

Representações Sociais sobre Física Quântica entre estudantes de graduação brasileiros e argentinos



Thais Rafaela Hilger¹, María Silvia Stipcich², Marco Antonio Moreira³

¹*Departamento de Teoria e Prática de Ensino, Setor de Educação, Universidade Federal do Paraná, Rua General Carneiro, 460, 5º andar, Edifício D. Pedro I. CEP 80060150 - Curitiba, PR, Brasil.*

²*Departamento de Formación Docente, Facultad de Ciencias Exactas, UNCPBA, Pinto 399, (7000), Tandil, Buenos Aires, Argentina.*

³*Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Código Postal 15051, Campus Universitário, CEP 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil.*

E-mail: hilger@ufpr.br / thais.hilger@gmail.com

(Recibido el 13 de marzo de 2017; aceptado el 28 de marzo de 2017)

Resumo

As representações sociais podem influenciar grandemente a aprendizagem significativa de novos conhecimentos uma vez que, embora sejam socialmente construídas, integram a estrutura cognitiva do estudante. Com o objetivo investigar quais representações sobre Física Quântica permeiam o meio acadêmico, é apresentada uma pesquisa comparativa sobre esses conhecimentos entre universitários iniciantes em cursos de engenharia do Brasil e da Argentina. Empregaram-se técnicas de Escalonamento Multidimensional, a partir dos dados obtidos com o uso de um Teste de Associação Numérica de Palavras (TANP), além da elaboração de Quadro de Vergès, a partir dos dados obtidos com o Teste de Associação Escrita de Palavras (TAEP), para determinação de elementos que compõem o núcleo e a periferia dessas possíveis representações sociais. As associações nos dois grupos estão muito ligadas à Física Geral, como esperado para alunos de início de curso. De posse das representações sociais sobre assuntos oriundos da Física, é possível buscar a prevalência de conceitos científicos entre grupos de estudantes. Através deste trabalho, espera-se ratificar a importância da teoria das representações sociais em pesquisas em ensino de Física.

Palavras chave: representações sociais, ensino de Física, Física Quântica.

Abstract

Social representations might strongly influence the meaningful learning of new knowledge since, in spite of being socially constructed, they integrate student's cognitive structure. Aiming to investigate social representations of quantum physics that pervade the academic environment, a research study was carried out comparing this kind of knowledge among engineering freshman students in Brazil and Argentina. Multidimensional scaling techniques were used to analyse data gathered with a Numerical Word Association Test (NWAT). In addition, a Vergès' Table was constructed from data collected with a Written Word Association Test (WWAT) in order to identify the elements that compose the nucleus and the peripheral zone of those possible social representations. In both groups the associations are closely connected with General Physics, as it could be expected from freshman students. Having social representations of physics topics it is possible to search the prevalence of scientific concepts among student's groups. Through this paper with expected to stress the relevance of the social representations theory for research in physics teaching.

Keywords: social representations, physics teaching, quantum physics.

PACS: 01.40.Fk, 01.75.+m, 01.40.Ha, 01.40.gb, 03.65.-w

ISSN 1870-9095

I. INTRODUÇÃO

Muitas teorias de aprendizagem se preocupam com a situação cognitiva do aluno, como seu conhecimento prévio se relaciona com novos conhecimentos e evolui, seja naturalmente ou com auxílio de um parceiro, professor ou meio sociocultural. Nesta perspectiva, as representações sociais podem atuar como variáveis importantes no

desenvolvimento cognitivo do aprendiz, uma vez que podem constituir este conhecimento prévio, ou subsunção [1, 2].

Com o maior alcance dos meios de comunicação é possível observar também o crescente uso de “termos científicos” para justificar ou explicar fenômenos dos mais diferentes tipos. Muitas vezes estes conceitos são apresentados de forma muito simplificada, escapando ao

sentido que é aceito, ou mesmo adotando significados repudiados, pelos cientistas.

Neste panorama, as informações propagadas pelos meios de divulgação (boas ou não tão boas) podem exercer grande influência na formação do conhecimento prévio, que pode não ser adequado e, portanto, criar um subsunçor desfavorável para a aquisição de novos conhecimentos. Acredita-se que estes significados, ao serem incorporados pelos sujeitos à sua estrutura cognitiva, possam atuar como barreira para a aprendizagem significativa de um conceito tal como compartilhado pela comunidade científica.

O conhecimento produzido no meio científico constitui o chamado universo reificado [3] e segue regras, supostamente objetivas, com rigor lógico, teórico e metodológico. Trata-se de um universo restrito, composto por atividades intelectuais típicas das ciências, que é responsável pela produção do conhecimento em unidades especializadas e hierarquizadas.

Por outro lado, as relações provenientes do cotidiano e do senso comum formam os chamados universos consensuais [3]. O conhecimento produzido neste universo não apresenta regras pré-estabelecidas, ao contrário, utiliza-se de uma lógica própria. A sociedade em geral participa deste universo de forma igualitária, todas as teorias têm o mesmo valor para explicar os fenômenos cotidianos e, quando compartilhadas, regem comportamentos habituais. Neste contexto, surgem as representações sociais [3].

Entre estes dois universos encontram-se os meios de divulgação, como, por exemplo, internet, cinema, televisão, etc., que tentam traduzir o conhecimento, proveniente do universo reificado, para a população que integra o universo consensual. Além desses meios, há também pessoas que fazem essa transformação da informação, como é o caso de professores, jornalistas, palestrantes, cientistas amadores, etc. As representações sociais são o reflexo do conteúdo que circula neste meio, pois é através dele que a população em geral tem acesso ao conhecimento produzido no meio acadêmico.

