

UM ESTUDO SOBRE A FALA PRIVADA EM UMA TAREFA MEDIADA POR UM INTERFERÔMETRO VIRTUAL DE MACH- ZEHNDER

A STUDY ON PRIVATE SPEECH IN A TASK MEDIATED BY A VIRTUAL MACH-ZEHNDER INTERFEROMETER

Alexsandro Pereira de Pereira¹
Fernanda Ostermann², Cláudio José de Holanda Cavalcanti³

¹Instituto de Física/ Doutorado em Ensino de Física / UFRGS, alexandro.pereira@ufrgs.br

²Instituto de Física / Departamento de Física / UFRGS, fernanda.ostermann@ufrgs.br

³Instituto de Física / Departamento de Física / UFRGS, claudio.cavalcanti@ufrgs.br

Resumo

O presente trabalho apresenta um estudo sobre a fala privada em uma tarefa conduzida por um grupo de graduandos em física e mediada por um interferômetro virtual de Mach-Zehnder. O objetivo desse estudo é verificar a ocorrência da fala privada entre adultos e analisar como esse recurso linguístico é utilizado em uma situação de resolução de problemas envolvendo conceitos de física quântica. Para avaliar como os estudantes se servem da linguagem, conforme eles progredem na tarefa, nós utilizamos como quadro metodológico uma técnica de análise do discurso pautada na abordagem sociocultural. Os resultados da análise do discurso mostraram que a fala privada observada nos diálogos surge da interação entre os estudantes e as ferramentas culturais (roteiro e *software*). Esse recurso linguístico foi utilizado no ordenamento da própria ação dos estudantes, assim como no planejamento de novas ações em direção à solução de problemas.

Palavras-chave: fala privada, ensino de física quântica, abordagem sociocultural.

Abstract

This paper presents a study on private speech in a task conducted by a group of undergraduated physics students and mediated by a virtual Mach-Zehnder interferometer. The aim of this study is to verify the occurrence of private speech among adults and to analyze how this mean of mediation is used in a solving-problem situation involving quantum physics concepts. To appreciate how the students use the language as they progress in the task, we use as a methodological framework an analysis of discourse based on the sociocultural approach. The outcomes showed that the private speech in dialogues came from the interaction between students and the cultural tools (guide and software). This mean of mediation has been used in the ordering of students' own actions, as well as in the planning of new actions in solving-problems situations.

Key-words: Private speech, quantum physics teaching, socio-cultural approach.

INTRODUÇÃO

Um dos aspectos mais relevantes da abordagem sociocultural é a ênfase dada ao papel desempenhado pela interação social no desenvolvimento das funções mentais humanas. Na tradição vygotskyana, afirma-se que as funções mentais superiores têm origem social; elas surgem inicialmente no plano interpsicológico (isto é, entre indivíduos) para só mais tarde aparecerem no interior do indivíduo. Essa transição das formas de operações externas em funções psicológicas internas é mediada por instrumentos e signos e possui uma estreita relação com a noção de zona de desenvolvimento proximal proposta por Vygotsky (1994).

Segundo Vygotsky, a zona de desenvolvimento proximal é “*a distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes.*” (p. 112). Esse conceito tem sido amplamente abordado no âmbito da pesquisa em Educação em Ciências, tendo como principais focos o papel desempenhado pela fala do professor na regulação do aluno (Mortimer e Scoot, 2002; Aguiar Jr. e Mortimer, 2005) e o papel desempenhado pela fala do aluno na regulação de colegas menos experientes (Rezende e Ostermann, 2006; Duarte e Rezende, 2008; Costa *et al.*, 2008; Pereira *et al.*, 2009b).

Segundo Wertsch (1999), um dos principais objetivos da abordagem sociocultural é explicar as relações existentes entre o funcionamento da mente humana e as situações culturais, institucionais e históricas nas quais esse funcionamento ocorre. No intuito de estabelecer a relação entre esses dois domínios, Wertsch propõe que a *ação mediada* seja adotada como unidade de análise na pesquisa sociocultural (Wertsch, 1993, 1998, 1999, 2005; Wertsch *et al.*, 1998; Cole e Wertsch, 1996). Partindo dessa perspectiva, uma das preocupações da abordagem sociocultural é tentar explicar como os indivíduos de uma determinada cultura se servem da linguagem (fala, escrita, gestos e outros meios de comunicação) para mediar sua atividade, seja no plano social através da fala comunicativa, seja no plano intrapsicológico através da fala interior (DiCamilla e Antón, 2004).

Vygotsky (1994) afirma que a fala interior representa o pensar para si próprio, conduzido na forma de uma fala silenciosa. Essa operação é inacessível à análise externa, estando ela limitada a outras formas de análise indireta. Vygotsky focou esse tema ao atacar o problema da relação entre pensamento e fala. Ele propôs uma teoria baseada na existência de três formas distintas de linguagem: a fala exterior (comunicativa), a fala egocêntrica¹ (privada) e a fala interior. Ao invés de encarar a fala privada na criança como um evento temporário, como fez Piaget, Vygotsky sugeriu que esse fenômeno representasse uma nova capacidade funcional: a auto-regulação (Wertsch, 2008). Assim, Vygotsky descreve a história do desenvolvimento da criança em termos de processos de ‘internalização’ no qual a fala comunicativa é transformada em fala privada e posteriormente em fala interna (Jones, 2009).

