolvimento Proximal e a atuação do professor nessa zona” (SILVA; MORTIMER, 2011, p. 122). De acordo com Mortimer e Scott (2002), as categorias são: (i) criar um problema; (ii) explorar a visão dos estudantes; (iii) introduzir e desenvolver a estória científica; (iv) guiar os alunos no trabalho e na expansão dos enunciados científicos, dando um suporte ao processo de internalização; (v) guiar os estudantes na aplicação e expansão das ideias científicas; (vi) manter a narrativa.

### Aspectos epistêmicos e análise do processo de aprendizagem

A dimensão epistêmica envolve a modelagem, os níveis de referencialidade e as operações epistêmicas (SILVA; MORTIMER, 2011). Neste trabalho focamos somente a análise das operações epistêmicas, que são formas cognitivas para a construção dos enunciados e servem para categorizar o conteúdo do discurso em: descrição, explicação, generalização, classificação, comparação, cálculo e analogia. Perante essas sete operações epistêmicas, traçamos um paralelo com três diferentes níveis de Johnstone (1982) e adaptado por Talanquer (2011) de como o conhecimento químico é produzido, expresso, ensinado e comunicado, a fim de analisar a aprendizagem dos estudantes.

Assim, criamos a seguinte organização das operações epistêmicas com os diferentes níveis para a análise da aprendizagem:

- *Nível das experiências* que inclui o conhecimento descritivo de substâncias químicas e processos adquiridos de maneiras diretas (através dos sentidos) ou indiretas (usando instrumentação), referindo-se ao conhecimento empírico real que nós temos ou

reunimos sobre sistemas químicos (TALANQUER, 2011) – agrupamos as operações epistêmicas de *descrição, classificação, comparação e analogia*;

- *Nível dos modelos e teorias* que inclui os modelos teóricos explicativos e preditivos que os químicos têm desenvolvido para fazer sentido do mundo vivido, referindo-se às entidades teóricas e os pressupostos subjacentes, que são usados para explicar sistemas químicos, atribuindo-lhes algum tipo de estrutura interna, composição e/ou mecanismo que servem de propósito para explicar ou prever as várias propriedades desses sistemas (TALANQUER, 2011) – estão as operações epistêmicas de *explicação, definição e generalização* (parecido à explicação, mas abordam um determinado conjunto com características semelhantes (SILVA; MORTIMER, 2011)).
- *Nível das visualizações* que engloba os sinais visuais estáticos e dinâmicos (de símbolos a ícones) desenvolvidos para facilitar o pensamento qualitativo e quantitativo e a comunicação sobre ambas às experiências e modelos em química (TALANQUER, 2011) – incluímos as operações *cálculo, fórmulas químicas e desenhos de partículas*.

Segundo Scott (1998), as intervenções pedagógicas das categorias, para se desenvolver o “conhecimento científico”, são como um suporte ao método de significação dos alunos. Neste sentido, essas categorizações permitem analisar as intervenções por meio de atividades relacionadas aos CI, sobretudo quando o método é o debate íntimo, pois possibilita estabelecer relações entre os pontos de vista dos estudantes em termos científicos e as razões que as justificam.

## Resultados e discussão

Selecionamos para essa discussão o episódio denominado de “Questionamentos da advogada do grupo Gruso para as testemunhas do grupo Doravante: uma discussão sobre as condições para uma reação de eliminação”. Este episódio, que tem um tempo total de 05:08 minutos, é dividido em quatro sequências discursivas, identificadas sempre a partir de uma nova pergunta feita pela advogada.

Na *primeira sequência* (0:39-01:54), a Aluna 1 (Advogada) inicia seu discurso introduzindo e desenvolvendo a estória científica a partir de cinco condições que podem afetar as reações de eliminação como uma forma de avaliar/testar as testemunhas. Em seguida, a intenção da “advogada” é explorar a visão dos estudantes com uma iniciação de metaprocessos sobre alternativas de evitar o efeito de impedimento que o solvente da reação poderia causar

no ataque nucleofílico (turno 1). O Aluno 2 responde a pergunta explicando esse impedimento causado pelo solvente (resposta de metaprocessos – Rmpr), enquanto a Aluna 3 realiza uma síntese final definindo a solvólise como sendo uma reação de substituição que é um referente específico, finalizando essa sequência:

**1- Aluna 1 (Advogada):** A primeira pergunta. Sobre os cinco itens para poder avaliar vocês. O primeiro item é o substrato, nucleófilo, o efeito do solvente, o grupo abandonador e a temperatura. Em relação à solvólise que é o efeito do solvente. A solvólise é um fator limitante, pois o solvente impede que o nucleófilo ataque o substrato. O que poderia ter sido feito para evitar esse impedimento causado pelo solvente?

