

## CATEGORIAS DE ANÁLISE NAS PESQUISAS SOBRE CONCEITOS ALTERNATIVOS

JESUINA L. A. PACCA e ALBERTO VILLANI

*Instituto de Física - USP*

*Caixa Postal 20516*

*01498 São Paulo, SP*

### RESUMO

Nas pesquisas sobre concepções alternativas utiliza-se comumente a Análise de Conteúdo como método de extrair as informações do discurso dos indivíduos. Entre os dados brutos e o produto final da pesquisa, a influência das concepções e expectativas do pesquisador está sempre presente. Pretende-se discutir esse caminho percorrido, chamando a atenção para os saltos que existem entre os elementos essenciais de uma análise do discurso dos indivíduos, os dados brutos e as categorias de análise.

### ABSTRACT

Content Analysis is a powerfull method for obtaining informations from individuals speech; it is commonly used in research on alternative conceptions. The influences of the investigator conceptions and expectations are always present between the raw data and the final product. We intend to discuss this path showing the gaps among the essential elements of a speech analysis, the raw data and the categories.

---

Com auxílio do CNPq.

## INTRODUÇÃO

As pesquisas sobre conceitos alternativos valem-se, em geral, da análise do discurso dos estudantes sobre problemas e questões em que um certo conteúdo específico, no nosso caso de física, é envolvido.

Em que medida esse procedimento se diferencia da tradicional correção de provas?

De início, pode-se dizer que no caso das pesquisas há pelo menos uma intenção de considerar os erros como formas alternativas de pensar os próprios conceitos de física.

Esta forma de considerar o fato se reflete na metodologia de pesquisa utilizada, que é essencialmente uma análise de conteúdo.

Esse tipo de análise que busca a organização de dados, extraídos do material bruto fornecido pelos sujeitos, se faz a partir da elaboração de categorias que têm significado específico e estritamente ligado à natureza das informações que se quer obter.

Tal construção tem como ponto fundamental a percepção e a explicação de uma possível estrutura, o quadro conceitual almejado, subjacente ao material bruto (no caso, as respostas dos estudantes).

Entre dados e quadro conceitual há um longo caminho, que revela toda a criatividade do pesquisador, a qual se manifesta na escolha das categorias de análise.

O presente trabalho tem como finalidade uma reflexão e discussão sobre este caminho. Em particular

pretende-se chamar a atenção sobre o salto que existe entre elementos essenciais de uma análise do discurso dos estudantes, dados brutos, hipóteses de trabalho e categorias de análise.

#### O PRIMEIRO ENFOQUE

A escolha dos elementos significativos que servirão de base para a elaboração do quadro conceitual alternativo depende dos critérios e dos métodos de seleção.

Numa primeira aproximação, as categorias são elaboradas de modo a incluir dados cuja característica importante é estar fora ou dentro do sistema conceitual oficial, isto é, estar em desacordo com a física formal aceita hoje ou, ao contrário, ser compatível com ela. Essas categorias têm como referência o sistema aceito.

Difícilmente nesse nível de aproximação serão considerados interessantes, por exemplo, dados individuais como a presença de rasuras ou a preferência por um tipo de linguagem, pois o critério fundamental que orienta a seleção é a compatibilidade ou não com o esquema disciplinar.

Ainda nesse nível de aproximação as categorias são articuladas gerando o quadro conceitual alternativo. Por exemplo, as primeiras pesquisas sobre concepções alternativas em dinâmica revelaram a insistente ocorrência de uma relação, no discurso dos estudantes, entre força e velocidade, relação que constitui um dos elos básicos do quadro conceitual referente ao raciocínio alternativo em mecânica. Analogamente as pesquisas sobre calor revelaram uma clara superposição dos significados dos conceitos de calor e temperatura.

De certa forma, esse quadro alternativo já se configurava na focalização das ocorrências, no caso relacionar força com velocidade e não com aceleração ou usar temperatura no sentido de calor sem diferenciá-los, que chamavam a atenção do pesquisador.

Uma das características fundamentais dos discursos alternativos é sua mistura de ambigüidade e especificidade; isso permite construir diferentes categorias dependendo das hipóteses interpretativas do pesquisador. Mesmo concordando com o critério geral de seleção, o pesquisador pode ser muito rigoroso ou mais elástico, assumindo implicitamente que na mente dos estudantes os conceitos são bem definidos ou fracamente elaborados.

