

PERCEPÇÃO E ELABORAÇÃO DE CONCEITOS*

Adelson Fernandes Moreira^a [adelson@deii.cefetmg.br]
Oto Borges^b [oto@coltec.ufmg.br]

^a CEFETMG e Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Educação -UFMG

^b Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Educação e Colégio Técnico - UFMG

I - INTRODUÇÃO

Em investigação anterior (MOREIRA e BORGES, 2001), encontramos indicadores de que uma representação que evolui no tempo, que pode ser manipulada, se comparada com uma representação de conhecimento estática (texto, equação, número com sinal, diagrama etc.), possibilita construções que levam a uma melhor compreensão dos conceitos e das relações envolvidas no modelo representado. Para verificar essa hipótese, tentamos identificar processos de elaboração de conceitos, mediados por tais representações, que pudessem ser apresentados como evidências.

Ao buscá-los, cogitamos que o diferencial produzido pela possibilidade de manipular as representações seria o de proporcionar aos alunos a produção de enunciados que facilitam a inferência sobre suas categorizações perceptuais. Para sustentar esse argumento, motivados pelos estudos de cognição situada, tomamos por base uma visão da percepção como ato generativo e do sistema cognitivo do aprendiz como um sistema determinado em estrutura. Nessa perspectiva, a percepção joga um papel fundamental na elaboração de conceitos e é compreendida a partir de referências elaboradas nos estudos sobre cognição situada e cognição distribuída. A segunda seção do trabalho será destinada à discussão desses aspectos.

As evidências de categorizações perceptuais elementares e das elaborações, que se processam a partir delas, foram construídas com base na transcrição de episódios envolvendo duplas de alunos interpretando uma representação animada na tela do computador e uma figura do livro didático. Tais episódios foram destacados de um total de 36 horas de gravação de atividades realizadas por alunos de duas turmas de primeira série do ensino médio. A terceira seção retrata o processo de levantamento dos dados e de construção das evidências.

Na quarta seção, apresentamos e discutimos as transcrições. Baseados nesse conjunto de evidências e na análise decorrente, concluímos retomando a discussão sobre a percepção como ato generativo e as implicações dessa perspectiva na criação de oportunidades de aprendizagem.

II - PERCEPÇÃO COMO ATO GENERATIVO

Nossa hipótese de pesquisa tem como referencial a matriz proposta por CLANCEY (1997) para compreender a cognição a partir de seus aspectos funcional, estrutural e

* Apoio CNPq

comportamental. Essa seção é desenvolvida com base nas elaborações desse autor e no diálogo que ele mantém com Bateson, Maturana e Dewey. A hipótese que apresentamos decorre de uma reflexão sobre o aspecto estrutural da cognição, que pode ser compreendido em termos de um mecanismo de acoplamento, do qual dependem os processos de inferência e de elaboração de conceitos. Clancey argumenta a favor de uma visão de acoplamento como mecanismo elementar de produção de categorias. Tal mecanismo se traduz em um acoplamento estrutural, que incorpora as estruturas cognitivas do sujeito, suas crenças, valores, seus interesses, mas está para além dele, congregando também diferentes fontes presentes no ambiente material, social e cultural, selecionadas pelo sujeito no processo de cognição.

Nesse mecanismo de acoplamento, a história de transações de um aprendiz com seu ambiente material, social e cultural é um fator determinante das interações que pode estabelecer. Essa história interfere diretamente na forma como objetos e eventos do meio são percebidos e transformados em oportunidades para ação. Essa história de interações se expressa nos valores, crenças e interesses que mobilizam a ação do aprendiz. Manifesta-se nos chamados conhecimentos prévios que direcionam interpretações e ações correntes. Em sua ação sobre o meio, o aprendiz modifica o percebido que, por sua vez, interferirá nas ações subsequentes. No sistema aprendiz-ambiente material, social e cultural, o aprendiz age sobre e percebe o ambiente à sua volta. O ambiente sofre a ação e co-determina a percepção.

A partir dos trabalhos de Maturana (1983)¹, Clancey discute o significado de acoplamento estrutural. Do ponto de vista da cognição, considera o sistema cognitivo humano como um sistema determinado em estrutura. As interações que um sistema mantém com o meio podem disparar apenas mudanças estruturais que se aplicam a toda a estrutura de modo que não é possível localizá-las. Estados futuros do sistema não podem ser codificados ou descritos por um estado anterior de uma de suas partes. A partir de um componente da estrutura não é possível prever como o todo irá mudar. Em um sistema determinado em estrutura, os componentes operam dentro de um espaço de configurações do todo, de modo que qualquer configuração compromete todos os componentes.

As estruturas internas constituem e sustentam o seu próprio espaço de configurações. Isto significa que interpretar uma representação não implica trazê-la diretamente para dentro ou mapeá-la em códigos internos para o estabelecimento de correspondências. As estruturas internas operam sobre as suas propriedades contingentes, isto é, sobre as conexões e relações passíveis de serem estabelecidas entre seus próprios componentes e fontes do ambiente material, social e cultural, a cada momento. Interpretar uma representação é um comportamento emergente, que envolve uma variável não controlável. Que variável é essa? A reciprocidade entre as dimensões perceptuais, motoras e conceituais de coordenações que expressam o ato de interpretar e inferir. Níveis mais altos de processamento, envolvendo elaboração de conceitos, podem categorizar informações perceptuais, mas essas coordenações são ainda relações entre estruturas internas que não possibilitam localizar no sistema as 'marcas' de qualquer estímulo recebido. A resposta a qualquer estímulo é sempre uma configuração global envolvendo todos os componentes da estrutura. Em níveis mais

¹ Maturana, H.R. What is it to see? Que é ver? *Archivos de Biología y Medicina Experimentales*. 16: 255-269, 1983.

elementares, essa estrutura está para além do sujeito congregando componentes materiais, culturais e sociais do ambiente.

Esse tipo de interpretação do ponto de vista biológico provê uma base para compreender o caráter não unívoco de qualquer representação. Ainda que o processo de interpretação esteja condicionado à aplicação de regras bem determinadas, dele podem emergir diversos significados, resultantes das diferentes coordenações percepto-motora-conceituais passíveis de serem produzidas por diferentes indivíduos, com diferentes histórias de transações e diferentes interesses a mobilizarem suas ações.

Compreendemos o acoplamento estrutural como traduzindo o caráter distribuído da cognição (SALOMON, 1997). Cada ambiente de aprendizagem tem diferentes fontes: os enunciados de alunos e professor, as representações animadas e textos na tela do computador, montagens de experimentos, textos, figuras, a história de interações do aprendiz. O aprendiz os integra, em primeira instância, no ato de perceber. Nesse acoplamento estrutural, a informação perceptual existe dentro de um processo de categorização que integra percepção, concepção e ação. A informação não deve ser concebida como algo externo ao sujeito, com dimensões e localizável, como um conjunto de instruções a determinar completamente o seu comportamento. Pode-se atribuir esse objetivo a uma determinada representação externa. Mas a informação elaborada pelo sujeito, no ato de interpretar, não pode ser reduzida ao processo observável, nem pode estabelecer-se uma correspondência estrita entre as intenções de quem gerou a representação e o conteúdo da informação produzida mediante coordenações percepto-motora-conceituais.

Assumir o acoplamento estrutural como mecanismo elementar de produção de categorias implica em entender a percepção como ato generativo. Prestar atenção, focalizar o olhar devem ser compreendidos como aspectos de uma teoria da percepção. São atos deliberados que envolvem mais que extrair amostras do conjunto de objetos e eventos do mundo. Prestar atenção, olhar envolvem um mecanismo de ‘detecção’, de ‘captura’ de informação de interesse. Utilizando termos de BATESON (1972)², Clancey afirma que a captura de estímulos na percepção envolve selecionar *diferenças que fazem a diferença* (p.271). A informação produzida nesse processo não é propriedade inerente aos objetos e eventos do ambiente, mas uma relação dinâmica, construída por acoplamento estrutural, expressa em uma coordenação que integra percepção, concepção e ação. Nesse sentido perceber é construir uma coordenação conceitual elementar (CLANCEY, 1996).

