



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
CURSO DE LICENCIATURA PLENA EM FÍSICA**

**MARCOS ALVES FORMIGA**

**UMA ABORDAGEM INTRODUTÓRIA DE ALGUNS  
CONCEITOS E APLICAÇÕES DE NANOTECNOLOGIA NO  
ENSINO MÉDIO**

CAMPINA GRANDE – PB  
2016

**MARCOS ALVES FORMIGA**

**UMA ABORDAGEM INTRODUTÓRIA DE ALGUNS  
CONCEITOS E APLICAÇÕES DE NANOTECNOLOGIA NO  
ENSINO MÉDIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Graduação Licenciatura Plena em  
Física, da Universidade Estadual da Paraíba, em  
cumprimento à exigência para obtenção do grau  
de Licenciado em Física.

Orientador: Jean Paulo Spinelly da Silva.

CAMPINA GRANDE – PB  
2016

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

F725a Formiga, Marcos Alves.

Uma abordagem introdutória de alguns conceitos e aplicações de nanotecnologia no ensino médio [manuscrito] / Marcos Alves Formiga. - 2016.

23 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2016.

"Orientação: Prof. Dr. Jean Paulo Spinelly da Silva, Departamento de Física".

1. Nanotecnologia. 2. Nanociência. 3. Aprendizagem de Ausubel. 4. Ensino de Física. I. Título.

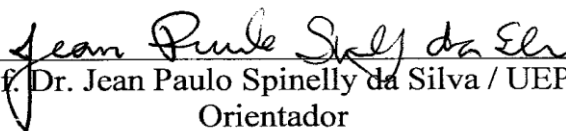
21. ed. CDD 620.5

MARCOS ALVES FORMIGA

**UMA ABORDAGEM INTRODUTÓRIA DE ALGUNS  
CONCEITOS E APLICAÇÕES DE NANOTECNOLOGIA NO  
ENSINO MÉDIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Graduação **Licenciatura Plena em  
Física** da Universidade Estadual da Paraíba, em  
cumprimento à exigência para obtenção do grau  
de Licenciado em Física.

Aprovada em 30/03/2016.



Prof. Dr. Jean Paulo Spinelly da Silva / UEPB  
Orientador



Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Morgana Lúcia de Farias Freire / UEPB  
Examinadora



Prof. Msc. Elialdo Adriola Machado / UEPB  
Examinador

## **UMA ABORDAGEM INTRODUTÓRIA DE ALGUNS CONCEITOS E APLICAÇÕES DE NANOTECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO**

FORMIGA, Marcos Alves

### **RESUMO**

A física ensinada em muitas das escolas, em especial as públicas, deixa muito a desejar, quando se leva em consideração os avanços tecnológicos e científicos atuais. O fato, é que o ensino dessa disciplina, por muitas vezes, não aborda situações que aproximem os conceitos teóricos do cotidiano dos alunos. Isso faz com que a matéria não desperte interesse em grande parte dos alunos. Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi fazer uma abordagem, de forma introdutória, sobre alguns conceitos e aplicações da nanotecnologia e, no ensino médio. A abordagem foi baseada na teoria de aprendizagem de Ausubel e aplicada a uma turma do 2º ano do ensino médio, de uma escola pública. Seguindo os pressupostos dessa teoria, inicialmente foi aplicado um questionário para verificar os conhecimentos prévios sobre o tema abordado; em seguida, foi ministrada uma aula com o tema proposto, levando em consideração, também, algumas indagações por partes de alguns alunos; após essas etapas, a fim de verificar se houve uma aprendizagem significativa, o questionário foi novamente aplicado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Nanociência. Nanotecnologia. Ausubel.

## 1. Introdução

É um fato que muitas escolas deixam a desejar no que se diz a respeito às abordagens de temas relacionados a física quântica e suas aplicações.

Contudo, vale salientar que a inserção desses temas é de suma importância para os alunos do ensino médio, principalmente nas escolas públicas, pois o mundo em que vivemos está em constantes mudanças tecnológicas. De fato, é inconcebível que, diante das constantes inovações tecnológicas, a física, aplicada e trabalhada no ensino médio no Brasil, seja praticamente a mesma usada no final do século XIX.

VALADARES (1998) afirma que, na abordagem desses conteúdos, o professor deve fazer uma relação entre a física da sala de aula e aquela que está presente no cotidiano do aluno. Essa relação é importante, pois, através dela, o aluno pode analisar algumas implicações da ciência no aspecto social, cultural, ecológico e, até mesmo, global. Além disso, conhecendo essas implicações ele pode adotar posturas éticas e políticas, cada vez mais necessárias, quanto ao uso das modernas tecnologias que o avanço da ciência possibilita (CAVALCANTE, 2005).