**2- Aluno 2:** (...) Pelo efeito de solvatação que o solvente provocou, no nosso caso como a nossa síntese é uma síntese de eliminação o efeito do solvente não vai interferir muito, por quê? Por que os critérios primordiais para a reação de eliminação é a base forte e no caso muito impedida no nosso caso extremamente volumosa e a temperatura também então são dois critérios. (Explicação)

**3- Aluna 3:** E outra coisa... (interrupção).

**4- Aluno 2:** Não sei se estou errada.

**5- Aluna 3:** E outra coisa a solvólise é uma substituição nucleofílica na qual o nucleófilo é uma molécula do solvente (Definição), como a água né... A gente não trabalhou com a água e sim com o álcool, então não entra.

A ideia de explorar a visão dos estudantes como uma iniciação de metaprocessos sobre a solvólise é uma estratégia enunciativa da “advogada” para confrontar o entendimento das “testemunhas” sobre os fatores que conduzem as reações de substituição nucleofílica ou eliminação a partir do mesmo substrato. Silva e Mortimer (2011) apontam que os professores utilizam bastante esse tipo de intenção, além de destacar que perguntas de metaprocessos favorecem a organização da discussão e permitem uma melhor percepção dos estudantes sobre o tema porque exigem reflexão e organização dos pensamentos para a formulação dos enunciados científicos.

Tais características são observadas nas falas dos alunos nos turnos 2 e 5, quando eles utilizam de operações epistêmicas no nível dos modelos e teorias, como explicação e definição, que culminam à construção do enunciado correto sobre o conceito de solvólise e seus efeitos nas reações de substituição nucleofílica.

Tanto na explicação como na definição os enunciados dos estudantes se apoiam em modelos a escala molecular e dimensão composicional/estrutural, pois utilizam de propriedades moleculares como tamanho (“*extremamente volumosa*”) e reatividade (“*base forte*” e “*nucleófilo é uma molécula de solvente*”). Para Talanquer (2011), reconhecer as

diferentes escalas de explicação é necessário para a aprendizagem porque permitem analisar melhor um dado sistema ou problema.

Os estudos de Jacobson e Wilensky (2006) apontam que o uso de modelos em diferentes escalas microscópicas favorece o entendimento dos conceitos científicos e diminuem as frequentes dificuldades de passar de uma escala para outra.

O padrão de interação da sequência se dá da seguinte forma: Impr - Rmpr - Si - Av – Sf. A iniciação da “advogada” pode ser identificada como uma estratégia reversa, ou seja, de questionar sobre um efeito de solvólise que preferencialmente ocorre em reações de substituição nucleofílica unimolecular ( $S_n1$ ) e não em reações de eliminação. Tal estratégia suscita aos estudantes “testemunhas” operações epistêmicas de explicação, definição e generalização.

A resposta de metaproceto no turno 2 evidencia a construção de ideias sobre o efeito de solvente nas reações, concluindo seu raciocínio que o solvente não seria um interferente para a reação de eliminação. Esse enunciado abarca uma abordagem conceitual do assunto (TALANQUER, 2011).

Para finalizar a sequência, uma estudante apresenta a síntese final trazendo a definição da solvólise com a intenção de encerrar o debate e esclarecer que as reações de solvólise equivalem para reações de substituição e não interferem nas reações de eliminação. Tais resultados diferem dos apontados por Silva e Mortimer (2010), porque a síntese final é realizada por uma estudante “testemunha” que não é o locutor.

Em termos de aprendizagem, esse enunciado final enfatiza a semelhança do comportamento estrutural/composicional de atuação reacional do solvente com os nucleófilos em geral, o qual Jensen (1998) discorre sendo o mais frequente entre os estudantes. No entanto, Talanquer (2011) salienta que é essencial reconhecer as demais dimensões do conhecimento químico (energia e tempo) para ajudar a ampliar a visão das ideias e dos conceitos a serem explorados e discutidos em sala de aula.