Dialogando com DEWEY (1896)³, Clancey salienta que a percepção não é uma resposta automática a um estímulo, como uma sensação impressa. Perceber é um ato, não uma resposta. É um ato deliberado de atenção, uma realização, não um mero reflexo. O ato de perceber inicia-se com o sujeito explorando propositivamente o ambiente ao seu redor. Perceber não implica apenas em uma transformação interna, trata-se de um evento sistêmico, um problema de detectar alguma coisa de interesse enquanto se está engajado em alguma

² BATESON, G. *Steps to an ecology of mind*. New York: Ballantine Books, 1995.

³ DEWEY, J. The reflex arc concept in psychology. *Psychological Review*. 3: 357-370, [1896]1981.

atividade. Perceber é uma ação total, que integra particulares presentes e passados em vista de uma ação de reconhecimento, de destacar oportunidades para a ação.

Citando MATURANA (1980)⁴, Clancey destaca o equívoco de se descrever a aprendizagem como aquisição de representações, pois implicaria na possibilidade de inscrever no sistema cognitivo marcas definitivas de experiências vividas pelo indivíduo, o que não condiz com a visão autopoética dos sistemas biológicos. Na perspectiva da autopoiese, a aprendizagem comparece como um processo resultante de um acoplamento com o meio que gera sempre novas configurações da estrutura cognitiva.

Conjugando as contribuições desses diferentes autores, entendemos que perceber é um ato generativo e constitutivo da elaboração de conceitos. A elaboração de um conceito se inicia com o ato de perceber. Se considerarmos o sistema cognitivo do aprendiz como determinado em estrutura, então ele percebe mobilizando toda a sua estrutura cognitiva, integrando órgãos dos sentidos, sistema nervoso, cérebro, crenças, valores e acoplando-os às diferentes fontes de cognição com as quais interage. Perceber é elaborar informação genuína, nova, permanentemente. O sujeito, como decorrência da sua história de transações, traz consigo uma bagagem de coordenações potenciais, que se concretizam a partir das informações perceptuais que elabora. Mas ao produzir essas categorias elementares, mobiliza toda a sua estrutura cognitiva e no nível elementar, protagonizado pelas coordenações percepto-motoras, não se distingue o indivíduo das demais fontes do ambiente participantes da cognição. O que destaca o indivíduo desse todo é sua capacidade, ao longo do processo, em produzir representações e comunicá-las através de diferentes instrumentos.

Tal perspectiva se articula à capacidade humana de improvisar, à flexibilidade na produção e aplicação do conhecimento, à dificuldade, para não dizer impossibilidade, de controlar os processos de aprendizagem. Tal perspectiva expressa uma visão de conhecimento como *capacidade construída na ação* (CLANCEY, 1997:4) e de memória como uma habilidade de reeditar, seqüenciar e recompor interações já ocorridas. Rearfirmamos a visão de Clancey, segundo a qual a memória existe, mas para processos interativos, coordenados. Tais processos correspondem a uma ativação, recategorização e coordenação de seqüências percepto-motora-conceituais e outras relações temporais como ritmo e simultaneidade. Esse autor cita como exemplo a performance durante um discurso. Podemos dizer uma frase, ou escrevê-la, ou mesmo soletrá-la mais de uma vez. Falamos, então, de um modo já feito antes. Poderíamos então inferir que ao repetir uma fala, o sujeito resgata enunciados armazenados. Entretanto, cada nova ação é uma adaptação de uma coordenação antecedente, não uma repetição literal de sinais guardados ou uma mera execução de um procedimento isolado. Ao reproduzirmos sons, mudamos a inflexão assim como a entonação e o próprio significado das palavras. A idéia chave é que tudo está acontecendo simultaneamente. Diferentes níveis de organização - motores, perceptuais, conceituais - estão afetando um ao outro, ao mesmo tempo, no transcurso de uma ação.

Na seção 4, a partir da transcrição e discussão de episódios, evidenciamos categorizações perceptuais produzidas pelos alunos e a elaboração de conceitos com base

⁴ MATURANA, H.R. Biology of cognition. In: MATURANA, H.R. and VARELA, F.J. (eds.) *Autopoiesis and cognition: the realization of living*. Bonston: Reidel, 1980.

nessas categorias elementares, expressões de coordenações percepto-motora-conceituais. Antes, recontamos a história de produção dessas evidências.

III – LEVANTAMENTO DE DADOS E CONSTRUÇÃO DE EVIDÊNCIAS

Em experiências anteriores, foi constatada uma relação complementar entre atividades com simulações e experimentação. Considerando a especificidade e aplicabilidade do *software* utilizado, trabalhamos com atividades experimentais, envolvendo a ação direta dos alunos ou demonstrações, objetivando construir e representar o modelo do fenômeno estudado. A experimentação cumpre o papel de prover evidências cuja negociação com os alunos procura dar significado a um certo modelo e sua representação. Em um segundo momento, os alunos desenvolvem uma atividade com simulações envolvendo a representação do modelo construído, animada pelo *software*. Na atividade propõem-se questões que suscitam a interpretação do modelo, de suas partes principais e das relações necessárias entre elas.

O programa que utilizamos para simular uma representação em movimento é o *Modellus*, produzido na Universidade Nova de Lisboa. Tal programa, a partir de um modelo matemático, possibilita gerar e combinar, na tela do computador, representações gráfica, estroboscópica e vetorial das variáveis relacionadas no modelo. Manipulando uma janela de controle, os alunos podem parar a animação, avançá-la e retrocedê-la em passos de tempo diferenciados. Consideramos esse recurso uma característica importante do programa e procuramos explorá-lo ao inserir o seu uso numa seqüência de ensino sobre movimento circular uniforme. Nessa seqüência, além das atividades com experimentos e simulações, os alunos resolveram exercícios do livro didático compostos de questões de interpretação do modelo.

As interações dos alunos entre si e com o orientador da atividade, nos diferentes ambientes de aprendizagem, foram gravadas em áudio e vídeo. As turmas pesquisadas foram divididas em duas subturmas que desenvolveram, em sentidos opostos, a seguinte seqüência de atividades: atividade com experimentos, exercícios com lápis e papel, atividade com simulações. Dois grupos de cada subturma tiveram suas atividades gravadas. Procuramos ver a atividade com simulações de forma integrada na seqüência de ensino. Buscamos elementos de comparação em grupos desenvolvendo a mesma seqüência e em grupos realizando o mesmo conjunto de atividades em ordem invertida. Foi possível, portanto fazer estudos longitudinais, acompanhando a evolução de um único grupo, e estudos transversais, comparando dois grupos em uma mesma atividade.

Seguindo esse desenho, com alterações em relação ao momento de realização dos exercícios com lápis e papel, realizamos gravações das atividades sobre movimento circular uniforme em duas turmas de 1ª série do ensino médio, uma em 2000, outra em 2001. Na turma de 2001, gravamos ainda uma seqüência sobre composição de velocidades. Cada seqüência foi desenvolvida em seis aulas. Como a turma é subdividida, cada seqüência resultou em 12 horas aula de gravações, totalizando 36 horas, metade delas em áudio, metade em áudio e vídeo. Em cada seqüência, o professor das turmas, um dos autores dessa pesquisa, acompanhou uma subturma. Para acompanhar a outra subturma, contou com a colaboração de

dois estudantes de licenciatura em Física (turma de 2001) e de dois professores de Física (turma de 2002), colegas de Departamento.

Os episódios transcritos foram destacados da observação e análise das 36 horas de gravação. As três seqüências de ensino desenvolvidas foram observadas continuamente, acompanhando a cronologia de gravação. Nessa primeira observação, fizemos destaques, registrando sua posição na fita cassete ou de vídeo, e construímos narrativas a partir deles. Em cada narrativa, fizemos uma descrição detalhada da situação destacada, das razões do destaque e do que nos chamou a atenção. As narrativas foram primeiramente manuscritas em um caderno de notas. Na medida em que se acumulavam essas narrativas, emergiam algumas sínteses e possíveis hipóteses, que também eram registradas com o maior detalhamento possível. Esse processo de assistir às fitas, fazer destaques, construir narrativas foi sistematicamente interrompido, pois se tratava de um longo período de gravações. Na retomada da observação e da análise das fitas, todas as anotações anteriores eram relidas, de modo que cada nova etapa recuperava e reconstruía o todo, que ia sendo paulatinamente produzido com a seqüência de narrativas, entrecortadas por comentários, sínteses e formulação de hipóteses.