No que se refere à transmissão de conhecimentos científicos em sala de aula, pesquisas mostraram que é necessário conhecer como os indivíduos aprendem e como se dá o desenvolvimento mental desde sua infância. Dito de outra forma, é preciso saber mais sobre as teorias da aprendizagem e como as utilizar no planejamento e na implantação das práticas instrucionais em sala de aula. As principais correntes teóricas são: a comportamentalista, a humanista e a cognitivista. Dentro da corrente cognitivista, podemos destacar a teoria de aprendizagem significativa de Ausubel. Segundo essa teoria, a aprendizagem se dá do ativo envolvimento do aprendiz na construção do conhecimento, onde as ideias prévias dos estudantes desempenham um papel importante no processo de aprendizagem.

Mediante tanto avanço tecnológico rodeando a todos, em particular os avanços da nanotecnologia e da nanociência, torna-se objeto de interesse levar esses conhecimentos para ensino médio. Nesse contexto, nosso objetivo é fazer uma abordagem, de forma introdutória, de alguns conceitos e aplicações da nanotecnologia, em uma turma do 2º ano do ensino médio. Para tanto, usamos, como referencial teórico, a teoria de aprendizagem de Ausubel.

## 2. Fundamentação Teórica

### 2.1. Nanotecnologia e Suas Aplicações

Podemos definir a nanotecnologia como a manipulação de estruturas atômicas e moleculares, o que ocorre em uma escala e representam um bilionésimo de metro  $10^{-9}$  m, denominada nano. Por sua vez, a ciência que desenvolve o conhecimento das propriedades e potencialidades nessa escala é denominada nanociência. (ZANELLA , 2009)

É importante ressaltar que, além do tamanho dos objetos, o que define a nanotecnologia e a nanociência são os novos procedimentos utilizados para investigar o que acontece no nanomundo. Enfim, o que caracteriza a nanociência e a nanotecnologia é adoção de técnicas que permitem tanto visualizar como manipular a matéria em escala nanométrica, incluindo a manipulação direta dos átomos.

A nanotecnologia e a nanociência se tornaram possíveis graças a dois avanços extremamente decisivos. Podemos dizer que o primeiro está associado à invenção de instrumentos que viabilizaram a visualização e a manipulação da matéria – os chamados microscópios de varredura por sonda (SPM) e o outro fator foi o desenvolvimento de equipamentos capazes de produzir filmes sólidos com um controle de espessura em escala atômica .(VALADARES, CHAVES e ALVES, 2005).

A nanotecnologia tem um papel fundamental nas mudanças do mundo inovador de hoje, pois, como trabalha com uma escala muito pequena e organizada, viabiliza o surgimento de novos produtos e de novas tecnologias que podem ser aplicadas nos mais diversos ramos da ciência e da tecnologia.

Dentre as inúmeras aplicações da nanotecnologia e da nanociência, podemos citar:

- i) *Protetores Solares e Cosméticos* - Nanopartículas de dióxido de titânio e óxido de zinco são usados em alguns protetores solares. Eles refletem os raios ultravioletas (UV) e são transparentes à luz visível, sendo mais atrativos aos consumidores.
- ii) *Tecidos Impermeáveis* - Uma empresa americana chamada Nano-Tex LLC desenvolve calças com um tecido especial que repele água. O tecido é produzido com milhões de microscópicas substâncias que aderem às fibras de *cotton* e, efetivamente, repelem rapidamente o líquido sem deixar nenhum vestígio. As partículas são criadas manipulando alguns átomos de carbono até chegar a forma desejada, que tem

aproximadamente 10nm de comprimento. Agregado à celulose da fibra, o material de torna hidrofóbico. Como as partículas são muito pequenas, elas não alteram a aparência do material ( Departamento de Física e Centro de Física Computacional da Universidade de Coimbra).