Certamente a passagem dos dados ao sistema alternativo a ser construído não é unívoca; trata-se de um salto qualitativo que envolve escolhas e responsabilidades do pesquisador. Surge assim o problema de escolher categorias mais próximas dos dados brutos ou das hipóteses interpretativas.

Quando as categorias são construídas diretamente sobre os dados, elas mostram muito detalhe, sendo também extensivas. Ao contrário, quando mais próximas de uma intuição a priori do pesquisador, são mais amplas e intensivas.

Por exemplo, na análise das respostas de estudantes a questões envolvendo colisões o pesquisador vai se deparar com várias manifestações diferentes sobre energia, quantidade de movimento, força, impulso, inércia; ele poderá diferenciar os vários sentidos que tais conceitos apresentam

e definir categorias com várias nuances ou ,ao contrário, poderá tentar agrupamentos hipotizando maior significado às semelhanças do que às diferenças. Entretanto, no trabalho de análise, dados brutos e hipóteses estão presentes necessariamente, pois ambas as referências são forçadas a se encontrarem nas categorias estruturadas.

Há riscos ao se trabalhar nos dois extremos. A proximidade com o quadro conceitual esperado pode levar a uma perda de elementos alternativos importantes no discurso global. A proximidade com os dados dificulta a interpretação e perde o sentido global.

A que distância se colocar?

#### DADOS DO DISCURSO x SISTEMAS EXPLICATIVOS

Os quadros conceituais alternativos, que existem atualmente na literatura especializada, inicialmente foram construídos quando se procurou analisar e dar sentido aos dados que ficavam de fora do sistema aceito oficialmente. Num refinamento posterior da análise, os quadros conceituais encontrados procuraram dar conta destes dados, aproximando-os mais do sistema aceito: os aspectos alternativos dos dados foram interpretados como tendo sentido análogo ao da ciência convencional, embora tendo nomes diferentes ou representando relações diferentes. A analogia consistia no fato de que os elementos que constituíam o quadro eram as mesmas grandezas físicas da física clássica, mas as relações entre tais elementos eram parcialmente ou totalmente diferentes. Por exemplo nos casos citados anteriormente o

quadro conceitual alternativo seria constituído pelas relações entre força, energia, impulso e quantidade de movimento oportunamente articuladas com as características específicas dos problemas apresentados.

Com este procedimento havia de fato ainda uma valorização do sistema convêncional da física quanto ao seu potencial explicativo e um ajuste dos dados brutos às categorias determinadas por ele. Tal ajuste era possível e legítimo pela característica de ambigüidade presente na maneira de se expressar dos estudantes.

De certa forma este primeiro resultado, que constitui um avanço em relação à qualificação de erro a tudo o que não estivesse de acordo com a física clássica, foi devido a um trabalho de análise muito próximo aos dados. A classificação de erro marginaliza e torna "resto" a grande maioria do discurso genuíno do estudante; o levantamento de categorias características deste resto a partir de ocorrências mais significativas, constitui uma retomada do objeto de análise e uma recuperação pelo menos parcial da especificidade do significado das respostas dos estudantes.

Entretanto, o modelo alternativo ainda pode deixar de fora dados incompreensíveis, para os quais não se encontram analogias nem formas alternativas de relações que possam se referir de alguma maneira ao que consideramos a física oficial. Neste ponto costuma-se rever as categorias, detalhando-as ou ampliando o conjunto delas; com isto, em geral, o modelo alternativo fica mais complexo, com ramificações e condições específicas para seus elementos constitutivos.

Esta situação não parece satisfatória, nem progredindo na direção desejável: a da coerência, harmonia e eficácia do pensamento de modo geral. Rever as categorias dessa maneira é um recurso limitado na busca de modos alternativos de pensar a física; da mesma forma, voltar aos dados brutos sem novas hipóteses acerca do modelo que lhes dá significado não acrescenta novidade essencial ao modelo.