Um dos eixos que balizaram a análise vem da perspectiva etnometodológica (COULON, 1995; HOLSTEIN e GUBRIUM, 1994). Trabalhamos dentro da vertente que focaliza as ações práticas dos sujeitos dentro de uma comunidade específica. A comunidade específica nessa investigação é a sala de aula. As ações práticas se realizam nas atividades de interpretação de representações. Procuramos identificar e descrever os procedimentos, os métodos empregados por alunos e professores para conferir estabilidade ao seu contexto de atuação. Ao identificar esses chamados etnométodos, procuramos por um lado, construir o cenário global da aula, por outro, focalizar as práticas de interpretação. Em trabalho anterior, destacamos a simultaneidade das ações em uma sala de aula (MOREIRA e BORGES, 2001), a complexidade da construção desse contexto e a importância da documentação em vídeo e da gravação das interações em diferentes pontos da sala de aula. Na focalização dos procedimentos de interpretação, aos poucos foi se afirmando o critério de destacar situações nas quais o diálogo efetivamente ocorria, seja entre os alunos, seja entre estes e o professor, e situações nas quais tal processo era interrompido por diferentes fatores. O que caracteriza esses momentos de diálogo? Neles, o enunciado de um interlocutor era ponto de partida para a produção de novos enunciados e de inferências por esse mesmo interlocutor e/ou por um outro, professor ou aluno. As situações de diálogo se caracterizaram por um processo de elaboração coletiva, uma totalidade da qual não é possível delimitar a contribuição individual de cada participante.

Terminada a fase de observação e análise das 36 horas de gravação, o conjunto de narrativas foi lido exaustivamente no sentido de se identificar destaques com características semelhantes, seja do ponto de vista do conteúdo das narrativas, das razões de sua construção ou dos comentários e sínteses que geraram. O conjunto de notas foi então digitado no computador. Esse processo caracterizou outra reconstrução. As narrativas foram depuradas, as estruturas dos textos foram ligeiramente melhoradas. Durante essa reconstrução verificamos mais uma vez a recorrência dos destaques. Ao longo de todo esse processo nosso olhar foi dirigido por uma perspectiva situada da cognição.

Uma perspectiva situada da cognição significa considerar o conhecimento como capacidade construída na ação. A compreensão de conceitos e de situações é algo emergente devido às dimensões funcional, comportamental e estrutural da cognição. A compreensão é algo emergente porque dependente do papel a que alunos e professores se atribuem nas diferentes situações que se sucedem no transcurso de uma única aula (dimensão funcional). É emergente porque os interesses e objetivos que dirigem a ação de professores e alunos são passíveis de contínua modificação pelos resultados de sua ação em um contexto que, ao mesmo tempo, ajudam a construir e do qual são parte constitutiva, juntamente com outros aspectos materiais, sociais e culturais do ambiente da sala de aula (dimensão comportamental). A compreensão de conceitos e de situações é emergente porque o conhecimento produzido é uma relação dinâmica na qual estão integrados aspectos perceptivos, motores e conceituais. Por ser uma relação dinâmica, o conhecimento não é completamente comunicável por qualquer tipo de representação (caráter estrutural).

O documento resultante da transcrição das notas no computador, com as narrativas melhor estruturadas, foi lido várias vezes, numa atitude de mais uma vez identificar e confirmar elementos de ligação entre as narrativas. Aquelas agrupadas por seus aspectos comuns reconduziram novas observações das gravações, agora apenas dos trechos destacados e mapeados. Uma vez confirmados os elementos que ligavam as narrativas, esses trechos foram então transcritos como episódios. Um desses elementos de ligação, relacionado à dimensão estrutural da cognição, foi os diálogos estabelecidos em torno das categorizações perceptuais produzidas pelos alunos. Na seção seguinte, ao apresentarmos e discutirmos os episódios, identificamos essas categorizações elementares e as elaborações que ocorreram a partir delas. Ao fazê-lo, procuramos demonstrar o caráter generativo da percepção, de seu papel na produção de conceitos e na criação de ambientes de diálogo e aprendizagem.

IV - CATEGORIZAÇÃO PERCEPTUAL E ELABORAÇÃO DE CONCEITOS

Os dois episódios, transcritos a seguir, se referem a duas duplas envolvidas com a interpretação de uma mesma tela na atividade com simulações. Comentários e questões, registrados na tela do computador, estabeleciam uma direção de interpretação (fig.1). Operando a janela 'controle' os alunos podiam parar, avançar, retroceder, reiniciar a animação e fazer a leitura de seu tempo de evolução. Ao observar a interação de diferentes duplas de alunos desenvolvendo a tarefa de determinar, a partir de uma representação, o período e a frequência de uma bola girando em movimento circular uniforme, foi possível inferir duas categorizações perceptuais, dentre as muitas certamente elaboradas pelos alunos:

1. descompasso entre o ritmo da animação e o tempo registrado na tela;
2. número não inteiro de voltas.

É o que destacamos nos episódios transcritos a seguir.

Episódio 1 - Participantes: alunos Evandro e Mario e dois estudantes de Licenciatura, alunos de Prática de Ensino de Física, Chico e Lucas, na condição de professores da subturma

Sequência 1

A dupla estava envolvida na determinação do tempo necessário para a bola dar uma volta.

Ocorreu que não era possível interromper a animação precisamente no instante em que a bola completava uma volta, o que demandava dos alunos algum tipo de aproximação.

1. Mario: 53 segundos, mais ou menos.

2. Lucas: Ponto...

3. Mario: É...zero ponto cinquenta e três.

4. Evandro: 0,53, mais ou menos.

5. Mario: Quer ver fessor ó...52, quando vai no 52... (Á medida em que fala, Mario opera a janela de controle,

avanzando passo – a- passo a animação. No ‘52’, a bola encontra-se um pouco antes da posição em que completaria uma volta.)

6. Evandro: Pula para o 54...não, volta um pouquinho (dirigindo-se a Mário, que operava a função passo-a-passo). É 53 mesmo. (Nesse instante a bola já ultrapassara a posição em que completaria uma volta.)

7. Mario: 53...então é 52...

8. Evandro: ...E um quebrado.

9. Lucas: 525...0,525.

10. Evandro: 52...

11. Mário: Mas... não é segundos não né?

12. Lucas: É. Pode considerar segundos ali! Não é segundos, mas...não é o tempo real que a gente tá vendo aqui (aponta para a animação), mas você pode assumir que aquilo dali seja segundos...só para facilitar os cálculos senão ia dar uma dor de cabeça danada

13. Mario: 0,525 o quê?

Pausa, enquanto Chico diz para toda a turma considerar o tempo da tela expresso em segundos, ‘apesar de não parecer’. A estranheza expressa pela dupla Mário e Evandro devido ao descompasso entre o ritmo da animação e o tempo registrado na janela de controle ocorria também nas demais duplas. Não dá para inferir se Evandro e Mario estavam atentos ao que Chico dizia ou se estavam concentrados em definir a unidade de registro do tempo do cronômetro da tela.