Na perspectiva sociocultural, a fala privada desempenha um papel central no desenvolvimento das funções mentais superiores. Seus estudos partem do pressuposto de que ela emerge da fala social e tem uma função cognitiva (Wertsch, 1979). Conforme DiCamilla e Antón (2004) apontam, a maioria dos estudos sobre a fala privada tem focado sua atenção na fala de crianças, não reconhecendo a freqüente ocorrência desse fenômeno entre adultos. De acordo com Soskin e John (1963), dada a situação adequada e a circunstância adequada, os adultos apresentam uma quantidade apreciável de fala

¹ Utilizaremos aqui o termo ‘fala privada’ por ser mais usual na literatura.

privada. Esta é uma das premissas a ser explorada em nosso estudo.

O presente trabalho apresenta um estudo sobre a fala privada no ensino de ciências. Nossa pesquisa foi conduzida a partir de uma tarefa realizada por um grupo de graduandos em física, mediada por um interferômetro virtual de Mach-Zehnder. O objetivo desse estudo é verificar a ocorrência da fala privada entre adultos e analisar o uso que os estudantes fazem desse recurso lingüístico ao enfrentar uma situação de resolução de problemas envolvendo conceitos de física quântica. Na primeira parte desse trabalho, esboçaremos alguns aspectos relevantes da teoria de Vygotsky sobre a origem e a função da fala privada no desenvolvimento das funções mentais superiores. Na segunda parte, apresentaremos dois episódios em que o fenômeno da fala privada é facilmente identificado. Para avaliar como os estudantes se servem da linguagem, conforme eles progridem na tarefa, utilizamos, como quadro metodológico, uma técnica de análise do discurso pautada na filosofia da linguagem de Bakhtin² (2006). Cabe ressaltar que alguns resultados apresentados no presente trabalho fazem parte de um estudo mais amplo que investiga o ensino de física quântica na formação inicial de professores de Física (Pereira, 2008; Pereira *et al.*, 2009a, 2009b).

A FALA PRIVADA NA TRADIÇÃO VYGOTSKYANA

Interessado em estabelecer a natureza psicológica específica da fala, Vygotsky e seus colaboradores empreenderam um estudo sobre a fala interior e a sua relação com o pensamento (Vygotsky, 1987, 1994). Segundo Vygotsky, os estudos sobre a inteligência prática em animais, bem como em seres humanos, e os estudos sobre o desenvolvimento da fala na criança foram, em seu tempo, conduzidos de forma paralela, sem que os teóricos de sua época reconhecessem a relação intrínseca entre essas duas funções. Conforme advertiu Vygotsky (1994), essa desarticulação entre esses dois campos de estudos teve como consequência a criação do conceito de ‘fala egocêntrica’ proposta por Piaget.

Fazendo uso de uma analogia com a revolução copernicana, Piaget (1973) afirmou que a criança na primeira infância³ reage às relações sociais e ao pensamento em formação com um egocentrismo herdado da fase lactante⁴, período em que o bebê, inconsciente de si mesmo, se coloca no centro da realidade. Na história do desenvolvimento da criança, o pensamento egocêntrico, segundo Piaget (1989), é uma forma intermediária entre o pensamento autístico e o pensamento dirigido. Assim, ao analisar o surgimento da linguagem na criança, Piaget sugeriu que toda fala extraída delas pode ser categorizada em dois grandes grupos: a fala egocêntrica (privada), isto é, a fala dirigida para si mesmo, e a fala socializada (comunicativa), dirigida para o outro. Em presença de outras crianças, a fala privada, em contraste com a comunicativa, toma a forma de um monólogo coletivo – a criança fala em voz alta para si diante dos outros. Para ilustrarmos o tipo de fenômeno que Piaget tinha em mente, tomaremos emprestado um exemplo proposto por Vygotsky:

Estou sentado à minha escrivaninha, conversando com uma pessoa que está atrás de mim, sendo-me impossível vê-la; essa pessoa sai da sala sem que eu perceba, e continuo a falar, na ilusão de ainda estar sendo ouvido e compreendido. Externamente, estou falando comigo e para mim mesmo, mas psicologicamente, minha fala é social. Do ponto de vista de Piaget, acontece o contrário na criança: a sua fala egocêntrica é uma fala de si para si mesma, só aparentemente é social, da mesma forma que minha fala dera a falsa impressão

² Assumiremos aqui que a obra ‘Marxismo e filosofia da linguagem’ é de autoria de Bakhtin.

³ A primeira infância é o período que se estende dos dois aos sete anos de idade na criança.

⁴ A fase lactante corresponde ao período entre o nascimento e os dois anos de idade na criança.

de ser egocêntrica. (Vygotsky, 1987; p. 119).