Assim, o detalhamento nas categorias e a maior proximidade com os dados não garante progresso no modelo alternativo. A retomada dos dados deverá representar um nova hipótese dentro do quadro conceitual e, para um progresso real, esta nova hipótese deve ser qualitativamente superior à anterior; ela poderá implicar numa mudança de todo o sistema explicativo e não somente simples adaptações ou ampliações em extensão do mesmo sistema. Neste sentido as categorias passam a ser questionadas quanto à própria natureza: elas não representam mais elementos com significado na física oficial, mas elementos que guardam entre si relações coerentes na tentativa de explicar os fenômenos físicos.

Aqui, a proximidade com os dados no sentido de maior detalhamento deixa de ser muito importante; a reformulação da hipótese que pretende dar conta dos dados tem que considerar os aspectos globais dos dados que incluem suas relações, condições em que se realizam e necessidade de coerência intrínseca.

Note-se bem, isto não significa que há uma maior proximidade das categorias com o quadro conceitual aventado do que com os dados brutos, mas significa uma maior

proximidade do discurso como um todo com um novo quadro conceitual.

Um exemplo interessante deste tipo de modificação encontra-se na análise das idéias de "cinemática espontânea" (Saltiel, 1980). A maior compreensão da especificidade do quadro alternativo em relação à física oficial veio quando começaram a ser introduzidos elementos como "observador privilegiado", "movimento próprio", "velocidade aparente" que não existem na cinemática galileana. Para se chegar a esta nova etapa foi importante buscar, nos dados brutos, os resíduos de segunda ordem, ou seja todas as informações que não tinham um correspondente análogo na cinemática galileiana, para encontrar outros elementos que levassem à reelaboração das próprias hipóteses interpretativas que davam sentido ao discurso globalmente.

Como resultado final o novo quadro conceitual alternativo (Hosoume 1986) teve como conceito fundamental o movimento absoluto e como relações subordinadas entre movimento absoluto e observadores; somente alguns observadores "privilegiados" podiam obter medidas verdadeiras, os outros observadores obtinham unicamente medidas deformadas ou aparentes.

Evidentemente o levantamento de novas hipóteses interpretativas não esgota os problemas da análise de conteúdo. Diferentes hipóteses interpretativas podem ser compatíveis com os dados, sendo a própria análise das hipóteses incapaz de determinar qual delas é mais razoável; neste caso será necessária uma nova aproximação aos dados, possivelmente introduzindo novos dados, e uma análise mais cuidadosa dos mesmos.



Estas considerações levam a repensar o significado da análise de conteúdo e a importância da natureza e organização das categorias dentro das quais os dados brutos devem se colocar no processo de geração dos quadros conceituais alternativos.

A questão não é tanto de distância de um ou outro pólo, mas sim de flexibilidade do sistema alternativo para interpretar os dados e de incluir na consideração os resíduos de segunda ordem. Resíduos que podem ser representados por dados classificados em categorias marginais ou por aspectos de dados (ou seja relações entre dados) que nem haviam sido vislumbrados na classificação anterior.

Sintetizando, pode-se dizer que a questão da maior ou menor proximidade das categorias de análise, com os dados se coloca na medida em que se define o que e quanto é o resíduo e isto depende do sistema conceitual sobre o qual os dados são projetados. Elas devem estar próximas dos dados, facilitando a análise e incluindo o máximo possível deles na classificação; também próximas das hipóteses levantadas permitindo a articulação em quadros conceituais completos.

#### REORGANIZAÇÃO DAS CATEGORIAS

Dois pólos, constituídos por dados experimentais e hipóteses explicativas, foram tomados como os elementos mais importantes do processo de análise e ao mesmo tempo externos a ela (porque não são produzidos por ela). De fato o processo de análise é mais complexo; se pretende gerar

resultados interessantes e de valor científico não pode limitar-se a informações puramente descritivas sobre o conteúdo, não relacionadas com alguma expectativa externa (Holsti, 1969).

Uma análise interessante deve trabalhar entre dois pólos, melhor caracterizados por: dados "virtualmente" significativos e categorias "efetivamente" significativas. Assim, a primeira decisão a ser tomada pelo pesquisador e que pode ser eventualmente revista no decorrer da análise é a delimitação dos aspectos e das características dos dados brutos virtualmente significativos; estes são, na verdade, elementos que, de maneira provisória e intuitiva, apresentam para os pesquisadores possibilidades de virem a ser eventualmente incorporados na estrutura conceitual almejada.