14. Evandro: 0,52 éé..

15. Mario: segundos...tá bom.

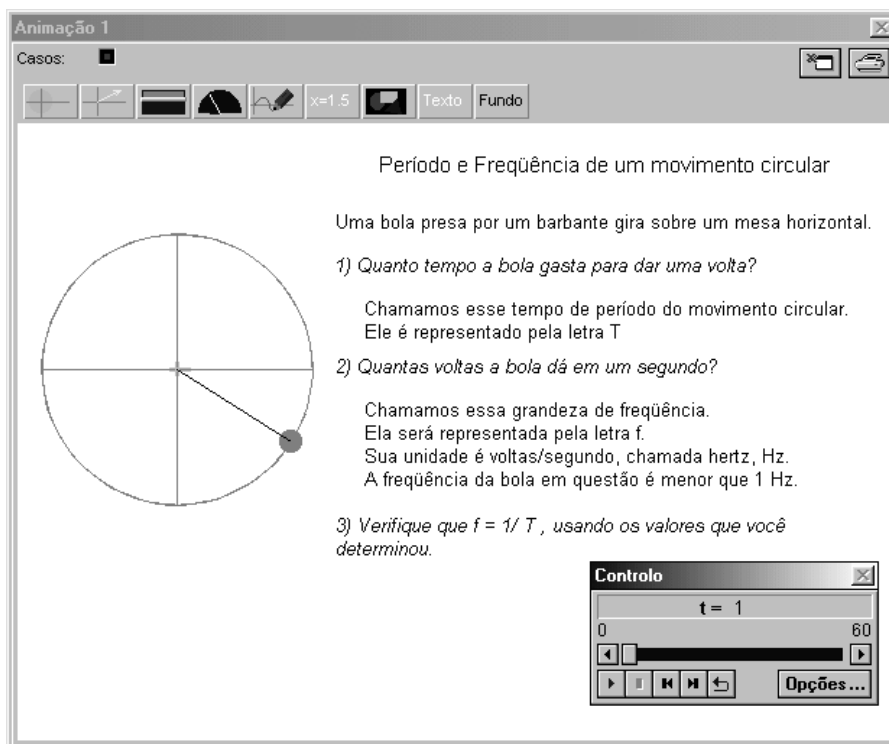


Fig.1 – Animação do Modellus sobre período e frequência. A animação foi editada no instante 1s após seu início de acordo com o cronômetro da tela. Nesse instante o objeto havia completado ‘quase duas voltas’. Os valores das grandezas eventualmente registrados na tela, inclusive o tempo da janela ‘controle’ não têm unidades, pois estão todos expressos no SI.

Análise da seqüência 1: evidência e significado de uma categorização perceptual

Essa primeira parte do episódio evidencia a primeira categorização perceptual, que pode ser inferida a partir das falas dos alunos nas linhas 11 e 13. Uma categorização perceptual resulta de uma ação total que não pode ser decomposta em etapas. Nesse caso, os alunos destacam e integram particulares da tela articulando ritmo, seqüenciação e simultaneidade. Não é possível decompor essa coordenação que integra percepção, concepção, e ação. É possível apenas inferir sua elaboração a partir do que falam e fazem os alunos. Veja que, na linha 13, a dúvida permanece mesmo depois da explicação do professor. Este trata o descompasso entre o ritmo da animação e o tempo registrado na janela de controle de forma rotineira, não problemática, apenas como a utilização de uma escala de medida diferente. Um professor mais experiente, ao se deparar com tal questão em outra subturma, tratou-a de forma semelhante. Há que se destacar que, ao iniciarem a resolução da questão 1 - determinar o período da animação -, o primeiro movimento de Evandro foi o de medir o período utilizando um relógio de pulso, ignorando inicialmente o tempo da janela de controle. Parece-nos que os alunos tratam a bola como um objeto em movimento e não como a representação, em movimento, de um modelo.

Seqüência 2

Evandro lê a pergunta seguinte da tela.

16. Evandro: Quantas voltas a bola dá em 1 segundo? ...Mario...*(Pede a atenção de Mario, que ouvia uma orientação do professor sobre a folha de respostas da atividade.)*

Enquanto espera, parece pensar e diz:

17. Evandro: Não, num dá não! Na segunda, a pergunta é quantas voltas a bola dá em 1 segundo!
(Demonstra bastante surpresa em sua entonação dando a impressão de que seria um procedimento problemático.)

18. Lucas: Quantas voltas a bola dá em 1 segundo?

19. Mario: Mas aí o que que é 1 segundo?

20. Lucas : 1 segundo é aquele tempo que está medido lá. *(O professor aponta para o cronômetro da tela.)*

Mario faz aquele 'Ah' de entendimento.

21. Lucas: Aquele tempo como sendo 1 segundo.

22. Mario: Tá bom.

23. Evandro: 'Play' de novo. *(Solicitando a operação da janela de controle para reiniciar a animação.)*

24. Mario: Não precisa não.

Mario movimenta a animação com a função passo a passo até que o cronômetro da tela registre 1 segundo. E dirige-se ao professor, tentando estabelecer uma conversão do tempo registrado na tela para o tempo convencional:

25. Mario: Então você considera o 60 como 1 segundo ou...o 100?

26. Lucas: Conta a unidade.

27. Mario: Ah... a unidade.

Análise da seqüência 2: a representação tomada como objeto real

O descompasso entre o ritmo da animação e o tempo registrado no cronômetro da tela (Ct), criou um obstáculo para a determinação da freqüência f do movimento circular representado. A animação representa um movimento de freqüência não inteira, demandando dos alunos fazer o registro do número não inteiro de voltas dado em 1 segundo. Como será

mostrado na seqüência 3, a dupla Evandro e Mário registrou, sem dificuldades, o número não inteiro de voltas. Embora tenham feito acertadamente esse registro, resistiram em utilizar esse resultado na determinação da freqüência. O intervalo de 1s, que consideravam para o cálculo de f , não era aquele registrado na tela, pois a animação evoluía muito mais lentamente. Os alunos tomaram como intervalo de tempo aquele que seria medido com um cronômetro convencional. Nas diferentes situações em que outras duplas colocaram esse problema, nem os professores mais experientes, que acompanharam outras subturmas, nem os alunos de licenciatura exploraram satisfatoriamente a percepção expressa pelos alunos.

O que temos? Um movimento circular de período aproximadamente igual a 0,53s é modelado de forma a ser representado na tela. Comparada à nossa sensação intuitiva de tempo, a evolução da representação do movimento é mais lenta do que o fluxo de tempo do cronômetro da tela (Ct), para facilitar a observação de diferentes características do modelo. O desconforto apresentado pelos alunos em relação à medida de tempo de Ct foi por nós desdobrado inicialmente na seguinte questão: o que é real e o que é virtual? Na verdade essa questão expressa uma lacuna importante: a não compreensão de que Ct registra o tempo de acordo com um modelo, base para a geração da animação que apenas evolui em ‘câmera lenta’ para facilitar seu estudo. O que seria o tempo ‘real’ para os alunos é o tempo de evolução em ‘câmera lenta’ da animação, pois eles tratam a representação da bola como um objeto concreto que pode ser manipulado e cujas propriedades podem ser medidas independentemente dos valores registrados na tela, que expressam o modelo, base da animação. A inferência da categorização perceptual 1 e as dificuldades de entendimento que ocorreram a partir daí, levou-nos a destacar uma ambigüidade, que pode ser inerente a qualquer simulação. Se por um lado ela representa o modelo de um fenômeno real, por outro, ela pode ser estudada como um objeto com parâmetros próprios que não têm uma correspondência direta com parâmetros quantitativos importantes do modelo. Em uma situação envolvendo simulações, é preciso, portanto, salientar para os alunos que eles estão lidando com uma representação, ainda que possivelmente mais concreta, porque manipulável.

Essa ambigüidade se revela na percepção acertada dos alunos, que cobravam uma outra unidade, diferente de 1s, para Ct (linha 25). Não considerar esse obstáculo, além de colocar em segundo plano o caráter da representação, implicou em uma dificuldade na determinação da freqüência. Mostramos na seqüência 3 que, apesar de acatarem a indicação do orientador da atividade e expressarem $f = 1,875\text{Hz}$, isso parecia não fazer muito sentido para Evandro e Mario pois, em 1s, medido por um cronômetro convencional, a bola descrevia um arco bem menor que um quadrante. Na seqüência 3, evidenciamos também a categorização perceptual ‘número não inteiro de voltas’ e as elaborações subseqüentes que culminaram no registro dessa coordenação conceitual elementar e na expressão do valor da freqüência, apesar do desconforto gerado pelo tratamento não satisfatório da categorização perceptual ‘descompasso entre o ritmo da animação e o tempo registrado na tela’.

Seqüência 3

Para determinar o número de voltas dadas em 1 segundo, Evandro continua operando a função passo a passo.