A *segunda sequência* (2:00-2:14) também se inicia com a intenção da “advogada” em explorar a visão dos estudantes sobre o solvente utilizado na reação. No entanto, esta iniciação é do tipo produto (Ip), provocando respostas dos estudantes com operações epistêmicas do tipo classificação (turno 7 e 8) e comparação (turno 9). A estrutura de padrão de interação é Ip - Rp - Rp - Av - Sf:

**6- Aluna 1 (Advogada):** Pois é (Conversa). Qual tipo de solvente vocês usaram?

7- Aluno 2: Neste caso aqui foi um solvente prótico realmente (interrupção).  
(Resposta de produto, Rp)

8- Aluna 3: Polar prótico. (Classificação)

9- Aluno 2: Isso... Realmente substituições (Avaliação). É... (Pausa) em substituições Sn2 de vocês “né” teria que ser aprótico. (Comparação)

Nesta sequência, a “advogada” incita que as testemunhas classifiquem o tipo de solvente utilizado, buscando confrontar as semelhanças e diferenças entre as reações de substituição e eliminação. O Aluno 2 classifica-o como sendo do tipo polar prótico e a Aluna 3 reafirma a classificação, mostrando a apropriação dos estudantes em relação às propriedades do solvente utilizado na reação.

No turno 9, o Aluno 2 faz uma comparação com a outra síntese apresentada no caso, indicando que em reações de substituições as condições de solvente são outras. Esse enunciado mostra o domínio conceitual sobre o tema, não deixando dúvidas para a “advogada” sobre as condições experimentais, pois a função de um solvente prótico polar é aumentar a velocidade de ionização do haleto de alquila em reações de substituição (Sn1), mas o uso de bases impedidas e volumosas inibe a substituição dando preferência para as reações de eliminação.

Assim, os enunciados dos estudantes mostram que o emprego de solvente não afeta muito a síntese de eliminação, mas que para o outro grupo é importante por se tratar de uma reação de substituição, confirmando assim o que foi dito na primeira sequência a respeito das características primordiais (base volumosa e impedida estericamente, assim como o efeito da temperatura) para a ocorrência de uma reação de eliminação (E2).

O que os estudantes exploram são a dimensão composição/estrutura, a escala molecular e a abordagem conceitual ao indicar a polaridade (“polar”) e a reatividade (“solvente prótico” e “aprótico”, capacidade de liberação de próton, atuar como ácido em solução) do solvente. Assim, os enunciados produzidos nessa sequência centram-se apenas no nível das experiências porque o conhecimento químico sobre o sistema químico ainda está nas ideias intuitivas dos estudantes e não em modelos explicativos dos porquês da polaridade e reatividade (TALANQUER, 2011).

A terceira sequência (02:33-03:39) apresenta um padrão de interações da seguinte forma: Ipr - Rpr (com uma Av da pergunta) - Si - Fb - Av - Ipr (feita por uma das testemunhas de acusação) - Rpr - Sf - Av - Sf. A “advogada” inicia introduzindo e desenvolvendo a estória científica sobre as reações de eliminação e em seguida, propõe o questionamento que busca explorar a visão dos estudantes sobre o efeito da temperatura (Iniciação de processo, Ipr). O

Aluno 2 responde que não concorda com o questionamento e então, exemplifica uma pergunta em sua visão mais adequada (Turno 10 e 11):

**10- Aluno 1 (Advogada):** Já que se trata de reação de eliminação. Como que vocês explicam ter usado uma (pausa) reação de eliminação necessita alta energia de ativação logo ela precisa de temperaturas altas. Porque usou uma temperatura baixa? (Ipr)

**11- Aluno 2:** Não, porque usou a temperatura baixa não acho que essa não seria a pergunta (Rpr). “Tipo assim”, (conversa) em relação ao rendimento a gente poderia, por que a temperatura baixa não favorece muito a eliminação (Av) (interrupção).

**12- Aluno 4:** Mas já que...

**13- Aluna 1 (Advogada):** O rendimento não foi tão ruim (Fd).

**14- Aluno 2:** 80% só, mais só quem sabe... Não favorece muito a eliminação (interrupção).

No turno 11, o Aluno 2 se mostra insatisfeito com a pergunta, pois quem questiona procura confundir as testemunhas sobre a reação em questão já que a reação foi feita em uma temperatura baixa (mesmo a temperatura alta sendo um fator primordial em reações de eliminação). Então, o Aluno 2 sugere outro questionamento reforçando a ideia que a temperatura influenciaria o rendimento da reação.