Devido à enorme quantidade de informações recebidas, os conteúdos científicos recebem cada vez mais atenção e, muitas vezes, dominá-los é sinal de status, como é o caso da Física, das tecnologias dela decorrentes e mesmo de conjecturas a respeito do desenvolvimento da humanidade e seu futuro. Estes assuntos podem servir de chamariz para o ingresso de alguns estudantes em cursos ligados às ciências.

Além disso, com certa frequência os assuntos veiculados fazem referência ao universo reificado, e a população naturalmente sente necessidade de posicionar-se a respeito desses temas, que servem como matéria-prima na elaboração de representações sociais. Assim, surge na sociedade atual uma nova espécie de senso comum, “permeado pela razão e submetido à autoridade legítima da ciência. Este é um conhecimento de segunda mão que se estende e estabelece constantemente em um novo consenso sobre cada descobrimento e cada teoria” [4]. Esse novo conhecimento, seja ele representação social ou não, pode atuar como subsunçor para a aprendizagem significativa.

II. REFERENCIAL

A. Aprendizagem Significativa

A teoria da aprendizagem significativa proposta por Ausubel [1, 2] refere-se ao processo onde o aluno, em situação de sala de aula, se apropria de um corpo organizado de conhecimentos. Aprender significativamente é dar significado a uma nova informação, é relacioná-la interativamente a algum conhecimento especificamente relevante que já esteja presente e disponível na estrutura cognitiva. Este conhecimento prévio ou subsunçor é, segundo Ausubel, a variável isolada mais importante para o sucesso da aprendizagem significativa. Se o aprendiz não apresenta os subsunçores adequados ou se estes estiverem indisponíveis, não há condições para que aconteça a aprendizagem significativa: torna-se necessário construí-los ou tentar resolver o problema fazendo uso de organizadores prévios.

Na aprendizagem significativa ocorre a interação entre os conhecimentos novos e os subsunçores, provocando modificações em ambos e formando um novo conhecimento, cujas características serão obtidas a partir desse intercâmbio. Esta ligação que ocorre entre conhecimentos é designada “ancoragem cognitiva”, pois a nova informação ancora-se, liga-se, à pré-existente. Assim, o significado lógico do conteúdo passa a ter significado psicológico e é incorporado [5]. Este processo de ancoragem é denominado assimilação.

Ausubel complementa sua teoria com mais dois processos: a diferenciação progressiva – na qual ocorre o refinamento e o detalhamento do subsunçor, elevando seu grau de especificidade – e a reconciliação integradora – responsável pelas relações entre os subsunçores, explorando suas diferenças e semelhanças e os recombinao. Para ele, “todas as experiências passadas de aprendizagem influenciam, exercem efeitos positivos ou negativos, na nova aprendizagem ... em virtude do impacto sobre as propriedades relevantes da estrutura cognitiva” [2], isto é, atuam sobre o conhecimento prévio do sujeito.

A teoria da aprendizagem significativa está centrada na ideia da interação entre conhecimentos novos e antigos. Assim, a teoria das representações sociais relaciona-se intimamente com a teoria da aprendizagem significativa, na medida em que essas representações fazem parte do conhecimento prévio do aprendiz e podem favorecer ou dificultar no processo de aprendizagem.

B. Representações sociais

Uma representação é uma imagem, um análogo estrutural, um modelo, elaborado para explicar um objeto, um evento, um estado de coisas do mundo, que une a percepção e cognições prévias, dentro de uma perspectiva dinâmica, contínua e criativa. Já o conceito de representação social trata de uma forma de conhecimento mais específico, que apresenta o conteúdo organizado, com processos gerativos e funcionais, designando, de modo mais amplo, o saber do sentido comum como forma de pensamento social [6]. Por essa razão, a análise sobre uma representação social envolve a identificação de sua

organização e estrutura, ou seja, é preciso conhecer o conteúdo e suas articulações, como se organiza e se relaciona com a estrutura cognitiva do sujeito.

As ideias mais importantes e estáveis estão inclusas no chamado núcleo central, enquanto os elementos mais acessíveis e flexíveis são armazenados na periferia. O núcleo é sempre consensual e compartilhado, conferindo significado à representação, organizando, estabilizando e unificando as ideias dos sujeitos sobre o objeto e, por isso, caracterizando a identidade de cada grupo. Se o núcleo de duas representações é diferente têm-se duas representações também diferentes.

Já a periferia tem como principal função proteger o núcleo e garantir a individualidade de cada sujeito. Assim, sua existência permite atualizar a representação e adaptá-la ao contexto: as contradições e incorporações individuais que aparecem na periferia são complementos indispensáveis do núcleo, uma vez que a periferia apresenta relação direta com ele.

Enquanto o núcleo é essencialmente normativo, a periferia é mais funcional, permitindo que a representação seja ancorada na realidade do sujeito. “Nesses processos de percepção social aparecem, portanto, elementos centrais, aparentemente constitutivos do pensamento social, que lhe permitem colocar em ordem e compreender a realidade vivida pelos indivíduos ou grupos” [7].

As representações sociais são cunhadas em grupos sociais, nos quais os sujeitos comunicam-se a respeito de um objeto, interagindo com ele e representando-o. Mas nem todos os grupos compartilham a mesma representação. Portanto, existe uma pluralidade de representações sociais, definidas conforme as relações com o objeto e de acordo com fatores de emergência [8].