28. Evandro: Duas voltas em 1 segundo.

29. Mario: Menos. Uma volta e...

30. Evandro: Aqui deve ter o quê? Uma volta e um..

31. Lucas: Você pode colocar uma volta e...né? ...Um quarto, dois quartos, três quartos...

32. Mario: Sete oitavos!
33. Lucas: Sete oitavos. (*Confirmando a proposição de Mario.*)
34. Mario: Uma volta e sete oitavos de volta.
35. Lucas: Uma volta e sete oitavos. (*Mais uma vez confirmando.*)
36. Mario: Um mais sete oitavos dá quantos oitavos? Sete mais oito... dá quinze...quinze oitavos. Uma volta mais sete oitavos dá quinze oitavos.
37. Lucas: Qual é a definição? Quantas voltas a bola dá em um segundo? Chamamos essa grandeza de quê?
38. Mario: É..
39. Lucas: Freqüência.
40. Mario: É. Freqüência.
41. Lucas: Representada pela letra f. Sua unidade...qual é a sua unidade?
42. Evandro: Voltas por segundo.
43. Lucas: Voltas por segundo.
44. Evandro: Hertz.
45. Lucas: Ou seja, Hertz né?
46. Mario: Ah... Hertz.
47. Lucas: Repetições por segundo, que a gente chama de Hertz... Normalmente a unidade de tempo utilizada é o segundo. Agora tem...igual o conta giro de um carro...tem o rpm, rotações por minuto. Aquilo também é uma freqüência, é uma taxa de freqüência. Só que tem que ali não é segundo, ali tem como base de tempo o minuto. Então, freqüência é o que? É a taxa de acontecimentos por unidade de tempo. Quantas vezes, dentro de um intervalo de tempo, aquela coisa acontece.
48. Evandro: Vai dar isso aqui por segundo. (*Desliza o dedo pela circunferência na tela até completar a fração de volta.*)
49. Mario: Não, mas é melhor (...) com vírgula!
50. Lucas: É... se você por exemplo...
51. Mario: Pera aí fessor... (*Mario desenvolve a operação quinze dividido por oito, e obtém 1,875.*)
52. Mario: Então, 1,875...
53. Lucas: 1,875...
54. Mario: Hertz.
55. Lucas: Voltas por segundo.
56. Evandro: É a freqüência dele.

Análise da seqüência 3: uma categorização perceptual é elementar e generativa

A segunda categorização perceptual, destacada nesse episódio, é uma percepção elementar do número não inteiro de voltas. Foi expressa, na linha 29, pelo enunciado *‘Menos. Uma volta e..’*. Mas essa percepção faz-se a partir da pergunta ‘quantas voltas a bola dá em 1 s?’. A ação se completa com o registro matemático de *‘uma volta e..’*. Evandro e Mário elaboraram, juntamente com o professor, uma nova coordenação dividindo ‘mentalmente’ os quadrantes em metades e estimando a fração de volta. Estimaram $7/8$ de volta e assim fizeram o registro. Temos então uma categoria elementar, uma percepção da tela expressa por *‘uma volta e..’*. Seu caráter generativo se revela pela cadeia operações simbólicas que se realizam a partir dela. Uma nova coordenação é gerada, imaginando-se a divisão dos quadrantes e estabelecendo-se uma correspondência entre o arco descrito e uma quantidade de partes dos quadrantes. Essa nova coordenação, diferentemente de uma categorização perceptual, pode ser descrita, como acabamos de fazê-lo, e gera, por sua vez, em terceira ordem, nova coordenação expressa no registro $1 + 7/8 = 15/8 = 1,875$ volta.

O parágrafo anterior pode ser visto como uma descrição um tanto complexa para um processo, à primeira vista, tão elementar! É possível justificá-la? Ao fazer tal descrição, temos como objetivo destacar a informação perceptual do circuito no qual está integrada e que gera o registro 1,875 volta. Uma segunda dupla, cujos diálogos transcrevemos a seguir, também

enunciou a percepção ‘numero não inteiro de voltas’, mas não conseguiu fazer o registro. Nesse episódio, a transcrição é feita a partir da resolução da questão 2 proposta na tela (fig.1).

Episódio 2: Participantes: Alunos Beatriz e Hélio e os estudantes de licenciatura, Chico e Lucas, na condição de professores da subturma.

Seqüência 1

57. Beatriz: Quantas voltas a bola dá em um segundo? Então vamos...Quantas voltas já deu? Duas agora né, duas. *(Beatriz opera a janela de controle, enquanto fala.)*

58. Hélio: Mais de uma...

59. Beatriz: Aí ó...não...uma... né...uma, ...quase duas voltas! *(Para a animação nesse ponto.)*

60. Hélio: Em um segundo...quantas...

61. Beatriz: Quantas voltas dá em um segundo? Uma volta e mais outra meia volta mais que um minuto *(risos)*... nada a ver!

Hélio diz alguma coisa que não dá para entender. Parece que ele propõe evoluir passo a passo a animação para ver de novo.

62. Hélio: Quantas voltas a bola dá em um segundo?

63. Beatriz: Uma...Ô negócio, pára! *(Clicava com o mouse na janela de controle, mas não conseguia parar a animação.)*...Entendeu? Deu uma volta completa em cinqüenta e três segundos, e deu ou...segundos não, em milésimos de segundo. E deu outra volta, só que em um minuto, ela pára aqui, ela não dá uma volta completa.

64. Hélio: Então é um.. vírgula...

65. Beatriz: Mas está perguntando em um segundo não é? Ô Chico!.. Coloca assim...Dá... É... Quantas voltas a bola dá? A bola dá uma volta e mais que a metade de volta... que absurdo! *(Risos.)*

Chega o professor Chico.

66. Beatriz: Ó... A bola dá uma volta, e ela não completa a volta. Falta isso daqui. *(Aponta na tela o que falta para completar uma volta, que é um arco menor que a metade de um quadrante.)*

67. Chico: É, calcula aí mais ou menos. No chute. Vocês poderiam fazer uma outra alternativa ó... dá um...mais... mais quanto? Você divide isso aqui em oito, mais ou menos ó... aqui tem quatro...um, dois, três, quatro *(apontando os quadrantes)*... tá vendo?...

68. Beatriz: Ham...ham. *(Demonstrando concordância.)*

69. Chico: Então vai dar um...vírgula... virgula nove, mais ou menos, não é isso?

70. Beatriz: Isso.

71. Chico: Um vírgula nove voltas em um segundo, não é isso?

72. Beatriz: Ah, tá.

73. Chico: Um vírgula nove mais ou menos.

74. Beatriz: Então coloca lá *(ditando para Hélio)*. Coloca assim...é...

75. Hélio: A bola dá...

76. Beatriz: Em um ponto zero cinco segundos *(1,05s)*, duas voltas. *(Beatriz opera a função passo-a-passo, fazendo a bola completar duas voltas e baseia o registro na leitura correspondente de Ct.)*

77. Hélio: Um ponto cinco *(1,5)?*...

78. Beatriz: Não. Um ponto zero cinco. (...)

Análise da seqüência 1: entre o enunciado e o registro de uma categorização perceptual

Beatriz enunciou a categorização perceptual relativa ao número não inteiro de voltas: ‘quase duas voltas’. Mais uma vez, salientamos que esse enunciado expressa uma ação total, uma integração de particulares da tela. Trata-se de uma coordenação entre percepção,

concepção e ação que não pode ser decomposta em etapas. Beatriz percebe o número não inteiro de voltas, mas não consegue fazer o registro. Hélio - bastante atento mas falando pouco - na linha 64, esboçou a iniciativa de fazer o registro do número não inteiro de voltas na forma decimal correta. No entanto, não insiste nessa direção, prevalecendo a fala e o procedimento de Beatriz.

O professor Chico verbalizou a operação de dividir ‘mentalmente’ o quadrante e estimar a fração de volta. Beatriz escutou, mas resistiu a esse procedimento. Respondeu a questão proposta da seguinte forma: ‘em 1,05s, 2 voltas’. Nessa seqüência o caráter generativo de uma categoria perceptual revela-se através de um obstáculo. A partir dela, outras devem ser elaboradas para se chegar ao registro do número de voltas em um segundo. No entanto, a dupla não consegue operar sobre essa categoria, ainda que o professor tenha descrito, na linha 67, os passos seguintes. Parece que o professor considera esses passos triviais, e não percebe a dificuldade da dupla. Beatriz, mesmo dizendo ter entendido, opera a função passo-a-passo, para posicionar a animação em um número inteiro de voltas. Consegue fazer o registro de tempo na forma decimal, mas não consegue fazê-lo em relação ao número de voltas.

Seqüência 2

Decorre um certo tempo para a dupla escrever na folha de respostas ‘em 1,05, 2 voltas’. Nesse intervalo, refazem todo o registro feito até então, porque o primeiro continha algumas rasuras. Hélio é o responsável por anotar. Decide fazer à lápis, para evitar rasuras. Faz os registros, mas pouco interfere. Retorna, então, o professor Chico. Ele confere os registros e discorda da forma como foi respondida a pergunta ‘quantas voltas a bola dá em 1s?’