A familiaridade com as pesquisas sobre concepções alternativas e com a análise do discurso é fundamental para esta primeira seleção que deve, de um lado não deixar de fora nenhum aspecto virtualmente importante e de outro lado não sobrecarregar desnecessariamente o esquema de análise tornando-o assim incapaz de lidar com aspectos comuns entre as respostas dos estudantes. Uma das exigências que se colocam para os resultados a serem alcançados é, por exemplo, serem confrontáveis com os de outras pesquisas sobre o mesmo tema.

Um exemplo de categorias que podem ser consideradas demasiado analíticas encontra-se em Hosoume(1978); um exemplo de trabalho que deixa de lado aspectos importantes dos dados pode ser visto em Piaget (1973). No primeiro caso não se consegue enxergar, na complexa rede de categorias e dimensões referentes à

solução de problemas de estudantes, algum elemento unificador que forneça uma visão global do processo ou, ao menos, dê pistas de estratégias de solução. No segundo caso a hipótese dos níveis cognitivos tem orientado a procura de elementos conceituais deixando de lado várias indicações de noções alternativas.

Nesta primeira fase do trabalho, pesquisadores iniciantes e experientes diferenciam-se bastante mas, em geral, os experientes convergem obtendo conjuntos semelhantes de dados virtualmente significativos; a familiaridade com pesquisas análogas acaba de fato por limitar o horizonte da análise. Entretanto, a diferença entre os especialistas pode mostrar-se acentuadamente na construção das categorias "efetivamente" significativas porque a escolha de categorias implica na invenção de uma rede conceitual explicativa dos dados brutos.

No trabalho bem conhecido de Viennot (1979), os vários aspectos assumidos pela relação entre força e velocidade constituíam dados virtualmente significativos, mas foi somente a invenção da categoria "capital de força" que permitiu tornar todos esses aspectos "efetivamente" significativos para a elaboração de um quadro conceitual alternativo.

De maneira geral, categorias deste tipo têm a função de mediar entre diferentes tipos de respostas específicas dos estudantes e possíveis estruturas cognitivas mais profundas, não diretamente acessíveis ao pesquisador (Viennot, 1985). Tais mediadores correspondem de certa forma

aos "protótipos" introduzidos por alguns autores (Di Sessa, 1982; Guidoni, 1985) e têm sido de fato o alvo, explícito ou não, das pesquisas sobre representações mentais.

A invenção e a criatividade são condições essenciais para que se produzam resultados interessantes sobre modos alternativos de pensamento. Mas até que ponto é permitido inventar? Em que momento algo que se mostra tão subjetivo passa a ser objetivo? Critérios do bom senso devem sempre estar presentes mas além deles, vários autores já se preocuparam com a objetividade nesse assunto, definindo critérios para a construção de categorias válidas e confiáveis (Holsti, 1969) e desenvolvendo modos de construir e representar quadros de categorias que se completam numa estrutura coerente (Bliss, 1983).

De qualquer modo, a subjetividade existirá sempre; não aquela produzida pelas dificuldades em transpor a ambigüidade e especificidade do discurso analisado mas aquela fruto da própria natureza das categorias "efetivamente" significativas. Por exemplo, "capital de força" ou "impetus" são maneiras, em parte diferentes, de dar sentido às relações força-velocidade, implícitas no discurso. Também no campo da eletricidade e da óptica aparecem diferentes modelos alternativos explicando o discurso dos indivíduos.

Entretanto, além desta característica de novidade das categorias, também a possibilidade de haverem maneiras múltiplas de procurá-las faz com que se espere resultados diferentes da análise de especialistas sobre os mesmos dados do discurso.

Mesmo de categorias que tomam aspectos quase que meramente descritivos e são diretamente ligadas aos dados, existem ainda diferentes modos de escolher o conteúdo das categorias que representam a essência dos modelos que se espera encontrar. Categorias causais são interessantes para analisar discurso referente ao conteúdo de física; tais categorias são entidades fictícias como, por exemplo, "capital de força" ou "movimento absoluto" constituindo idéias básicas sistematicamente presentes no raciocínio dos indivíduos. Elas representam relações causais diretas nos fenômenos analisados.