É necessário que o grupo relacione-se com o objeto a ser representado e que este objeto tenha valor para o grupo, razões pelas quais os sujeitos buscam representá-lo. Devido à complexidade do objeto e às barreiras sociais e culturais existentes entre a população, a informação disseminada pode sofrer alterações e distorções no processo de sua transmissão. Assim, os aspectos do objeto julgados relevantes pelo sujeito (ou pelo grupo) impedem uma visão global sobre ele. Esses aspectos são padronizados pelo acesso a informação, por interesses profissionais ou ideológicos, e determinam a pertinência e a própria representação.

As pessoas formam uma representação e buscam informações a respeito de um objeto apenas após adotarem um posicionamento e em função desse posicionamento. Este processo de tomada de posição leva tempo, pois existe um período em que o sujeito sente-se pressionado, porém não conhece suficientemente bem o objeto. Se o objeto apresentar uma interpretação polimórfica o suficiente, o sujeito adere à opinião do grupo e a compartilha, criando interações e comportamentos dirigidos para o grupo e do grupo para os indivíduos. Além dessas, também o grupo deve apresentar ausência de ortodoxia, isto é, não deve estar submetido a princípios que controlem seus pensamentos e atitudes em relação ao objeto, o que impediria a busca por explicações alternativas.

Depois de satisfeitas essas condições, dois processos são envolvidos na elaboração de uma representação social. Esses processos auxiliam no entendimento do funcionamento das representações sociais.

Um deles é a objetivação, que traduz a ideia por meio de imagens e permite que o objeto seja interpretado. No decorrer de processos comunicativos, algumas informações sobre o objeto são previamente selecionadas entre as fornecidas, então as variáveis escolhidas são transformadas em conjuntos gráficos. Depois, são concretizadas e integradas em um todo coerente e retidas pelo indivíduo.

Simultaneamente, ocorre a ancoragem, que se refere “à integração cognitiva do objeto representado dentro do sistema de pensamento preexistente e às transformações derivadas desse sistema” [6]. Inicialmente o objeto é avaliado segundo os valores culturais do grupo, sendo inserido em uma rede de significados e recebendo um valor funcional. O objeto passa a mediar as comunicações entre os sujeitos e o meio, sendo inserido em uma estrutura familiar e previamente constituída, num contexto inteligível. Assim o objeto é traduzido em sentido e significado, instrumentalizando o conhecimento e enraizando-o na estrutura cognitiva do sujeito.

A formalização do conhecimento que ocorre após os processos de objetivação e ancoragem tem o objetivo de familiarizar o sujeito ao objeto: “a finalidade de todas as representações é tornar familiar algo não familiar, ou a própria não-familiaridade” [9]. A partir desses processos, é possível entender a produção das representações sociais e seus efeitos na compreensão e explicação da realidade.

Nas sociedades modernas, o novo é gerado nos universos reificados da ciência, e é a exposição ao novo que introduz a não familiaridade na sociedade. Apenas quando o não familiar torna-se familiar e é incorporado aos universos consensuais é que operam os processos de familiarização e a novidade deixa de sê-lo. É criada uma nova realidade, socialmente aceita e conhecida [3]. Surge, assim, um novo e cientificado senso comum, cujos efeitos sobre a compreensão e explicação da realidade podem atuar como subsunçores, favorecendo ou impedindo a aprendizagem significativa. Desta forma, justifica-se a investigação de ideias sobre a Física Quântica que circulam no meio escolar e acadêmico, possibilitando a detecção de possíveis representações sociais dessa área da Física.

Deve-se considerar que as representações “circulam através da comunicação social cotidiana e se diferenciam de acordo com os conjuntos sociais que as elaboram e as utilizam. Por tudo isso, a pesquisa empírica das representações sociais não produz resultados replicáveis ou generalizáveis para outros contextos” [7].

Cada pesquisa em representações sociais exige a utilização de metodologia múltipla e adequada ao caso que se deseja estudar.

III. METODOLOGIA

Para acessar os conhecimentos sobre Física Quântica dos estudantes de engenharia investigados, foram coletados

dados através de um questionário dividido em duas etapas: a primeira tratava de um teste de associação escrita de palavras (TAEP), onde o sujeito deveria associar livremente as palavras que considerasse relacionadas ao termo fornecido, neste caso, Física Quântica, e a segunda apresentava um teste de associação numérica de palavras (TANP), no qual o respondente deveria numerar entre 1 e 7 o grau de similaridade entre a dupla de palavras fornecidas, onde 1 corresponde a máxima semelhança entre elas e 7 significa que são muito deferentes. Este questionário é semelhante ao utilizado por Hilger [10, 11] e foi traduzido para o público argentino sem perda de significado.

A estratégia dos testes é bastante simples e já foi utilizada em outros estudos na área de Ensino de Física (e.g. [12-19]).

A. Teste de Associação Numérica de Palavras – TANP

Para a análise das respostas foram utilizadas técnicas de escalonamento multidimensional [19-23]. Na análise multidimensional são geradas representações geométricas, como mapas, que refletem a estrutura cognitiva do respondente. Esses mapas são obtidos a partir de matrizes de similaridade, onde cada célula reflete quão próximas são duas palavras. O grau de proximidade é obtido diretamente, no caso do TANP, pois cada par de palavras-estímulo recebe uma numeração de 1 a 7 – quanto maior o valor, mais diferentes as duas palavras. Na Tabela 1 é exibido um recorte que esclarece a forma de apresentação do teste.