Nesse sentido, o aluno busca se esquivar do questionamento sobre o uso de temperatura baixa, conduzindo o assunto para outro caminho mais favorável. É possível perceber o propósito da “advogada” nesta iniciação em indagar sobre a temperatura baixa para desorientar as testemunhas, pois a temperatura é um dos critérios importantes para favorecer as reações de eliminação.

Em seguida, uma das “testemunhas de acusação” continua a sequência criando um problema entre duas condições: volume do nucleófilo e temperatura (turno 15). Após esta iniciação de processo, duas “testemunhas” respondem a pergunta explicando e destacando as condições que favoreceram a reação de eliminação (turnos 16, 17 e 19):

**15- Aluna 4:** Mas já que o nucleófilo era volumoso porque não utilizou a temperatura mais elevada para a reação ocorrer de forma... (Ipr)

**16- Aluno 2:** Por exemplo, mas como eu tenho aqui os critérios, o nucleófilo não vai interferir na reação de eliminação. A gente poderia falar da base mesmo. Se eu tenho uma base estericamente impedida, porque eu tenho uma base estericamente impedida, tenho o solvente que eu acho que não vai ser perigoso. Só que eu tenho uma temperatura baixa, talvez se tivesse aumentado à temperatura o meu rendimento seria maior. (Explicação e exemplificação)

**17- Aluno 5:** Porque tanto a temperatura como a base volumosa aumenta a velocidade da reação. (Generalização)

**19- Aluno 2:** E diminuiria a energia de ativação. (Explicação)

No turno 16, o estudante traz uma explicação apontando o volume da base como principal fator para justificar a reação de eliminação e destacando que a temperatura poderia melhorar o rendimento. Nessa discussão é possível observar a tentativa do aluno de enfatizar a falta de um dos critérios experimentais das reações de eliminação, a temperatura, buscando avaliar a questão do rendimento em termos da baixa temperatura. Em seguida, esse mesmo aluno rebate e defende a questão da base volumosa e estericamente impedida para favorecer a reação de eliminação, concluindo que a temperatura mais alta nesse caso aumentaria o rendimento da reação, mas não seria o fator principal.

Em geral, o aumento da temperatura é uma das condições para favorecer uma reação de eliminação em haleto de alquila, assim como utilizar uma base forte e volumosa. Assim, ambas as condições têm o potencial de aumentar a velocidade de reação e conseqüentemente diminuir a energia de ativação, favorecendo a reação de eliminação frente a reação de substituição.

O modelo explicativo para justificar a ocorrência da reação de eliminação na dimensão composicional/estrutural (propriedade de volume molecular, “*base estericamente impedida*”) parece ser a principal opção dos “estudantes testemunhas”. Mesmo a “advogada” provocando-os em relação ao efeito da temperatura, que enfoca a dimensão energética e conseqüentemente, outra forma de explicar o conceito, os estudantes deviam-se da pergunta e retomam o mesmo enunciado. É por isso que se faz necessário investir na exploração de ideias que promovam a compreensão das propriedades e processos químicos também nas dimensões de energia e tempo.

Nossos resultados convergem para a maioria das pesquisas e práticas da Educação Química, em que se tem colocado muita ênfase em estudar e desenvolver a capacidade dos alunos enfatizando a dimensão composição/estrutura (TALANQUER, 2011).

Já nos turnos 17 e 19, os estudantes destacam duas condições para aumentar a velocidade da reação e conseqüentemente diminuir a energia de ativação. Em termos químicos os enunciados dos estudantes estão corretos e evidenciam a transição entre o nível das experiências e o nível dos modelos e teorias, pois o aumento de temperatura favorece as reações de eliminação em haletos de alquila, desde que se emprega também uma base forte estericamente impedida, pois grupos volumosos inibem a reação por substituição.

Essa transição entre os diferentes níveis é defendida por diversos autores, pois se configura como a forma que o conhecimento químico é gerado, expresso, ensinado e comunicado (JOHNSTONE, 1982; GABEL, 1999; GILBERT; TREAGUST, 2009). Assim,

uma vez que os enunciados dos estudantes apontam para essa transição, pode-se afirmar que a aprendizagem está sendo significativa.