Esse comportamento, tipicamente observado em crianças pré-escolares, foi abordado por Vygotsky a partir de uma perspectiva bastante distinta daquela proposta por Piaget. Embora ambos teóricos concordassem quanto à existência e à estrutura da fala privada, como podemos observar no exemplo citado acima, o mesmo não ocorre com relação à sua função. Para Piaget, a fala privada não desempenhava nenhuma função psicológica específica no desenvolvimento da criança. Ela apenas reflete o seu pensamento egocêntrico, extinguindo-se gradualmente na medida em que a criança vai se socializando e, com isso, objetivando sua realidade. Vygotsky, ao contrário, atribui à fala privada uma função auto-reguladora, processo de fundamental importância na organização da atividade da criança.

Para exemplificarmos o que Vygotsky tinha em mente ao atacar o problema da fala privada, consideremos o *experimento do doce no armário* conduzido por Levina (Vygotsky, 1994), um de seus colaboradores. O experimento consistiu na observação do comportamento de crianças entre quatro a cinco anos de idade ao realizar a seguinte tarefa: a criança era solicitada a tentar pegar um doce que estava guardado em cima de um armário, fora do seu alcance direto. Para auxiliá-la, Levina disponibilizou em seu laboratório uma vara e alguns bancos. Após cuidadosas observações, foi possível verificar que quanto mais a criança se envolvia na atividade, mais a fala privada surgia como parte do seu esforço em realizar a tarefa. Inicialmente, a fala da criança era utilizada para descrever e analisar a situação, transformando-se pouco a pouco em um mecanismo de planejamento:

(parada ao lado de um banco, olhando e, com a vara, tentando sentir algo sobre o armário) “Subir no banco.” (Olha para o experimentador, muda a vara de mão.) “Aquilo é mesmo um doce?” (Hesita.) “Eu posso pegá-lo com aquele outro banco, subo e pego.” (Pega o outro banco.) “Não, não dá. Eu poderia usar a vara.” (Pega a vara e esbarra o doce.) “Ele vai se mexer agora.” (Acerta o doce.) “Moveu-se, eu não consigo pegá-lo com o banco, mas a vara funcionou.” (Vygotsky, 1994; p. 34).

A partir dessas observações, Vygotsky pode extrair dois resultados importantes: (1) “*As crianças não ficam simplesmente falando o que estão fazendo; sua fala e ação fazem parte de uma mesma função psicológica complexa, dirigida para a solução do problema em questão*”; (2) “*Quanto mais complexa a ação exigida pela situação e menos direta for a solução, maior a importância que a fala adquire na operação como um todo.*” (p. 34).

Além desse estudo, Vygotsky (1987) e seus colaboradores conduziram uma série de outros experimentos em condições similares àqueles realizados por Piaget, porém com algumas dificuldades adicionais. Foi possível verificar que a fala privada é, antes de qualquer coisa, uma tentativa da criança de contornar as dificuldades impostas pela situação. Assim, Vygotsky pode refutar algumas implicações práticas derivadas da teoria de Piaget, a saber: (1) o aumento da quantidade de fala privada na ausência de outras crianças; (2) o aumento da quantidade de fala privada ao destruir a ilusão da criança de estar sendo compreendida; (3) o aumento da quantidade de fala privada ao impedir a criança de falar em voz alta. O argumento de Vygotsky baseia-se no fato de que se a fala privada na criança é o reflexo do seu pensamento egocêntrico, conforme afirma Piaget, então qualquer tentativa de privá-la de se socializar com outras pessoas deverá inibir seu processo de descentralização e objetivação da realidade, resultando em um aumento expressivo da quantidade de fala privada.

Após observar a ocorrência de fala privada em crianças brincando em presença

de outras (situação que permite o monólogo coletivo), Vygotsky comparou o resultado com situações em que a criança se encontrava junto de crianças estranhas, sozinha em uma mesa no canto da sala ou completamente só, sem a presença do experimentador. Em outra experiência, para desfazer a ilusão das crianças de estarem sendo compreendidas, Vygotsky as colocou juntas de crianças surdas-mudas ou de crianças estrangeiras. Em um terceiro experimento, Vygotsky proibiu as crianças de falarem em voz alta, permitindo apenas que sussurrassem. Em uma versão alternativa desse mesmo experimento, as crianças foram colocadas ao lado de uma sala onde uma orquestra tocava tão alto que abafou completamente o volume de suas vozes. Em todos os casos, a quantidade relativa de fala privada reduziu-se consideravelmente em relação aos experimentos conduzidos em situações similares àquelas estudadas por Piaget. Em um desses experimentos em particular, o coeficiente de fala privada reduziu-se à zero na maioria dos casos, reduzindo-se à oitava parte nos demais.

Outro resultado importante foi obtido por Vygotsky quando comparou a quantidade de fala privada em crianças de diferentes idades. Diferentemente das crianças pré-escolares, as crianças em idade escolar frequentemente analisavam a situação em silêncio antes de encontrar a solução do problema. Quando questionadas sobre o que estavam pensando, no entanto, suas respostas se assemelhavam em muito às falas privadas observadas em crianças pré-escolares. Esse resultado sugere que as mesmas operações mentais realizadas pelas crianças pré-escolares, por meio da fala privada, são utilizadas internamente em crianças de idade escolar, ocorrendo na forma de fala interior silenciosa. O fato de elas recorrerem ora à fala privada ora à reflexão silenciosa indica que ambas as operações são equivalentes. Vygotsky concluiu que a fala privada observada na criança representa um estágio transitório no processo de internalização da fala comunicativa em fala interior.