TABELA I. Parte integrante do TANP.

	1	2	3	4	5	6	7
Espiritualidade e sucesso							
Alma e quantum							
Probabilidade e incerteza							
Espiritualidade e pensamento							
Probabilidade e sucesso							
Espiritualidade e probabilidade							
Física quântica e sobrenatural							
Incerteza e quantum							
Quantum e pensamento							

Os termos selecionados (alma, espiritualidade, Física Quântica, incerteza, partícula, pensamento, quantum, sobrenatural, sucesso) foram determinados por Hilger [11] e distribuídos par a par, de modo aleatório. A maior vantagem desta técnica é a obtenção direta da medida de proximidade, no entanto, os mapas obtidos refletem uma estrutura superficial, pois as palavras-estímulo, mesmo que não apresentem significado para o sujeito, serão associadas a um valor de similaridade. Essa desvantagem pode ser minimizada com o uso de técnicas auxiliares, como, por exemplo, o TAEP.

De posse das respostas para cada sujeito, foram obtidas matrizes com a similaridade média atribuída a cada dupla de palavras. Essas matrizes médias, para cada grupo em separado, constituem os dados de entrada para o programa de tratamento estatístico utilizado: SPSS 8.0 (Statistical Package for the Social Sciences). Assim, foram geradas as representações gráficas, que, supostamente, refletem aspectos da estrutura cognitiva dos respondentes, a partir dessas matrizes.

“Esse tipo de tratamento gera representações gráficas nas quais se pode visualizar o grau de sobreposição ou de independência entre os campos semânticos. ... Definitivamente, a forma como as pessoas estruturam o campo semântico de um determinado objeto permite acessar a sua representação social sobre tal objeto. ... Este tipo de análise outorga um papel simétrico às variáveis, por um lado, e aos indivíduos, por outro, o que permite estabelecer uma tipologia das pessoas em função de suas respostas” [24].

É necessário estabelecer, para cada mapa, dois parâmetros de significância estatística (stress e RSQ) que garantem que as representações gráficas não correspondem a dados de entrada aleatórios. O stress indica quão bem o mapa obtido está ajustado aos dados fornecidos e à função que guia a distribuição dos pontos no diagrama, isto é, quanto menor o stress, mais bem adequada está a configuração ao que se quer representar. Já o coeficiente de correlação ao quadrado (RSQ) fornece a porcentagem da variância dos dados que podem ser explicados pela configuração obtida. Ambos são calculados automaticamente pelo programa estatístico utilizado. Para o caso aqui discutido, os parâmetros, apresentados na Tabela 2, estão de acordo com os de referência, estabelecidos por Greca [25].

TABELA II. Stress e RSQ para as configurações em três e duas dimensões.

	Brasileiros	Argentinos
Stress 3D	0,08326	0,06386
Stress 2D	0,15188	0,11092
RSQ 3D	0,92807	0,95950
RSQ 2D	0,84763	0,92146

B. Teste de Associação Escrita de Palavras – TAEP

Neste tipo de teste, é fornecida ao sujeito uma série de palavras ordenadas aleatoriamente e ele deve escrever abaixo de cada termo dado o máximo de palavras que puder lembrar. Trata-se de uma técnica que permite determinar a proximidade semântica entre os termos dados, ou palavras-estímulo.

Este tipo de instrumento é vantajoso, pois permite que um amplo espectro de associações seja observado, já que os participantes sentem-se mais à vontade. Contudo, apresenta algumas desvantagens e foram tomadas medidas para minimizá-las. Em primeiro lugar, este tipo de teste baseia-

se apenas em representações linguísticas e, por isso, foi permitido aos participantes que escrevessem frases para melhor explicitar suas ideias. Além disso, a técnica estimula um processamento mínimo da informação, fazendo com que os sujeitos não explorem totalmente sua capacidade de externalização, problema que foi contornado pela ausência de tempo limite para entrega do teste, permitindo que os indivíduos pudessem explorar toda sua estrutura de conhecimentos.

A técnica de associação escrita de palavras ainda permite

“o acesso, muito mais fácil e rapidamente do que em uma entrevista, aos elementos que constituem o universo semântico do termo ou do objeto estudado. A associação livre permite a atualização de elementos implícitos ou latentes que seriam perdidos ou mascarados nas produções discursivas” [26].

Além disso, é facilitado o acesso aos elementos que compõem o núcleo e a periferia da representação, já que a hierarquia conceitual aparece nas associações. Na teoria do núcleo central das representações sociais foram desenvolvidas técnicas adicionais que permitem conhecer a organização de seu conteúdo. A técnica adotada aqui foi aplicada simultaneamente ao TAEP e consiste em “pedir ao sujeito para efetuar ele mesmo sobre sua própria produção um trabalho cognitivo de análise, de comparação, de hierarquização” [26], fazendo uma marcação nas palavras associadas. Após escrever suas associações, o sujeito deveria enumerá-las em ordem crescente, de acordo com seu julgamento a respeito da ligação entre elas. Então, 1 corresponderia a palavra mais associada ao estímulo entre todas as que o sujeito escreveu, 2 seria a próxima mais associada, e assim por diante, fornecendo o núcleo e a periferia da representação para cada grupo social.

Após uma triagem prévia, onde questionários com respostas idênticas são anulados, é feita a digitação, onde as palavras são reordenadas de acordo com a marcação realizada pelos sujeitos. Também é preciso tomar o cuidado de padronizar palavras levemente diferentes, como no caso do uso de singular / plural, feminino / masculino ou verbo / substantivo, para que o software possa interpretá-las de acordo com seu significado equivalente.