O enfoque das categorias pode também ajustar-se a explicações além do nível causal direto. Neste caso são dependentes do contexto e dão conta das possíveis interferências entre as causas diretas. Por exemplo, quando se trata de considerar movimentos que são devidos a causas diferentes (inércia e gravitação ou força impulsiva), pode ocorrer uma preferência de uma sobre a outra em função de condições de contorno favoráveis; neste caso, o efeito de uma das causas pode mesmo desaparecer. Além disso, o próprio nível causal direto pode ficar descaracterizado como acontece, por exemplo, na cinemática espontânea em que cada observador inercial registra um movimento aparente ou real dependendo das circunstâncias em que ele ocorre. Categorias capazes de dar conta desses resultados são categorias intercausais e se estruturariam numa outra dimensão da análise.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção de categorias para analisar as respostas dos estudantes a questões sobre situações físicas pode ser um processo sem fim. É sempre possível melhorar a qualidade dos dados efetivamente significativos e a análise, por melhor que tenha sido realizada, não conseguirá incluir todos os dados potencialmente inteligíveis numa determinada estrutura de categorias e dimensões.

Entretanto, mesmo que nos satisfaçamos com um certo limite de qualidade de uma rede de categorias a partir da sua capacidade de gerar explicações bastante razoáveis e interessantes dos dados, outros aspectos do problema de análise podem ser contemplados.

Um destes aspectos, que já aparece em algumas pesquisas mas ainda está pouco elaborado e explícito, consiste em focalizar formas de raciocínio alternativo, em parte, independentes do conteúdo físico tratado. Um exemplo disso pode ser encontrado em Villani (1990): estudantes de pós-graduação entrevistados sobre problemas referentes à velocidade da luz e a colisões utilizam raciocínios "lineares" diretos (em lugar de considerar efeitos de feedback), raciocínios "causais" (em lugar de focalizar conservações), raciocínios "monoconceituais" (em lugar de considerar diferentes variáveis), etc..

Um outro aspecto capaz de enriquecer a análise seria a inversão do seu sentido, passando dos resultados para os dados e, fundamentalmente, para os instrumentos que

os geraram. Tal inversão permitiria compreender e classificar as questões-problemas a partir daquilo que pareceram produzir nos indivíduos e que não se previra.

Deste ponto de vista, seria interessante reelaborar, de forma controlada, as questões que originaram os dados para testar hipóteses sobre as condições de contorno físicas importantes para revelar concepções alternativas específicas. Este tipo de trabalho, pelo que supomos, constitui novidade e por enquanto permanece no campo das possibilidades.

#### BIBLIOGRAFIA

BLISS, J.; MONK, M.; OGBORN, J., 1983. - Qualitative Data Analysis for Educational Research. Croom-Helm. London.

DI SESSA, A., 1982. Unlearning Aristotelian Physics: A study of knowledge based learning. Cognitive Science, vol. 6, pp. 37-75.

GUIDONI, P., 1985. On natural thinking. Eur. J. Sci. Educ. vol. 7, n.2, pp. 133-140.

HOLSTI, O.R., 1969. Content Analysis. Handbook of Social Psychology, vol. II, pp. 596-662.

HOSOUME, Y. 1978. Um Instrumento e um Método de Análise de um Curso Básico de Física: uma Proposta. Dissertação de Mestrado. IFUSP-FEUSP, São Paulo.

HOSOUME, Y., 1986. Proposta de um Modelo "Espontâneo" de Movimento. Tese de doutoramento. FEUSP, São Paulo.

PIAGET, J. et alii. 1973. La Formation de la Notion de Force. PUF, Paris.

SALTIEL, E.; MALGRANGE, J.L., 1980. Spontaneous ways of reasoning in elementary kinematics. Eur. J. Phys., vol. 2, pp. 73-80.

VIENNOT, L., 1979. Spontaneous reasoning in elementary dynamics. Eur. J: Sci. Educ., 1(2), pp. 205-221.

VIENNOT, L., 1985. Analysing students' reasoning in science: a pragmatic view of theoretical problems. Eur. J. Sci. Educ. 7(2) pp. 151-162.

VILLANI, A.; PACCA, J.L.A., 1990. Spontaneous Reasoning of Graduate Students. A ser publicado em Int. J. Sci. Educ.