A fala interior em adultos, por outro lado, representa o pensar para si próprio e desempenha a mesma função que a fala privada desempenha na criança (Vygotsky, 1987). Em outras palavras, a fala interior é a fala privada silenciosa, já interiorizada, utilizada como mecanismo de auto-regulação. Os adultos utilizam a fala interior para organizar a própria ação da mesma maneira que utilizam a fala exterior (comunicativa) para organizar a ação de outros indivíduos. Partindo dessa perspectiva, nos deparamos com a seguinte questão metodológica: como estudar os processos intrapsicológicos utilizados por adultos na realização de uma tarefa? Como já observamos na seção anterior, a fala interior é, por definição, inacessível à análise externa.

Vygotsky (1989) sinaliza que o estudo de um processo interno só é possível quando o externalizamos experimentalmente. É nesse sentido que buscamos focar nossa atenção no fenômeno da fala privada. Sustentamos a asserção de que a fala privada em adultos consiste na externalização momentânea da fala interior. Partimos da hipótese de que sua emergência, embora menos frequente do que entre crianças, se deve a fatores específicos da situação social mais imediata enfrentada pelo indivíduo. Esperamos com isso obter alguns indícios sobre as circunstâncias em que a fala privada surge entre adultos e o uso que os indivíduos fazem dela ao enfrentar uma determinada situação.

DOIS EXEMPLOS DO USO DA FALA PRIVADA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Em setembro de 2007, uma turma da sétima etapa do curso de Licenciatura em Física foi submetida a uma atividade didática centrada na exploração de *software* (Ostermann *et al.*, 2006; Pereira *et al.*, 2009c) que simula uma bancada virtual do interferômetro de Mach-Zehnder. O objetivo dessa atividade era estudar o fenômeno de interferometria quântica segundo a abordagem conceitual proposta por Pessoa Jr.

(2005). A tarefa consistiu em montar o interferômetro de Mach-Zehnder em diferentes configurações e comparar os resultados obtidos em ambos os modos de operação (regime clássico e regime quântico). Essa atividade, conduzida em um laboratório de informática, foi desenvolvida ao longo de dois encontros, totalizando uma carga horária de quatro horas-aula. Os onze estudantes presentes na atividade foram separados em cinco grupos (quatro duplas e um trio) e receberam um pequeno roteiro desenvolvido para guiá-los na tarefa. Cada grupo dispôs de um microcomputador com os seguintes recursos instalados: o interferômetro virtual de Mach-Zehnder, um microfone e um gravador de som.

Os diálogos entre os estudantes foram registrados em áudio e posteriormente transcritos para análise. Os resultados da análise do discurso não serão discutidos nesse artigo (para maiores detalhes, ver Pereira *et al.*, 2009b). Ao invés disso, apresentaremos (por questão de falta de espaço) dois exemplos de ocorrência de fala privada entre adultos na tentativa de obter algumas evidências sobre o uso que os estudantes fazem desse recurso linguístico na realização da tarefa proposta.

Nos episódios apresentados a seguir, as frases em *itálico* representam leituras em voz alta. As frases em **negrito** representam os enunciados que acreditamos serem exemplos de fala privada. É possível obter uma superposição desses dois casos, como será mostrado a seguir. Os três pontos (...) no meio das frases representam uma pequena pausa por parte do locutor. Os erros de português e as ocorrências de linguagem coloquial foram mantidos para preservar o contexto e a autenticidade dos enunciados.

Episódio 1.

Ao trabalhar no item sete do roteiro, Leandro e Paulo (nomes fictícios) retiraram o segundo espelho semi-refletor do interferômetro e colocaram três filtros polaróides orientados, respectivamente, a 90, 45 e 90 graus com relação à horizontal, conforme mostra a figura 1. A fonte é ajustada para emitir um feixe de *laser* polarizado na direção horizontal. Os estudantes identificaram um *bug* de programação na simulação. Segundo a montagem descrita acima, um feixe luminoso de baixa intensidade deveria estar projetado no anteparo 1 (mais à esquerda) devido à orientação do filtro polaróide 2 (mais à direita).