A lista de associações de cada sujeito para cada palavra-estímulo consiste nos dados de entrada do software EVOC 2000 [27], que agrupa as palavras em quatro quadrantes, de acordo com a frequência com que se repetem e com a ordem em que aparecem na lista de cada sujeito. Este gráfico gerado é denominado gráfico ou tabela de Vergès [28, 29] e é fornecido automaticamente pelo EVOC, sendo necessário que o pesquisador estabeleça alguns parâmetros, delimitando padrões para posterior análise.

Estes parâmetros são: frequência mínima (valor mínimo de repetições para cada termo associado que serve como linha inferior de corte, determinando as palavras que não apresentam repetição suficiente para fazer parte da representação e que, portanto, são excluídas da tabela de Vergès), frequência intermediária x (corresponde ao intervalo onde as evocações apresentam frequência mais significativa, participando de modo mais efetivo da

representação social) e ordem média y (auxilia na determinação de que elementos pertencem ao núcleo ou à periferia da representação). Deve-se deixar claro que, apesar de bem estabelecidos e facilmente encontrados pelo uso da função RANGMOT no software EVOC 2000 [30], a interpretação do conteúdo de cada um dos quadrantes cabe ao pesquisador e, portanto, pode ser ajustado de acordo com condições específicas do grupo estudado.

Estabelecidos estes parâmetros, o núcleo da representação encontra-se no primeiro quadrante da Tabela III, onde a frequência de repetição das palavras é igual ou superior a x e a ordem média de associação é inferior a y . Ou seja, são elementos com grande número de repetições e marcados muitas vezes, portanto muito importantes e estruturantes da representação.

TABELA III. Componentes dos quadrantes fornecidos pelo software EVOC 2000.

1º quadrante – núcleo da representação Frequência $\geq x$ Ordem média de associação $< y$	2º quadrante – 1ª periferia Frequência $\geq x$ Ordem média de associação $\geq y$
3º quadrante – elementos de contraste Frequência $< x$ Ordem média de associação $< y$	4º quadrante – 2ª periferia Frequência $< x$ Ordem média de associação $\geq y$

No terceiro quadrante encontram-se os elementos de contraste, onde a frequência é inferior a x e a ordem média para cada palavra é inferior a y . Estes elementos participam do núcleo da representação de algumas pessoas do grupo e são considerados importantes para elas, porém não se repetem tanto quanto as palavras consideradas do núcleo, pois não são compartilhados por todos.

Os elementos das periferias correspondem aos com ordem média igual ou superior a y . No segundo quadrante encontra-se a primeira periferia, cujos elementos apresentam frequência considerada alta, maior ou igual a x . Já o quarto quadrante refere-se à segunda periferia, com componentes de frequência inferior a x . A periferia complementa o núcleo com informações que podem ou não ser compartilhadas entre todos os membros do grupo, porém não têm tanta importância quanto as do núcleo [31].

O próprio software fornece os componentes do núcleo e da periferia, além dos elementos de contraste, distribuídos conforme a Tabela 3, mas cabe ao pesquisador interpretá-los e utilizar técnicas adicionais para analisar o conjunto obtido.

Esta técnica de hierarquização está de acordo com a teoria do núcleo central [7] e fornece indícios sobre a dinâmica das representações sociais.

Foram estabelecidos os seguintes parâmetros na determinação do Quadro de Vergès: o valor estipulado para frequência mínima foi tal que aproximadamente 10% dos

respondentes apresentassem a associação, valor que sobe para 15% na frequência intermediária; e o valor que definiu a ordem média de associação foi de 40% das palavras associadas para cada sujeito (limitado pelo número de espaços possíveis, que era de dez palavras). Estes valores são apresentados na Tabela IV.

TABELA IV. Parâmetros utilizados para elaboração do Quadro de Vergès.

	Brasileiros	Argentinos
Frequência mínima	3	7
Frequência intermediária	5	10
Ordem média	4	4

IV. Resultados

Para fins de comparação entre amostras, foram entregues questionários para estudantes de 1º ano do curso de engenharia da computação de uma universidade da rede particular de ensino brasileira e de 1º ano de engenharia de sistemas de uma universidade pública argentina. Foram considerados válidos 31 questionários respondidos por estudantes brasileiros e 68 argentinos.

A partir dos dados obtidos com o TANP, observa-se a semelhança entre os grupos de estudantes. Na Tabela 5 tem-se a média das associações numéricas para a dupla de palavras formada por Física Quântica e o termo fornecido na primeira coluna.

TABELA V. Associação numérica relacionada à Física Quântica.

	Brasileiros	Argentinos
Alma	4,7	5,8
Espiritualidade	5,0	6,0
Incerteza	4,0	3,1
Partícula	2,7	1,6
Pensamento	4,0	2,6
Probabilidade	2,7	2,2
Quantum	2,9	1,8
Sobrenatural	4,8	4,6
Sucesso	4,3	3,9

Nos dois grupos verifica-se que *espiritualidade* é considerado o termo mais distante de *Física Quântica*, recebendo valor mais próximo de 7. Já a palavra com maior proximidade foi *partícula*, cuja média de associação está mais próxima de 1. Assim, observa-se a associação entre Física Quântica e termos que são aceitos pela comunidade de físicos como relacionados à Física Quântica. Constatamos ainda que, na amostra de estudantes brasileiros,

probabilidade recebeu o mesmo valor numérico que partícula, o que mantém o mesmo tipo de relação apontada.