79. Chico: Não,... é... não é isso. Quantas voltas dá em 1 segundo! Em 1,05 eu não quero. Quero em 1 segundo. A definição de freqüência... aqui ó...essa é a definição de freqüência (*aponta para o texto da tela*). Ela é representada pela letra f. O que que é definição de freqüência? É quantas voltas dá em 1 segundo. Esse tempo aqui (*1,05 segundos*) não interessa. Em vez de por 1,05 aqui, você põe 1 aqui (*aponta para o cronômetro da tela*) e vê quantas voltas dá...dá 1,9 não é,... mais ou menos?

80. Beatriz: Ham...ham. (*Parecendo concordar*)

81. Chico: A definição de freqüência é quantas voltas dá em 1 segundo.

82. Beatriz: Ah, entendi.

83. Chico: Aí, depois você vai verificar que f, nesse tratamento aqui...isso aqui é chamado de T...T é igual a isso aqui (*aponta para o registro feito por Hélio*). Isso aqui é chamado de f...ele (*referindo-se ao autor da atividade*) falou aqui ó...ela será representada pela letra f. f é igual?...Quanto que deu lá? 1,9? 1,8? Depois cê vai verificar que f é igual a 1/T. Isso é que ele tá falando.

84. Beatriz: Tá.

85. Chico: Entendeu?

86. Beatriz: Entendi.

Pausa. Aline comenta o registro que fizeram. Parte não dá para entender. Refazem os registros. Voltam a manipular a representação na tela. Chega o professor Chico.

87. Chico: É aí ó...1,...9...põe 1,9. Aí depois..que que você vai fazer? Cê vai pegar a máquina aqui... (*ensina aos alunos a acessar a calculadora no computador*)...1 dividido por 0,...quanto que você achou na primeira? ...53, 53. É igual...a ... tá vendo? Deu igual a esse aqui. (*Chico faz a divisão 1/0,53, obtendo o valor que havia estimado para o número de voltas em 1 s.*)

88. Beatriz: Então ele dá uma volta...

89. Chico: 1,8...1,9. Não foi isso que você fez? Que dava 1,9, quase 1,9?

90. Beatriz: Isso.

91. Chico: Você pode reduzir esse aqui, deixa ele aqui. Quando você quiser usar a máquina, ó, fica aqui embaixo. *(Mostra como minimizar a calculadora na tela.)*

92. Beatriz: Ham...ham. *(Concordando.)*

Pausa: Beatriz e Hélio comentam alguma coisa que não dá para entender, riem e Beatriz se dirige a Hélio:

93. Beatriz: Ele então dá 1 volta e 1,8 de volta?

94. Hélio: É 1,8...é igual... cê tem que abreviar...cê vai colocar aqui...

Análise da seqüência 2: transmissão do procedimento correto sem construir uma cadeia de operações com significado a partir da percepção do aluno

Chico não aceitou o registro e, diante da dificuldade do grupo, propôs obter o registro a partir da equação $f = 1/T$, uma vez que T fora determinado sem maiores dificuldades. Executou o procedimento para os alunos, explicando cada passo, e obteve 1,8 como resultado. Chico continua não percebendo a dificuldade do grupo, não tematiza a percepção, especialmente de Beatriz. Hélio volta a indicar na linha 94 que talvez tenha a compreensão correta do registro. Contudo, prevalece a anotação proposta por Beatriz: 1 + 1,8 de volta. Na seqüência seguinte, Lucas, que até então não estabelecera nenhuma interlocução com a dupla, conferiu o registro e disse que estava errado. Enunciou a expressão corretamente, ‘uma volta mais oito décimos de volta’, e ditou para Beatriz a forma correta de fazer o registro, sem também acessar sua dificuldade. Apenas mostrou como fazer.

Seqüência 3

A dupla já terminara a questão 2 respondendo, em ‘Is a bola dá 1 + 1,8 de volta’. Passam então à questão 3.

95. Beatriz: Então deixa aqui.... três, verifique que f.....

96. Hélio: Usando os valores que você determinou. Os valores que ta aí, são esses aí ó, 0,53 segundos e 1,8 aí...

97. Beatriz: Entendi..... É a mesma conta que ele fez agora, não é?

Operam a calculadora na tela. Parece que ainda estão com dúvida.

98. Beatriz: Lucas!...Esc..olhe só...Na dois, ele deu uma volta e parou aqui. *(Fala acompanhando com o dedo a animação na tela.)*

99. Lucas: Hum...hum. *(Concordando.)*

100. Beatriz: Aí é 1,8.

101. Lucas: Ham...ham *(Concordando.)*

102. Beatriz: Aí, eu coloco na resposta isso?

103. Lucas: É coloca na resposta isso. Qual é a unidade de freqüência?... *(Ao verificar o registro..)*
Não é 1 volta e 1,8...Ou você coloca 1 volta e oito décimos ou 1,8 direto. Isso aqui. Da forma como você botou aqui tá errado.

104. Beatriz: Tá errado?

105. Lucas: Ou você põe uma volta e oito décimos de volta...

106. Beatriz: Uma volta e oito décimos...

107. Lucas: Ou então 1,8 voltas. Pode colocar 1,8 voltas.

108. Beatriz: E 1,8 voltas? *(Insistindo na idéia de que seria 1 volta mais 1,8 voltas.)*

109. Lucas: Não. 1 volta e oito décimos... então...coloca aí...oito

110. Beatriz: Pode ser assim?

111. Lucas: Pode. Igual..

112. Beatriz: De voltas, oito décimos de volta.

113. Lucas: Tá bom, depois vou te mostrar como é que você fez.... *(Acenando que voltaria a discutir o problema do registro.)* Coloca assim igual 1,8 voltas...voltas. Essa é o que...Essa é a pergunta...

114. Beatriz: Dois.

115. Lucas: Voltas por quê? Qual que é a unidade. Voltas...Essa é a frequência. Voltas por...segundo. Qual que é a unidade? Voltas por segundo fica muito grande para você escrever isso. Qual que é a unidade? Já tem uma unidade aí..
116. Beatriz: Aqui?
117. Lucas: É. Hertz.
118. Beatriz: Pode ser H..e?
119. Lucas: H maiúsculo...z minúsculo.
120. Beatriz: Que que eu coloco? Uma setinha?
121. Lucas: 1,8 Hz...H...z. Isso. Beleza!
122. Beatriz: Aí, essa três é para verificar
123. Lucas: Para verificar essa relação aí, de inverso né, porque a frequência é o inverso do período... Tá? Essa relação...
124. Beatriz: Aí, eu coloquei né, 1 sobre o período.
125. Lucas: Sobre o período.
126. Beatriz: Período é 0,53
127. Lucas: 53 segundos.
128. Beatriz: Ah, então é isso daqui.
129. Lucas: 1,8...mesma coisa...Hz.
130. Beatriz: 1,8 Hz.
131. Lucas: Hertz.
132. Beatriz: Ah, beleza..e agora como vou para a próxima? (*Passam para a tela seguinte.*)

Análise da seqüência 3: condições para o diálogo e para uma elaboração coletiva

Certamente, as intervenções realizadas pelos orientadores da atividade, desde o enunciado ‘quase duas voltas’ até o registro $1 + 0,8 = 1,8$ volta, não exploraram da melhor forma a oportunidade de retomar com os alunos o processo de registro da fração de uma grandeza, no caso, o número de voltas. Ambos consideraram essa questão trivial. Lucas promete voltar à discussão do registro com Beatriz e não o faz. A postura de ambos é a de indicar o procedimento correto para se chegar às respostas. Falta escuta, partindo, principalmente, da categoria perceptual mais elementar. É a partir dessa categorização que Beatriz inicia o diálogo com Lucas, na linha 98. Um caminho possivelmente promissor seria aproximar-se mais da percepção expressa pelo enunciado ‘quase duas voltas’ e estimular a produção de novas coordenações recuperando, por exemplo, a experiência da dupla com medidas de comprimentos retilíneos não inteiros. Dessa forma, explora-se o caráter generativo da percepção articulando-a à história de interações da dupla com situações de registro similares. Faltou ainda o cuidado de dar voz a Hélio, de chamá-lo para a discussão, de dar a palavra a ele, para saber o que pensava. Na linha 120, parece que Beatriz quer tratar a frequência como grandeza vetorial. Essa fala não foi explorada por Lucas.