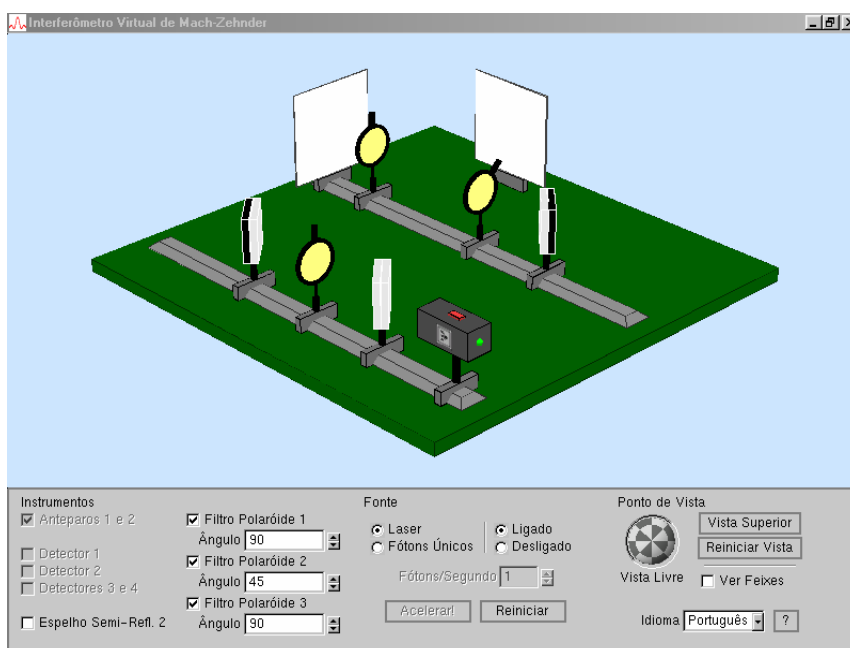


Figura 1. Bug de programação na simulação do interferômetro.

- (01) Leandro: Bom, vamos pra 7. **Bota o polaróide 3. Bota... opa! Aqui tá...?** Quanto era pra botar aqui? **Aqui era 45, né?** Aqui eu boto quanto? 90? E é nós! E morre tudo lá... Sim! Mas esse é outro bug, né?
- (02) Paulo: Deixa eu ver... Tu tá fazendo o 3 ali?
- (03) Leandro: Sim. Aqui ele ia matar a metade, né? Mas daí ele ia tá polarizado nesse sentido aqui, não é? Depois de passar por esse polaróide.
- (04) Paulo: Éhhh...
- (05) Leandro: Ia tá assim, né?
- (06) Paulo: Hu, hum.
- (07) Leandro: Aí, ele ia chegar aqui... Assim... E ia passar a metade lá. Então aqui tinha que passar... Metade da metade? É isso? É isso? Metade passa aqui e metade passa aqui.

Uma rápida análise do diálogo acima revela diversos aspectos da dinâmica estabelecida pela dupla na realização da tarefa. Podemos observar que Leandro assume para si a função do parceiro mais capaz, no sentido de se responsabilizar pelas asserções explicativas. Sua primeira explicação (fala 03) organiza o pensamento do Paulo, conduzindo-o até a compreensão do problema de programação do *software*, evidenciado pelo enunciado [Éhhh...] (fala 04). Nesse contexto, 'Éhhh...' significa o mesmo que 'Ah, claro. Agora eu entendi!'. É curioso notar que a estratégia adotada por Leandro na regulação da ação do Paulo não se limita apenas ao uso de argumentos lógicos expressos através da fala; muito de sua comunicação se manifesta através de gestos. As palavras 'nesse sentido' (fala 03) e 'assim' (fala 07) sinalizam um movimento com as mãos, desenhando no ar a direção de oscilação do vetor campo elétrico.

Vejamos agora os primeiros enunciados do diálogo (fala 01) de maneira mais cuidadosa e detalhada. A frase [Bom, vamos pra 7.], emitida por Leandro, parece desempenhar a função de antecipar sua ação ao colega. Essa afirmação parece correta quando analisamos o enunciado [Aqui eu boto quanto? 90?]. Nessa pergunta, dirigida para Paulo, a palavra 'eu' sinaliza que é o Leandro quem está controlando o *software*. Assim, podemos supor que cabe a ele a função de determinar o ritmo da atividade, planejando e antecipando novas ações. Vejamos agora a seguinte frase: [Bota o polaróide 3.]. Para quem se dirige esse enunciado? Para Paulo? Provavelmente não (se o Leandro é quem controla o interferômetro, como poderia Paulo 'botar o polaróide 3'?). Externamente, esse enunciado dá a falsa impressão de ser uma fala social. Psicologicamente, no entanto, trata-se de uma fala privada, utilizada como um meio de auto-regulação. É difícil determinar qual seria a função específica dessa fala na organização da ação do Leandro. O contexto sugere que ele utiliza a própria fala para frisar cada ação descrita no roteiro, evitando assim o 'atropelamento' de algumas etapas.

O enunciado [Bota... opa!] pode ser considerada uma fala privada pela mesma razão atribuída ao enunciado analisado anteriormente. Sua função, nesse caso, é chamar a própria atenção para um procedimento inadequado na operação do *software*. Nesse contexto, 'opa' significa o mesmo que 'espera um pouquinho. Eu cliquei o botão errado'.

A seqüência de enunciados emitidos por Leandro sugere que a frase [Aqui tá...?] seja igualmente caracterizada como fala privada. Apesar de sinalizar uma dúvida de Leandro com relação à orientação dos filtros polaróides no interferômetro, essa fala é orientada internamente e parece ter a função de ordenar as novas informações recém extraídas do enunciado do roteiro (nesse caso, os ângulos de polarização).