Com os demais dados provenientes das associações numéricas, obtiveram-se configurações espaciais, com auxílio do programa estatístico SPSS, para os dois grupos de estudantes de engenharia, apresentadas em três dimensões nas Figuras 1 e 2 e em duas dimensões nas Figuras 3 e 4.

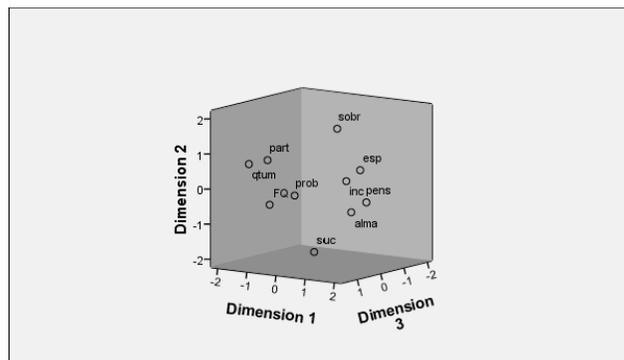


FIGURA 1. Configuração obtida para estudantes brasileiros, em três dimensões.

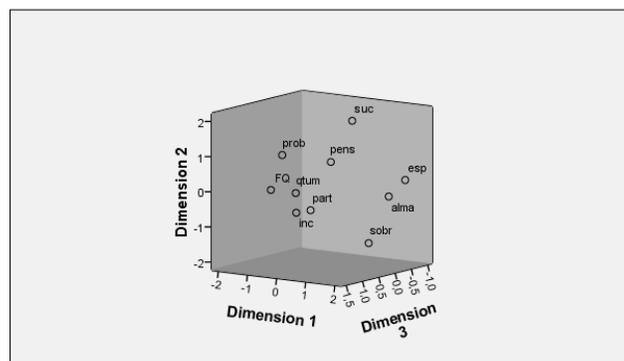


FIGURA 2. Configuração obtida para estudantes argentinos, em três dimensões.

Observa-se que, para o caso tridimensional argentino, aparentemente a palavra *incerteza* (inc) faz parte do agrupamento próximo à *Física Quântica* (FQ). Assim, apesar do bom ajuste da configuração aos dados (baixo stress e alto RSQ), é preciso observar como a configuração bidimensional se apresenta.

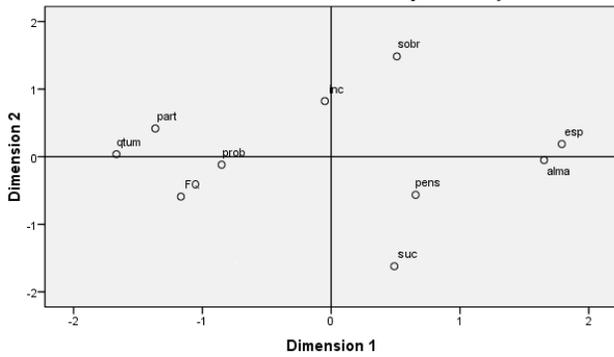


FIGURA 3. Configuração obtida para estudantes brasileiros, em duas dimensões.

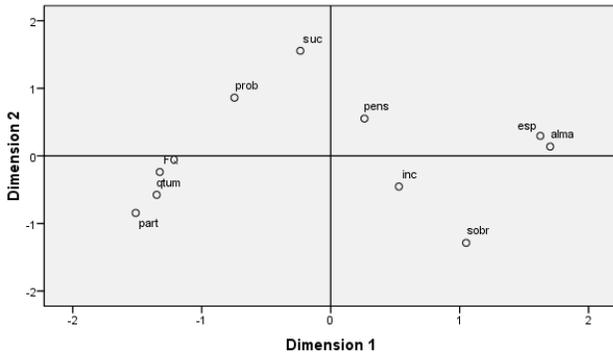


FIGURA 4. Configuração obtida para estudantes argentinos, em duas dimensões.

Na configuração em duas dimensões é elucidado que a palavra *incerteza* (*inc*) de fato não faz parte do grupo em que estava na configuração tridimensional. Assim, observa-se que, em ambos os casos, existe um agrupamento próximo à *Física Quântica* (FQ), composto por *quantum* (*qtum*) e *partícula* (*part*), acrescido de *probabilidade* (*prob*) para o grupo de brasileiros. Este grupo, localizado no lado esquerdo, está em consonância com os valores mostrados na Tabela 5, onde os valores mais baixos, próximos de 1, revelam a proximidade entre os termos em relação à Física Quântica. Além disso, foram consideradas mais distantes de Física Quântica as palavras *alma* e *espiritualidade* (*esp*), que aparecem nas duas configurações no quadrante da direita.

Nota-se com o caso apresentado que, mesmo com o melhor ajuste, conforme apresentado na Tabela 2, muitas vezes é preferível comparar as configurações em outras dimensões a fim de esclarecer possíveis sobreposições encontradas. Teoricamente, o melhor ajuste é obtido para a configuração com máxima dimensionalidade, no entanto, dimensões mais baixas podem melhorar o entendimento sobre a proximidade e possíveis agrupamentos entre os dados.