Ao transcrever esse episódio, queremos salientar que destacar a percepção de uma coordenação conceitual é uma ação importante na elaboração de conceitos. Além disso, observamos repetidamente a dificuldade de várias duplas de passar da interpretação para o registro. Isso pode ser explicado pela diferença entre enunciar uma informação perceptual, uma ação mais elementar, e produzir uma coordenação conceitual que inclua essa informação e se expresse em um registro. Considerando o episódio 2, como um todo, destacamos alguns elementos que contribuem para uma situação de diálogo e elaboração coletiva: estar atento às categorizações perceptuais dos alunos, explorar seus possíveis significados do ponto de vista dos alunos, inferir os particulares possivelmente integrados na categorização; prestar atenção nas possíveis assimetrias do grupo, procurando dar voz a todos os participantes e conhecer seus entendimentos. Para possibilitar esses elementos é preciso apurar a escuta, procedimento

bastante tensionado pela administração do tempo no desenvolvimento de um programa extenso de conteúdos (MOREIRA e BORGES, 2001).

A apresentação desses episódios destacando determinadas categorizações perceptuais, as coordenações conceituais produzidas pelos alunos a partir delas e como os orientadores participaram da produção dessas coordenações provêm a base para o argumento de que a percepção joga um papel importante, não periférico, na elaboração de conceitos. Permitem afirmar, corroborando GREGORY (1995), que as percepções são muito mais ricas que os dados sensíveis disponíveis, que o ato de perceber é em si uma criação inteligente, ainda que nem sempre leve à interpretação correta de uma representação, à construção e interpretação de modelos em acordo com os padrões científicos.

Da observação e análise das aulas gravadas, foi possível destacar alguns episódios em que a informação perceptual, enunciada pelo aluno, foi o ponto de partida para a discussão e elemento constitutivo das novas coordenações elaboradas. É o que mostramos no episódio 3.

Episódio 3: Diálogo entre Ivo e Lucio durante a resolução do exercício que propõe a interpretação da figura⁵ de um objeto preso a um barbante em movimento circular uniforme sobre uma mesa horizontal sem atrito (fig.2).

Seqüência 1

Ivo lê ‘meio silenciosamente’ o seguinte enunciado: Na fig.5.21a, qual das forças mostradas faz com que a velocidade do corpo mude continuamente de direção? Então qual dessas forças produz, no corpo a aceleração centrípeta a_c ? Supondo que a massa do corpo seja $m = 200g$, sua velocidade $v = 30m/s$ e que o raio da trajetória seja $R = 50 cm$, calcule o valor da tensão T do barbante (atenção para as unidades).

133. Ivo: Qual...qual das forças mostradas...

134. Lucio: É a força T

135. Ivo: É uê...

Momento de silêncio

136. Lucio: Qual dessas forças produz no corpo a aceleração centrípeta a_c ?

137. Ivo: Essa outra setinha aqui.

138. Lucio: Ah, não entendi não....nehuma véio!

139. Ivo: Nenhuma delas..a aceleração centrípeta...ah não... a aceleração centrípeta é a do...

140. Lucio: Ah, não... É a mesma... É a mesma força que muda a direção é a força...força tipo...

141. Ivo: Força T também. Não é?

142. Lucio: É. Também acho que é a força T mais uma vez.

Concluem o exercício calculando o valor de T.

⁵ ALVARENGA, B. e MÁXIMO, A. *Curso de Física*. São Paulo: Scipione, 2000. 391p. (Curso de Física, 1)

Análise da seqüência 1: na produção de uma categoria perceptual a cognição é distribuída

Nas linhas 133 a 135, a identificação de T como a força que altera a direção do vetor velocidade parece ser tácita. Os alunos simplesmente a identificam e concordam mutuamente, sem a necessidade de maiores explicações. Que particulares da figura os alunos integraram para chegar a essa categorização perceptual? No estabelecimento de uma nova coordenação entre T e ac (linhas 136-142), os alunos demonstram ter dúvidas quanto ao significado de ac. Ivo tenta identificar ac com outra força da figura, procedimento não reforçado por Lúcio, que parece entender que o movimento representado não tem aceleração. Ivo elabora outra coordenação, parecendo resgatar algo já conhecido por ambos. Não completa o enunciado, mas é seguido por Lúcio, que abandona sua idéia de movimento com aceleração nula e relaciona a aceleração centrípeta à força que muda a direção da velocidade. Faz ainda enunciados incompletos mas é compreendido e confirmado por Ivo.

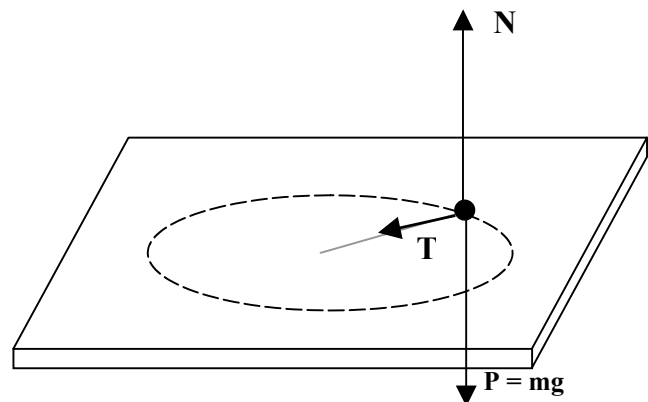


Fig.2 –Figura do livro interpretada pelos alunos a partir de um conjunto de questões:

Ivo e Lúcio já haviam participado de atividades com experimentação e com simulações antes da resolução desse exercício. Interpretamos essa transcrição inteira como uma evidência de distribuição da cognição. A mediação principal é a figura do livro em que está inscrito um conjunto de relações e atributos não evidentes por si mesmos. No momento em que Ivo lê o enunciado, a dupla estabelece uma sintonia que certamente remonta às atividades anteriores. A partir daí, uma série de enunciados incompletos são proferidos. A fala incompleta de um faz emergir coordenações novas, também enunciadas incompletamente. Trata-se de uma construção conjunta na qual não é possível delimitar, ao longo do processo, a contribuição individual. Na seqüência seguinte, os diálogos se dão entre um professor colaborador, que acompanhou uma das subturmas durante a resolução e correção dos exercícios do livro, e a dupla Ivo e Lúcio. Na seqüência 2 desse episódio, mostramos o diálogo durante a correção do exercício que foi objeto de discussão na seqüência 1.

Seqüência 2

143. Professor: Na figura 6.21.a, qual das forças mostradas faz com que a velocidade do corpo mude constantemente de direção?
144. Ivo: T não é? *(Em voz mais baixa sem dirigir-se diretamente ao professor.)*
145. Lúcio: Força T *(com a mesma atitude de Ivo, concordando).*
146. Professor: Na figura 6.21.a lá, é....tem quantas forças mostradas aí?
147. Ivo: Normal... *(ainda sem dirigir-se diretamente ao professor).*
148. Lúcio: Tem a normal, o peso e a força T *(dirigindo-se, com voz mais alta ao professor, com parte da frase sendo também repetida por Ivo).*
149. Professor: Normal, o peso e a tensão na corda *(concordando com a resposta proferida pela dupla, mas dirigindo-se à turma inteira).*

150. Lúcio: Ham...ham (*concordando*).
151. Professor: Certo? Qual dessas forças aí que é responsável por fazer...
152. Lúcio: A tensão na corda (*seguido praticamente junto por Ivo*).
153. Professor: A tensão....porque vocês chegaram a essa conclusão? (*Agora, não mais dirigindo-se a toda a turma, mas à dupla Ivo e Lúcio.*)
154. Ivo: Como é que é?
155. Professor: Ham?... Porque cês chegaram a essa conclusão?
156. Lúcio: Ah, meio óbvio, né?
157. Professor: Não, óbvio não... então, se é óbvio é porque você pensou em alguma coisa. Daí é óbvio né?
158. Ivo: É a única que muda a direção do...
159. Lúcio: É..
160. Ivo: É a única força que muda a direção do...
161. Lúcio: É porque tá voltada para o centro, uê...
162. Professor: Ah!! Bom né? A característica da força centrípeta é o que?...ela tá sempre apontada para o centro da trajetória. Já conhecendo a trajetória, é a única força que tá apontada para o centro aí. As outras duas são perpendiculares à trajetória. Certo?...