Vejamos agora as frases [Quanto era pra botar aqui?] e [Aqui era 45, né?]. Esses enunciados guardam entre si uma semelhança funcional; ambos são orientados externamente e sinalizando uma dúvida de Leandro. É possível, no entanto, identificar uma diferença fundamental entre esses enunciados. Enquanto o primeiro gera no

ouvinte uma expectativa de resposta, o segundo enunciado gera uma simples tendência à confirmação. Isso significa que no momento que Leandro emite o primeiro enunciado, ele desconhecia (ou não lembrava) a orientação a ser ajustada no filtro polaróide 2. Ao emitir o segundo enunciado, no entanto, Leandro parece já ter uma boa idéia do valor que ele deveria utilizar. Apesar da pergunta ‘quanto era pra botar aqui?’, Leandro não espera pela resposta. Ele mesmo responde e segue com a atividade mesmo sem a participação do colega. Este comportamento caracteriza o diálogo de Leandro consigo mesmo, manifestado através de um monólogo coletivo. Nesse processo, ele se serve da própria fala para conduzir seu pensamento em direção à solução do problema em questão.

Episódio 2.

Analisemos agora um segundo exemplo do uso de fala privada entre adultos, vivenciado por uma outra dupla de estudantes. Para estudar o experimento em regime quântico, César e Rogério (nomes fictícios) selecionaram na fonte a opção ‘fótons únicos’ e substituíram os anteparos por detectores de fótons, conforme mostra a figura 2. Os estudantes identificaram o fenômeno de interferência quântica utilizando uma analogia com a óptica ondulatória.

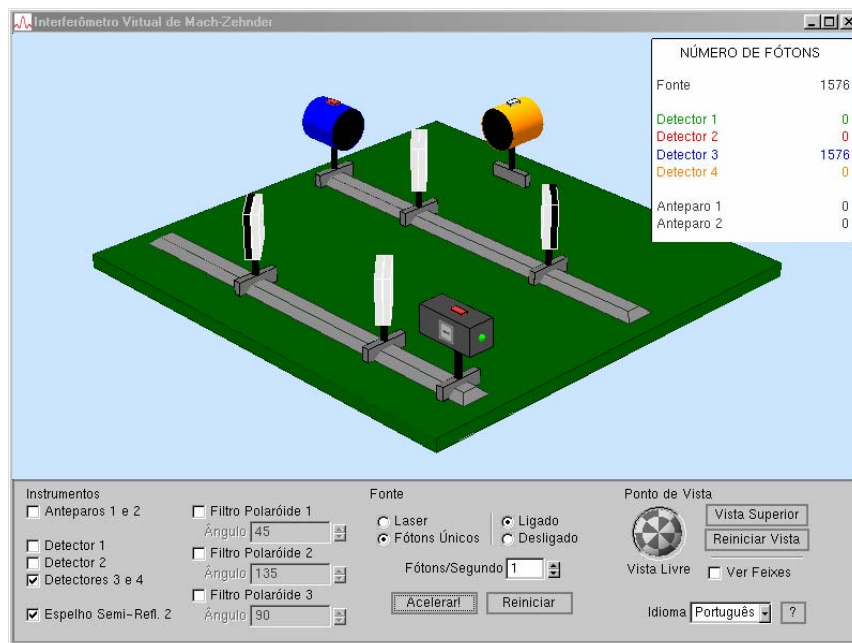


Figura 2. Interferência em regime quântico.

- (01) Rogério: **Só aparece um deles. Detector 3 só o que é refletido.** Ah, claro. O padrão de interferência. Se ele vier no centro, aqui não era aonde tinha a...
- (02) César: A construtiva?
- (03) Rogério: Construtiva. Aonde tinha um centro iluminado. Aonde tava chegando os fótons. Então aqui eu esperaria realmente ter os fótons.
- (04) César: É um fóton de cada vez, né?
- (05) Rogério: É um fóton de cada vez.
- (06) César: Ele não pode se dividir!

Uma rápida análise do diálogo acima nos mostra que Rogério tenta exercer a função de parceiro mais capaz. Suas explicações (falas 01 e 03) são dirigidas a César no intuito de conduzi-lo à compreensão do fenômeno observado no interferômetro. É interessante notar que a pergunta [É um fóton de cada vez, né?], emitida por César,

orienta o pensamento de Rogério em uma nova direção, preparando o contexto para a introdução de um novo argumento ('Ele não pode se dividir! '). Esse diálogo explora tanto os aspectos corpusculares como os aspectos ondulatórios do fenômeno, aproximando os estudantes daquilo que Feynman *et al.* (1963) afirmaram ser 'o grande mistério da física quântica'.