Não foi possível, a partir do TANP, determinar em que medida estes dois conjuntos refletem associações ligadas (ou não) à Física Quântica ou à Física em geral, uma vez

que os estudantes enumeraram as duplas de palavras de acordo com seus critérios pessoais. No entanto, constatou-se que o termo *incerteza* foi relacionado ao significado cotidiano, de dúvida, e não ao princípio da incerteza, que “afirma que uma experiência não pode determinar simultaneamente o valor exato de uma componente do momento (...) e também o valor exato da coordenada correspondente. Em vez disso, a precisão (...) está inerentemente limitada pelo processo de medida em si” [32]. Este princípio pode ser apresentado sob diferentes definições, sendo a forma aqui escolhida apropriada para facilitar a identificação da diferença entre este princípio e o significado cotidiano atribuído ao termo *incerteza*.

Além das configurações apresentadas, podem-se compreender as ideias dos alunos sobre Física Quântica observando as associações realizadas no TAEP. Para as associações escritas, realizadas para o termo Física Quântica, foi utilizado o programa EVOC 2000 para avaliar quais palavras compunham o núcleo central, a zona de contraste e as periferias, de acordo com os parâmetros estabelecidos na Tabela IV, resultando no Quadro de Vergès para cada caso. São apresentados esses quadrantes nas Tabelas VI e VII.

TABELA VI. Quadro de Vergès para estudantes brasileiros.

átomo elétron partícula	cálculo espaço molécula universo
big bang energia	Einstein incerteza invisível matéria micro número relatividade tecnologia

TABELA VII. Quadro de Vergès para estudantes argentinos.

cálculo investigação matéria	átomo energia espaço força partícula velocidade
quantidade física movimento	gravidade probabilidade tempo

Verifica-se que em ambos há palavras que poderiam ser relacionadas à ciência em si, como cálculo, investigação, número. No entanto, observa-se uma diferença importante no tipo de associação que prevalece no núcleo, para cada grupo: os brasileiros utilizam mais termos relacionados à

Física atômica e de partículas (átomo, elétron, partícula), enquanto os argentinos apresentam termos mais genéricos (cálculo, investigação, matéria). Já nos demais quadrantes, observa-se a presença equivalente de palavras oriundas da Física em geral, sendo relacionáveis à Física Quântica propriamente dita: para os brasileiros termos como invisível, incerteza, micro e tecnologia, e para os argentinos apenas probabilidade.

Deve-se lembrar de que incerteza e probabilidade foram fornecidas no questionário, na fase do TANP, podendo ter influência sobre o resultado, uma vez que, mesmo que o TAEP tenha sido apresentado antes, os estudantes estavam livres para acessar todos os testes presentes no questionário na ordem em que quisessem.

É importante ressaltar que

“se o nosso acesso ao objeto de pesquisa se dá apenas através do discurso dos participantes, talvez seja realmente impossível saber se suas falas são realmente indícios de representações ou se foram produzidas em função apenas de estímulos ou estados psicológicos momentâneos” [26].

Por isso, o que se tem nesta pesquisa são indícios de que existem representações sociais sobre a Física Quântica. Mas não é possível afirmar que, com certeza, os componentes do núcleo e da periferia são exatamente os encontrados ou que a representação é exatamente a descrita: uma Física Quântica que mistura elementos de conteúdos de Física em geral e das aulas de Física.

V. CONCLUSÕES

De acordo com a teoria da aprendizagem significativa, o conhecimento prévio é a variável isolada que mais influencia a aprendizagem e conhecer as ideias que os alunos apresentam sobre o assunto a ser ensinado facilita o aprendizado. Atualmente muitos termos relacionados à ciência, como a Física Quântica, por exemplo, são abordados na sociedade, possivelmente gerando interesse dos estudantes.

Com isso, vão sendo construídas representações sociais de conceitos quânticos que poderão funcionar como fortes obstáculos epistemológicos à captação dos significados cientificamente aceitos nessa área. Conhecendo que ideias são estas e qual sua influência sobre o sistema cognitivo dos estudantes é possível buscar caminhos que levem a uma potencial transformação desse conhecimento ao seu correspondente científico.

De acordo com o padrão observado entre os estudantes aqui investigados, verifica-se que, mesmo que os grupos apresentem características histórico-culturais distintas, como língua, costumes, etc., simultaneamente fazem parte de um grupo único, com atributos comuns: são estudantes de engenharia, que assistem disciplinas de Física Geral e Cálculo, e, portanto, realizam associações submetidas a regras implícitas que determinam o que pertence ou não ao universo no qual estão ingressando, o das ciências.

Ao contrário do observado entre estudantes de ensino médio brasileiros [12], entre os estudantes de engenharia não foi detectada a influência, ou pelo menos não foi

explicitada, de teorias quânticas alternativas. Talvez o grupo aqui investigado tenha contato com ideias relacionadas à Física Quântica que não sejam aceitas pela comunidade de físicos como científicas, porém, optam por associar palavras pertencentes ao contexto em que responderam ao questionário, o contexto da aula de Física Geral para engenharia. Assim, mostra-se relevante compreender o universo dos estudantes e fornecer subsídios para melhorar a prática pedagógica.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado com financiamento parcial da CAPES e do CNPQ.