O que se percebe nessa sequência é uma tentativa da “advogada” em criar um problema em relação à temperatura utilizada na síntese. No entanto, as próprias testemunhas contornam a discussão trazendo novamente a questão para a base forte e impedida. Para as “testemunhas” não saírem da pergunta, a estratégia enunciativa da “advogada” é incitar a questão do rendimento para retomar a questão inicial. Somente nesse momento é que as interações são conduzidas para a influência da temperatura, que envolve a energia de ativação e a velocidade da reação.

Na *quarta sequência* (03:56 - 05:08), a “advogada” inicia-se com a criação de um problema confrontando as reações de substituição e eliminação em relação ao substrato utilizado. Para isso, faz uma iniciação de processo seguida de uma iniciação de escolha na tentativa de comparação entre ambas às reações. Tal estratégia enunciativa é semelhante a alguns resultados apresentados por Silva e Mortimer (2010), em que observaram a professora decompor as iniciações de processo em questões de escolha para um maior desenvolvimento de ideias com os alunos. A estrutura de interações dessa sequência se dá da seguinte forma: Ipr e Ie - Re - Rpr - Rmpr - Av e Impr - Rp - Si - Sf:

**20- Aluna 1 (Advogada):** Já que se trata de uma reação de eliminação, como vocês me explicam ter usado o haleto primário como substrato? Seu haleto primário favorece reações de substituições? (*Criando um problema*)

**21- Aluno 2:** Não! Não só substituição. Pode ser de substituição Sn2 e pode ser de eliminação E2. (*Re, comparação*).

**22- Aluna 3:** Mas também o volume estérico da base inibe a substituição ai favorece a eliminação. (*Rpr, explicação*)

**23- Aluno 2:** Por mais que eu tenha um substrato primário, qual é minha base que estão os fatores primordiais? A minha base é muito impedida e foi isso na verdade que levou o produto ser reagido por eliminação, assim o substrato aliás reagindo. (*Rmpr, explicação*)

**24- Aluna 1 (Advogada):** Aí a gente observa que o grupo abandonador foi favorável na reação de vocês. Por que o íon brometo se apresenta como um bom grupo abandonador? (*Impr, explorando a visão*)

**25- Aluna 5:** Por que ele é um halogênio. No ambiente eletronegativo os halogênios são bons grupos abandonadores (interrupção) (*Descrição*).

**26- Aluna 4:** Mas...

**27- Aluna 1 (Advogada):** Pronto só essas perguntas.

Nota-se que a iniciação em duas perguntas mais diretas às testemunhas busca maiores esclarecimentos sobre o substrato utilizado. Nas respostas, os estudantes discursam que o substrato pode favorecer tanto reações de substituição como de eliminação, justificando que

depende de outras condições. Novamente essa condição se pauta na base volumosa, sendo a principal estratégia enunciativa para se esquivar do questionamento.

Nos turnos 21, 22 e 23 se evidenciam uma comparação entre as reações de substituição e eliminação, sendo que o substrato utilizado nessa síntese é um haleto primário, que de acordo com o questionamento da “advogada” favorece uma reação de substituição. Visto que o substrato primário pode favorecer uma reação de substituição, é necessário se ter uma base impedida e forte para ocorrer preferencialmente uma reação de eliminação.

Os enunciados dos estudantes durante essa sequência mostram novamente uma transição entre o nível das experiências (inicia com a operação epistêmica *comparação*) e o nível dos modelos e teorias (*explicação*). Na comparação, os enunciados trazem uma escala molecular e uma dimensão estrutural sobre as propriedades do haleto de alquila usado como substrato (“*substrato primário*”) para relacionar os dois tipos de reação (“*Pode ser de substituição Sn2 e pode ser de eliminação E2*”). Para a explicação, os estudantes se apoiam novamente na questão no volume molecular da base (“*base é muito impedida*”) para afirmar que esse é o motivo da reação ser por eliminação e não por substituição, evidenciando a apropriação conceitual correta em relação às condições experimentais.