Análise da seqüência 2: o procedimento de ‘destacar, nomear, justificar’ como estratégia de identificação e elaboração sobre uma categoria perceptual

Lúcio e Ivo, de um conjunto de forças representadas na figura do livro, identificaram a tensão como força centrípeta. O professor pediu para os alunos identificarem as forças e eles o fizeram corretamente. Houve, portanto, uma primeira correspondência entre os particulares destacados pelo professor e aqueles que os alunos conseguiram destacar na figura.

Após a pergunta de qual das forças muda a direção do vetor velocidade, apontaram a tensão no barbante. A dupla, protagonizada por Lúcio, enuncia a resposta dada durante a solução do exercício. O professor cisma, e pergunta porquê. A dupla fica sem saber o que dizer. Jorge afirma que isso é meio óbvio. O professor insiste, força os alunos a produzirem uma justificativa. Os alunos elaboram nova coordenação e explicitam características da força centrípeta: ‘é a força que altera a direção do...’; ‘é a força que aponta para o centro’. Veja que a primeira característica, dita de forma incompleta, não pode ser apreendida da figura, mas está presente no enunciado da questão. Ambas são propriedades de F_c enfatizadas nas atividades com experimento e com simulações, realizadas anteriormente. Ao enunciar essas características, os alunos reeditam sua história de interações com o tema.

O que favoreceu dizer a categoria perceptual ‘a tensão no barbante é a força centrípeta’ e, em seguida, elaborar uma coordenação conceitual que inclui essa informação perceptual conjugada a propriedades de F_c ? Destacar um aspecto na figura, nomeá-lo e justificar o procedimento é uma descrição sucinta da seqüência de passos de discussão da figura. Os enunciados proferidos no desenvolvimento dessa seqüência simples, bastante comum em uma sala de aula, permitem uma aproximação das informações perceptuais produzidas pelos alunos, e uma reflexão subsequente sobre elas. O professor, insistindo na justificativa, e apostando na possibilidade dos alunos em fazê-la, favoreceu bastante esse processo. Embora tais procedimentos possam parecer muito corriqueiros, é também comum que, diante de uma dificuldade ou da resistência dos alunos em produzir uma justificativa, movido pela necessidade em avançar na discussão do tema, o professor é que produz a justificativa. Perde-se, então, a oportunidade de refletir sobre a informação elaborada por um ou mais alunos, que pode estar próxima ou distante de, por exemplo, uma interpretação correta de uma certa representação. A diferença entre deter-se mais sobre uma informação

perceptual, discuti-la, inclui-la em uma elaboração mais coletiva, pode ser qualitativa na criação de oportunidades de aprendizagem. No caso desse episódio envolvendo a identificação da força centrípeta em figura do livro, a correspondência entre a informação dita pelos alunos e a esperada pelo professor, certamente, favoreceu o procedimento ‘identificar aspectos na figura, nomear, justificar’.

V – CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES

A possibilidade de manipular uma representação na tela do computador, parando, avançando, retrocedendo a animação, em passos de tempo diferenciados, favorece a interpretação e construção de modelos pelos alunos. Se por um lado isso é um fator positivo a ser explorado, por outro, devemos estar atentos para que os alunos não percam de vista que, embora seja um objeto manipulável, trata-se ainda da representação de um modelo, sendo esse seu caráter essencial. Um ambiente de aprendizagem que permite aos alunos operarem sobre representações dinâmicas provê condições para uma maior aproximação com as suas categorizações mais elementares, as de natureza perceptual. Ao facilitar esse tipo de inferência, foi possível então demonstrar, a partir dos episódios transcritos, que a percepção desempenha um papel não periférico na elaboração de conceitos. A percepção é um ato generativo que já expressa uma coordenação conceitual elementar, ponto de partida para construções mais complexas.

Na interação com as simulações do Modellus, há uma direção de interpretação estabelecida pelas instruções e questões escritas na tela, ao lado das representações em movimento. Ao prestar atenção nas telas, o aluno elabora categorias perceptuais, resultantes de uma coordenação de aspectos perceptuais, motores e conceituais. A partir dessas categorias, articula outras, reelabora seus conhecimentos prévios, reedita sua história de transações com o ambiente da sala de aula, com a estrutura específica do ambiente de aprendizagem, do qual é parte integrante, e com o tema em questão. Elabora conceitos e os expressa nos diálogos com os pares e com o professor. Ao buscar-se um ambiente de diálogo, é muito importante incentivar o aluno a dizer o que viu na tela. Pois nessa fala, abre-se uma janela de aproximação das categorias mais elementares que o aluno produz. Essa aproximação é feita pelo próprio aluno que ouve e reelabora seus enunciados, assim como pelos demais interlocutores na situação de interpretação. E, nessa interlocução permanente, constrói-se categorias cada vez mais complexas sobre essas categorias mais elementares. Ao expressá-las, o que o aluno diz vai paulatinamente modificando o que percebe, acrescido de outros estímulos propiciados pelos colegas e pelo professor. Estabelece-se um ambiente de aprendizagem com fontes diferenciadas de modo que, no plano das coordenações mais elementares, as categorias produzidas resultam de um processo em que a cognição é distribuída. O que chamamos acoplamento estrutural traduz esse caráter distribuído da cognição.

Admitida a validade desse argumento, uma de suas conseqüências é a necessidade de estarmos atentos às intervenções que fazemos quando discutimos com os nossos alunos, ou os orientamos na interpretação de um gráfico, de um desenho articulando diferentes representações como vetores, trajetória e números. Uma estratégia que pode dar bons resultados é a de criar condições para que o aluno faça enunciados que permitam inferir a

informação perceptual mais elementar que tenha elaborado. Estar atento a esse tipo de informação, não considerá-la como uma simples entrada, como algo mais próximo do dado puro, mas como um ato construtivo. Ao fazê-lo, indagar sobre os possíveis aspectos particulares da figura integrados pelo aluno e mediante quais regras foi realizada tal integração. Dialogar a partir desses aspectos e elaborar conjuntamente as coordenações seguintes. Estar atento a esse tipo de informação explicitada pelos alunos é uma atitude que cria condições para o diálogo em sala de aula e para a elaboração coletiva de conceitos. Fazê-lo significa criar oportunidades de aprendizagem.

Acreditamos, portanto, que, no processo de elaboração de conceitos, a percepção joga papel fundamental. Deve ser entendida como um ato generativo, uma coordenação conceitual elementar. Constitui-se nesse sentido em uma porta de entrada potencialmente reveladora das diferenças que fazem a diferença para nosso aluno e, por isso, elemento constitutivo de oportunidades de diálogo, de construção e aprendizagem.

VI – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CLANCEY, W. J. Conceptual coordination: abstraction without description. *International Journal of Educational Research*, 27(1), p.5-19, 1996.
- CLANCEY, W.J. *Situated cognition*. 1.ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1997. 406p.
- COULON, A. Etnometodologia e Educação. In: FORQUIN, J.C. (Org.); *Sociologia da Educação*. Dez anos de pesquisa. Trad. Guilherme João de Freitas Teixeira. Petrópolis: Vozes, 1995. cap.6, p.300-349.
- GREGORY, R. Vendo a inteligência. In: KHALFA, J. (org.). *A Natureza da inteligência: uma visão interdisciplinar*; tradução de Luiz Paulo Rouanet. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1996. cap.1, p.19-32.
- HOLSTEIN, J.A. and GUBRIUM, J.F. Fenomenologia, Etnometodologia e Prática Interpretativa . In: DENZIN, N. K. and LINCOLN, Y. S. (ed.) *Handbook of Qualitative Research*. London: Sage Publications, 1994. p. 262 a 272.
- MOREIRA, A.F. e BORGES, O.N. Práticas de interpretação mediadas por experimentos e simulações. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 3, 2001, Atibaia,. *Atas (CD)*..
- SALOMON, G. (Ed.) *Distributed Cognitions*. Psychological and educational considerations. Cambridge: University Press, 1997. cap.4, p.111-138.