REFERÊNCIAS

- [1] Ausubel, D. P., *Educational psychology – a cognitive view*, (Holt, Rinehart and Winston, New York, 1968).
- [2] Ausubel, D. P., *The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view*, (Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, 2000).
- [3] Sousa, C. M. S. G. de, Moreira, M. A., *Representações sociais*. In: M. A. Moreira (Org.), *Representações mentais, modelos mentais e representações sociais*, (UFRGS, Porto Alegre, 20015).
- [4] Moscovici, S., Hewstone, M., *De la ciencia al sentido común*. In: S. Moscovici (Org.), *Psicología Social II*, (Paidós, Barcelona, 1986).
- [5] Moreira, M. A., *Aprendizaje significativo: un concepto subyacente*. In: Moreira, M. A., Caballero, M. C., Rodríguez, M. L. (Orgs.), *Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo*, 19-44 (Burgos, 1997).
- [6] Jodelet, D., *La representación social: fenómenos, concepto y teoría*. In: S. Moscovici (Org.), *Psicología Social II*, (Paidós, Barcelona, 1986).
- [7] Sá, C. P., *Núcleo central das representações sociais*, (Vozes, Rio de Janeiro, 1996).
- [8] Moliner, P., *Les conditions d'émergence d'une représentation sociale*. In: P. Moliner (Org.), *Images et représentations sociales*, (PUG, Grenoble, França, 1996).
- [9] Moscovici, S., *Representações sociais: investigações em psicologia social*, (Vozes, Petrópolis, Brasil, 2003).
- [10] Hilger, T. R., *Representações sociais de conceitos de Física Moderna e Contemporânea*. Tese de Doutorado, (Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013).
- [11] Hilger, T. R., *Representações sociais da Física Quântica*, Dissertação de Mestrado, (Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009).
- [12] Hilger, T. R., Moreira, M. A., *A study of social representation of quantum physics held by high school students through numerical and written word association*

tests, Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias **8**, 52-61 (2013).

[13] Moreira, M. A., Hilger, T. R., Präss, A. R., *Representaciones sociales de la Física y de la Mecánica Cuántica*, Revista de Enseñanza de la Física, La Rioja **22**, 15-30 (2009).

[14] Hilger, T. R., Moreira, M. A., Silveira, F. L., *Estudo de representações sociais sobre Física Quântica*, Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia, Ponta Grossa **2**, 1-16 (2009).

[15] Gobara, S. T., Rosa, P. R. S., Piubéli, U. G., Bonfim, A. K., (2002). *Estratégias para utilizar o programa Prometeus na alteração das concepções de mecânica*, Revista Brasileira de Ensino de Física **24**, 134-145 (2002).

[16] Greca, I. M., Moreira, M. A., *O uso da análise multidimensional na pesquisa em ensino de ciências*, Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências **1**, 99-110 (2001).

[17] Greca, I. M., Moreira, M. A., Herscovitz, V. E., *Uma proposta para o ensino de Mecânica Quântica*, Revista Brasileira de Ensino de Física **23**, 444-457 (2001).

[18] Rosa, P. R. S., Moreira, M. A., Buchweitz, B., *Alunos bons solucionadores de problemas de Física: caracterização a partir da análise de testes de associação de conceitos*, Revista Brasileira de Ensino de Física **15**, 52-60 (1993).

[19] Santos, C. A., Moreira, M. A., *Escalonamento multidimensional e análise de agrupamentos hierárquicos*, (Editora da Universidade, Porto Alegre, Brasil, 1991).

[20] Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. I., Black, W. C., *Análise multivariada de dados*, 5ª Ed. (Bookman, Porto Alegre, Brasil, 2007).

[21] Borg, I., Groenen, P., *Modern multidimensional scaling: theory and applications*, 2ª Ed. (Springer Press, New York, 2005).

[22] Cox, T. F., Cox, M. A. A., *Multidimensional scaling*, 2ª Ed. (Chapman and Hall/CRC, Boca Ratón, Florida, 2001).

[23] Kruskal, J. B., Wish, M., *Multidimensional scaling*, (SAGE publications, Beverly Hills, 1978).

[24] Ibañez, T., *Representaciones sociales, teoría y método*. In: Ibañez, T. (Org.), Ideologías de la vida cotidiana, (Sendai, Barcelona, 1988), pp. 13-78.

[25] Greca, I. M. R., *Construindo significados em Mecânica Quântica: resultados de uma proposta didática aplicada a estudantes de Física Geral.*, Tese de Doutorado, (Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000).

[26] Sá, C. P., *A construção do objeto de pesquisa em representações sociais*, (Eduerj, Rio de Janeiro, 1998).

[27] Vergès, P., Bouriche, B., *L'analyse des données par les graphes de similitude*, Sciences Humaines, (2001), <<http://www.scienceshumaines.com/textesInedit/Bouriche.pdf>>, visitou em 13 de novembro de 2016.

[28] Vergès, P., Tyszka, T., Vergès, P., *Noyau central, saillance et propriétés structurales*, Papers on social representations **3**, 3-12 (1994).

[29] Vergès, P., *L'évocation de l'argent: une method pour la définition du noyau central d'une représentation*, Bulletin de Psychologie, **405**, 203-209 (1992).

[30] Brabo, J. C., *Contenido y Estructura de Representaciones Sociales sobre Pedagogía y Pedagogos em Profesores de Ciencias*, Tese de Doutorado, (Universidade de Burgos, Burgos, 2011).

[31] Abric, J. C., *Le recherche du noyau central et de la zone muette des représentations sociales*. In: Abric, J. C. (Org.), Méthodes d'étude des représentations sociales, (Éditiones Érès, Ramonville Saint-Agné, 2003).

[32] Eisberg, R., Resnick, R., *Física Quântica*, Tradução do original: Quantum physics of atoms, molecules, solids, nuclei and particles, 24ª reimpressão (Elsevier, Riode Janeiro, 1979).