O nível das experiências e dos modelos e teorias são dois tipos claramente distintos de conhecimento. Driver et al. (1994) refletem que o principal foco em estudos sobre a aprendizagem Química deve se concentrar nessa transição, pois são as principais dificuldades enfrentados pelos estudantes.

No turno 24, a “advogada” avalia e classifica o grupo abandonador como favorável para a reação de eliminação e em seguida faz uma iniciação de metaprocessos com intuito de explorar a visão dos estudantes sobre o grupo abandonador. Para essa questão, um estudante dá uma resposta de metaprocessos descrevendo o porquê que o grupo abandonador é considerado favorável para a reação de eliminação, demonstrando a apropriação conceitual da importância de se ter um bom grupo abandonador.

Durante essa explicação, o enunciado se distancia da escala molecular frequentemente utilizada e avança para uma escala atômica, apoiando-se no conceito de eletronegatividade (“*No ambiente eletronegativo os halogênios são bons grupos abandonadores*”). De acordo com Jensen (1998), essa escala incide em analisar como se dá os componentes subatômicos, em particular a distribuição e dinâmica das interações elétricas envolvidas nas substâncias.

Percebe-se ao longo das interações que a principal estratégia enunciativa da “advogada” é levantar questões que mesclam as condições experimentais para as reações de substituição e eliminação, com a intenção de ora confundir os “alunos testemunhas” ora de

justificar algumas das condições utilizadas. Tais estratégias permitiram a condução da discussão dos principais conceitos químicos correlatos ao assunto, mostrando por vezes o domínio e apropriação conceitual dos estudantes participantes do debate.

O que se observa também é que a maioria dos fechamentos das sequências envolve uma síntese final (Sf) feita pelos estudantes “testemunhas”. Tais resultados se diferem dos encontrados por Silva e Mortimer (2007), pois é a professora, como locutora, que ao final de cada cadeia enunciativa apresenta a síntese final abordando as principais ideias que foram desenvolvidas propondo o enunciado final.

### **Considerações finais**

O uso do caso investigativo no método do debate íntimo propiciou padrões de interações entre estudantes-estudantes que se diferem das observadas em interações entre professor-estudante de outros trabalhos. Essa diferença é consequência das intenções da “aluna-advogada” que buscava sempre criar um problema entre as duas propostas de síntese ou explorar o conhecimento sobre as condições experimentais para ocorrer às reações de eliminação, não se importando em conduzir as ideias científicas.

Nesse sentido, os padrões de interação seguem uma sequência de Iniciação –Respostas – Síntese final. As respostas partem de diferentes estudantes que constroem enunciados corretos sobre o tema, evidenciando a apropriação conceitual por meio de operações epistêmicas tanto do nível das experiências (quando as iniciações são do tipo de produto ou escolha – perguntas que exigem menor desenvolvimento cognitivo) como no nível dos modelos e teorias (quando as iniciações são do tipo de processo ou metaprocessos – perguntas que exigem maior desenvolvimento cognitivo). Já as sínteses finais são sempre feitas por um determinado estudante para fechar o raciocínio e consolidar a resposta.

Observou-se também que os estudantes não construíram enunciados no nível das visualizações (operações epistêmicas de cálculo, fórmulas químicas e desenhos de partículas). Tais resultados estão relacionados com as estratégias enunciativas utilizadas pela “aluna-advogada”, mas, sobretudo, devido às estratégias enunciativas dos “alunos-testemunhas” que se concentraram basicamente na descrição e explicação em escala molecular e dimensão composicional/estrutural do efeito da base volumosa e impedida para justificar a reação de eliminação ocorrida.

Por fim, podemos perceber o potencial desse tipo de atividade em salas de aula de Ciências em dois aspectos: o caso investigativo possibilitou aos estudantes uma análise

reflexiva de uma situação problema; como a atividade envolvia um tema controverso, permitiu aos estudantes a criação de estratégias enunciativas para o debate. Essas duas características levaram a uma apropriação conceitual mais efetiva sobre as reações de eliminação e substituição, principalmente em relação às condições experimentais que favorecem uma ou outra reação. Portanto, vale destacar a necessidade de identificar e caracterizar as estratégias enunciativas entre estudantes-estudantes, pois podem contribuir para revelar como o conhecimento químico é apropriado pelos estudantes, permitindo ao professor avaliar o processo de aprendizagem a partir dos enunciados produzidos.