Vejamos agora, com maior cuidado, o enunciado [Só aparece um deles.] emitido por Rogério. Externamente, a fala de Rogério é dirigida para César, da mesma forma que o enunciado [Detector 3 só o que é refletido]. A palavra 'refletido', nesse enunciado, é bastante inadequada para o problema em questão, mas podemos inferir pelo contexto que, nessa frase, ela significa o mesmo que 'acionado'. Analisando agora o enunciado [Ah, claro. O padrão de interferência.], podemos perceber que Rogério se vale da própria fala para organizar seu pensamento em direção à solução do problema. Isto significa que, psicologicamente, os enunciados emitidos anteriormente eram, na verdade, internamente orientados. Trata-se, portanto, de uma nova ocorrência de fala privada. Tendo isso em vista, podemos perceber, nos primeiros enunciados, duas características que não estavam visíveis à primeira análise. A primeira delas é a natureza abreviada dos enunciados. Se esses enunciados fossem orientados externamente, sua abreviação dificultaria a comunicação entre o locutor e o ouvinte. A frase 'Só aparece um deles' poderia, em um processo de comunicação, ser substituída pela fala 'Os fótons só aparecem em um dos detectores', da mesma maneira que a frase 'Detector 3 só o que é refletido' poderia ser substituída por 'Somente o detector três é acionado'. A segunda característica é o fato de que esses dois enunciados são utilizados para descrever e analisar o fenômeno observado no interferômetro. Essa função específica atribuída à fala privada foi observada por Vygotsky em seus estudos com crianças pré-escolares. É interessante notar que essa operação poderia ter sido realizada mediante o emprego da fala interior silenciosa. É provável que a presença de César tenha feito com que Rogério externalizasse seu pensamento no intuito de manter o diálogo em andamento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho, apresentamos, de forma breve, um estudo sobre o fenômeno da fala privada entre adultos em uma tarefa conduzida por um grupo de graduandos em física e mediada por um interferômetro virtual de Mach-Zehnder. Inicialmente, esboçamos alguns aspectos relevantes da teoria de Vygotsky sobre o fenômeno da fala privada em crianças e o papel desempenhado pela mesma no desenvolvimento das funções mentais superiores. A seguir, apresentamos dois episódios em que o fenômeno da fala privada é facilmente identificável e analisamos o uso que os estudantes fazem desse recurso lingüístico na realização da tarefa proposta.

Os resultados preliminares de nossa análise mostraram que a fala privada emerge basicamente de duas situações específicas: (1) da interação do estudante com o roteiro de atividades, freqüentemente durante a leitura dos enunciados em voz alta; (2) da interação do estudante com o *software*, especialmente quando o resultado do experimento mostra-se contra-intuitivo para o aluno. Durante a interação do estudante com o roteiro, a fala privada parece regular a ação do aluno de modo a ordenar sua atividade. Frases conjugadas no imperativo tais como "faça isso" ou "faça aquilo" são lidas uma a uma em voz alta, na tentativa de ordenar sua ação e garantir que todas as etapas descritas no enunciado sejam concluídas. Na interação do estudante com o *software*, a fala privada toma a forma de um sinalizador para indicar a realização de um procedimento inadequado, tal como a seleção de uma opção errada no painel de controle do interferômetro virtual. Nos momentos mais difíceis da atividade, no entanto, a fala

privada serviu também na descrição e análise da situação enfrentada pelo estudante. Essa operação permite que o estudante planeje sua ação na direção da solução do problema. Esses casos são facilmente identificados em situações em que o estudante responde suas próprias perguntas, como vimos na seção anterior.

Muitas das operações realizadas pelos estudantes na forma de fala privada poderiam ser conduzidas na forma de uma fala interior silenciosa. Nos estudos conduzidos por Vygotsky, a criança recorre à fala privada na medida em que é privada de interagir com um adulto. Em nossos estudos, a situação parece ser contrária. Levando em conta o fato de que os adultos já interiorizaram as diferentes formas de fala comunicativa em fala interior, a externalização desse modo de auto-regulação parece ser devida à presença de um outro indivíduo na realização da atividade. Apesar de ser internamente dirigida, a fala privada mantém a dinâmica do diálogo, dando a falsa impressão de ser uma fala social.

Os resultados encontrados em nosso estudo mostram a relevância das atividades em grupo no âmbito da pesquisa em Educação em Ciências. A construção colaborativa de significados possibilita o uso de certos recursos lingüísticos que nem sempre estão presentes no trabalho individual. Além de explorar alguns aspectos gerais do contexto social em que os sujeitos estão imersos, a atividade em grupo nos possibilita, através do estudo da fala privada, acessar algumas áreas do pensamento humano que se mantêm escondidas no interior do indivíduo durante a realização de uma tarefa.

REFERÊNCIAS

AGUIR Jr., O. G.; MORTIMER, E. F. Tomada de consciência de conflitos: análise da atividade discursiva em uma aula de ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 179-207, dez. 2005.

BAKHTIN, M. M. *Marxismo e filosofia da linguagem: problemas fundamentais do método sociológico na ciência da linguagem*. 12 ed. São Paulo: Hucitec, 2006. 203 p.

COLE, M.; WERTSCH, J. V. Beyond the individual-social antinomy in discussions of Piaget and Vygotsky. *Human Development*, Berkley, v. 39, n. 5, p. 250-256, Set-Oct, 1996.