### Referências

- BAKHTIN, M. **Estética da criação verbal**. 2 ed. São Paulo, Brasil: Martins Fontes, 1997.
- DRIVER, R.; SQUIRES, A.; RUSHWORD, P.; WOOD-ROBINSON, V. **Making sense of secondary science: Research into children's ideas**. London: Routledge, 1994.
- GABEL, D. Improving teaching and learning through chemistry education research: A look to the future. **Journal of Chemical Education**, v. 76, n.4, p. 548-554, 1999.
- GILBERT, J. K.; TREAGUST, D. **Multiple representations in chemical education**. The Netherlands: Springer, 2009.
- HERREID, C. F. What is a case? **National Science Teachers Association**, v. 27, n. 2, p. 92-94, 1997.
- HERREID, C. F.; REI, K. Intimate debate technique: medicinal use of Marijuana. **National Science Teachers Association**, v. 36, n. 4, p. 10-13, 2007.
- HERREID, C. F. Trigger cases versus capstone cases. **Journal of College Science Teaching**, v. 38, n. 2, p. 68-70, 2008.
- JACOBSON, M. J.; WILENSKY, U. Complex systems in education: Scientific and educational importance and implications for the learning sciences. **Journal of the Learning Sciences**, v. 15, n.1, p. 11-34, 2006.
- JENSEN, W. B. Logic, history, and the chemistry textbook: I. Does chemistry have a logical structure? **Journal of Chemical Education**, v. 75, n. 6, p. 679-687, 1998.
- JOHNSTONE, A. H. Macro- and micro-chemistry. **School Science Review**, n. 64, p. 377-379, 1982.
- MAHAFFY, P. The future shape of chemistry education. **Chemistry Education: Research and Practice**, v. 5, n. 3, p. 229-245, 2004.
- MAHAFFY, P. Moving chemistry education into 3D: A tetrahedral metaphor for understanding chemistry. **Journal of Chemical Education**, v. 83, n. 1, p. 49-55, 2006.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002.

SÁ, L. P.; FRANCISCO, C. A.; QUEIROZ, S. L. Estudos de caso em química. **Química Nova**, v. 30, n. 3, p. 731-739, 2007.

SÁ, L. P.; QUEIROZ, S. L. Estudo de caso no ensino de química. **Revista Ensaio**, v. 12, n. 2, p. 277-280, 2010.

SCOTT, P. H. Teacher talk and meaning making in science classrooms: a Vygotskian analysis and review. **Studies in Science Education**, v. 32, n. 1, p. 45-80, 1998.

SILVA, A. C. T.; MORTIMER, E. F. Caracterizando estratégias enunciativas de uma aula de Química: uma análise sobre os gêneros do discurso. Parte 2 - Microanálise. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 6., 2007, Bauru, 2007. **Anais...** Bauru: ABRAPEC, 2007. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/autores0.html>>. Acesso em 24 set. 2017.

SILVA, A. C. T.; MORTIMER, E. F. Caracterizando estratégias enunciativas em uma sala de aula de química: aspectos teóricos e metodológicos em direção à configuração de um gênero do discurso. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 1, p. 121-153, 2010.

SILVA, A. C. T.; MORTIMER, E. F. As estratégias enunciativas de uma professora de química e o engajamento produtivo dos alunos em atividades investigativas. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 11, n. 2, p. 117-138, 2011.

SILVA, A. C. T.; MORTIMER, E. F. Contrastando professores de estilo diferentes: Uma análise das estratégias enunciativas desenvolvidas em salas de aulas de Química. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 13, p. 524-552, 2013.

TALANQUER, V. Macro, submicro, and symbolic: the many faces of the chemistry “triplet”. **International Journal of Science Education**, v. 33, n. 2, p. 179-195, 2011.

**Enviado em:** Outubro/2017

**Aceito em:** Março/2018

### Como referenciar este artigo:

SILVA, Lôany Gonçalves; FRANCISCO, Welington. Interações discursivas em uma aula de ensino superior de química: uma atividade de aprendizagem envolvendo caso investigativo. **EDUCA - Revista Multidisciplinar em Educação**, Porto Velho, v. 5, n° 10, p. 112 a 130, jan/abr, 2018. Disponível em: <<http://www.periodicos.unir.br/index.php/EDUCA/index>>. e-ISSN: 2359-2087.