COSTA, A. R.; J. P. OLIVEIRA; J. M. ALVES. Analisando a construção de explicações individuais e coletivas em aulas sobre ligações iônicas, na 8ª série. *Revista Electrónica de Enseñanza de la Ciencia*, Vigo, v. 7, n. 1, 2008. Disponível em: <www.saum.uvigo.es/reec>. Acesso em: 20 abr. 2009.

DICAMILLA, F. J.; ANTÓN, M. Private speech: a study of language for thought in the collaborative interaction of language learners. *International Journal of Applied Linguistics*, Leuven, v. 14, n. 1, p. 36-69, Jan. 2004.

DUARTE, M.; F. REZENDE. Construção discursiva na interação colaborativa de estudantes com um sistema hipermídia de Biomecânica. *Revista Electrónica de Enseñanza de la Ciencia*, Vigo, v. 7, n. 2, 2008. Disponível em: <www.saum.uvigo.es/reec>. Acesso em: 05 abr. 2009.

FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. *The Feynman lectures on Physics*. New York: Addison-Wesley, 1963. 3v.

JONES, P. E. From 'external speech' to 'inner speech' in Vygotsky: A critical appraisal and fresh perspectives. *Language & Communication*, Oxford, v. 29, n. 2, p. 166-181, Apr. 2009.

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*, Porto Alegre, v. 7, n. 3, p. 1-12, set. 2002.

OSTERMANN, F.; PRADO, S. D.; RICCI, T. S. F. Desenvolvimento de um Software para o Ensino de Fundamentos de Física Quântica. *A Física na Escola*, v. 7, n. 1, p. 22-25, maio, 2006.

PEREIRA, A. P. Fundamentos de física quântica na formação de professores: uma análise de interações discursivas em atividades centradas no uso de um interferômetro virtual de Mach-Zehnder. Porto Alegre, 2008. Dissertação (Mestrado).

PEREIRA, A. P.; CAVALCANTI, C. J. H.; OSTERMANN, F. Concepções relativas à dualidade onda-partícula: uma investigação na formação de professores de Física. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 8, n.1, p.72-92, 2009a.

PEREIRA, A. P.; OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. H. Investigando o ensino de física quântica na perspectiva sociocultural: uma análise de um debate entre futuros professores mediado por um interferômetro virtual de Mach-Zehnder. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 8, n. 2, p.1-23, 2009b.

PEREIRA, A. P.; OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. H. On the use of a virtual Mach-Zehnder interferometer in the teaching of quantum mechanics. *Physics Education*, v. 44, n. 3, p. 1-14, 2009c.

PESSOA Jr., O. *Conceitos de física quântica*. 2. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2005. 200 p.

PIAGET, J. *Seis estudos de psicologia*. 6. Ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1973. 143 p.

PIAGET, J. *A linguagem e o pensamento da criança*. 5. Ed. São Paulo: Martins Fontes, 1989. 212 p.

REZENDE, F.; OSTERMANN, F. Interações discursivas on-line sobre Epistemologia entre professores de Física: uma análise pautada em princípios do referencial sociocultural. *Revista Electrónica de Enseñanza de la Ciencia*, Vigo, v. 5, n. 3, 2006. Disponível em: <www.saum.uvigo.es/reec>. Acesso em: 02 mar. 2009.

SOSKIN, W. F.; JOH, V. The study on spontaneous talk. In: Barber, G (Org.). *The stream of behavior: explorations of its structure and content*. New York: MIT Press, 1963. p. 97-144.

VYGOTSKY, L. S. *Pensamento e linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 1987. 135 p.

VYGOTSKY, L. S. *A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores*. 5. Ed. São Paulo: Martins Fontes, 1994. 191 p.

WERTSCH, J. V. *Voces de la mente: un enfoque sociocultural para el estudio de la acción mediada*. Madrid: Visor Distribuciones, 1993. 185 p.

WERTSCH, J. V. *Inner speech revisited*. Chicago: Central for Psychological Studies, 1997. (ERIC Document Reproduction Service No ED 139 500). Disponível em: <www.eric.ed.gov>. Acesso em: 10 mar. 2009.

WERTSCH, J. V. A necessidade da ação na pesquisa sociocultural. In: WERTSCH, J. V.; DEL RIO, P.; ALVAREZ, A. (Org.). *Estudos socioculturais da mente*. Porto Alegre: Artmed, 1998. p. 57-71.

WERTSCH, J. V. *La mente en acción*. Buenos Aires: Aiqué, 1999. 304 p.

WERTSCH, J. V. Cole's 'Cross-Cultural and historical perspectives on the developmental consequences of education'. *Human Development*, Berkeley, v. 48, n. 4, p. 223-226, July-Aug. 2005.

WERTSCH, J. V. From social interaction to higher psychological processes: a clarification and application of Vygotsky's Theory. *Human Development*, Berkeley, v. 51, n.1, p. 66-79, Feb. 2008.

WERTSCH, J. V.; DEL RIO, P.; ALVAREZ, A. Estudos socioculturais: história, ação e mediação. In: WERTSCH, J. V.; DEL RIO, P.; ALVAREZ, A. (Org.). *Estudos socioculturais da mente*. Porto Alegre: Artmed, 1998. p. 11-38.