- i) *Nanopartículas de Argila* - Nanopartículas de argila ocorrem naturalmente e tem sido muito importante em materiais de construção. Partículas de argila modificadas, contendo plásticos e nanoflocos de argila estão sendo aplicados na construção de arnotecedores de carros mais resistentes.
- ii) *Janelas auto-limpantes* - Um material que recobre o vidro foi desenvolvido pela empresa Activglass e tem a função de auto-limpar a janela. O material que recobre o vidro é ativado pelos raios ultravioleta e quebram as moléculas orgânicas e diminuem a aderência da sujeira inorgânica. Com isso a sujeira é carregada pela chuva.
- iii) *Tintas* - O uso de nanopartículas em tintas pode trazer enormes benefícios, entre eles: tintas mais brilhantes, mais leves, com menos solventes, ecologicamente mais seguras e, até mesmo, ante arranhões.
- iv) *Displays* - O grande mercado da área de displays tem se beneficiado enormemente com a nanotecnologia. Painéis mais brilhantes, com tela plana têm sido desenvolvidos com nanomateriais. Recentemente, os nanotubos de carbono têm sido investigados para o uso em telas devido à uma grande variedade de vantagens: telas com menor voltagem de emissão de campo, condutividade, brilho e outras características. Outro material utilizado recentemente na construção de displays são os LEDs.
- v) *Baterias* - Com o grande aumento no número de equipamentos portáteis (telefones celulares, GPS, computadores, sensores remotos) há um aumento na necessidade do desenvolvimento de baterias mais leves e com mais capacidade de energia. Materiais nanocristalinos sintetizados por técnicas sol-gel são os candidatos mais promissores, podendo armazenar bem mais energia do que as baterias convencionais. *Chips de computador* - A capacidade computacional atual foi obtida, principalmente, com ajuda dos processos de miniaturização dos transistores. Como comparação, o chip Intel 4004, de 1971, possuía 2300 transistores usando uma tecnologia de 10000nm; já o Intel Xeon, de 2003, possui 108 milhões de transistores funcionando com uma frequência muito maior e possuindo tecnologia de 130nm. Os grandes desafios para o futuro, como em todos os materiais nanométricos, são os problemas originados com a miniaturização se aproximando cada vez mais aos limites atômicos.



vi) *Armazenamento de informação* - Memórias de computador é um dos elementos mais importantes na indústria da tecnologia de informação. O uso de nanotecnologia pode ajudar muito no desenvolvimento de memórias menores e com mais capacidade. Recentemente pesquisadores alemães anunciaram a criação de uma nova célula de memória de 20nm, aproximadamente 5000 vezes mais fino que um fio de cabelo. A expectativa dos pesquisadores é que essa nova célula possa ser usada na criação de memórias não-voláteis com capacidade de até 32Gb.

Um dos possíveis problemas é a nanopoluição que é gerada por nanomateriais ou durante a confecção destes. Este tipo de poluição, formada por nanopartícula, pode ser muito perigosa, uma vez que flutua facilmente pelo ar viajando por grandes distâncias. Devido ao seu pequeno tamanho, os nanopoluentes podem entrar nas células de seres humanos, animais e plantas. Como a maioria destes nanopoluentes não existe na natureza, as células provavelmente não terão os meios apropriados de lidar com eles, causando danos ainda não conhecidos. Estes nanopoluentes poderiam se acumular na cadeia alimentar como os metais pesados e o DDT( *dicloro-difenil-tricloroetano* ) um tipo de pesticida.

## **2.2. Mecânica quântica: a linguagem da nanotecnologia**

Entre o final do século XIX e o começo do século XX a Física passou por uma “crise”. Uma série de resultados experimentais veio a exigir conceitos totalmente incompatíveis com a Física Clássica. O desenvolvimento desses conceitos levou à elaboração da Teoria Quântica que, por ser uma teoria que descreve os fenômenos em uma escala subatômica, possibilitou o surgimento e o desenvolvimento da nanotecnologia e da nanociência.

Segundo SANTOS (2005) a mecânica quântica teve início com Max Planck, , quando propôs a quantização da energia ao explicar o espectro de emissão do corpo negro. Outro acontecimento que contribuiu para o surgimento desta teoria ocorreu em 1905, quando Einstein, para explicar o efeito fotoelétrico, postulou que a luz é constituída por fótons.

Inspirado na ideia lançada por Einstein, De Broglie, em sua tese de doutoramento (1924), lançou uma ideia simples, mas extremamente importante, que iniciou o desenvolvimento de teoria da mecânica quântica. Ele sugeriu que, assim como as radiações eletromagnéticas, a matéria tem um caráter dual onda-partícula, e admitiu que o movimento

de uma partícula apresenta propriedades ondulatórias de certas “ondas-piloto”  $\psi$  (sua terminologia) associadas à partícula. Baseado nas relações utilizadas para calcular o comprimento de onda e a frequência da radiação eletromagnética, de Broglie postulou que o comprimento de onda  $\lambda$  e a frequência  $\gamma$  das ondas piloto associadas a uma partícula de momento  $p$  e energia relativística  $E$  são dadas pelas equações  $\lambda = h/p$  e  $\gamma = E/h$  ( $h = 6,55 \times 10^{-34} \text{ j.s}$ ) e que o movimento da partícula é guiado pelas propriedades ondulatórias das ondas-piloto.

Embora o postulado de De Broglie não nos traga nenhuma informação quanto à forma das ondas-piloto, é evidente que a amplitude das ondas-piloto deve ser modulada de tal modo que seu valor seja diferente de zero somente numa região finita do espaço, nas vizinhanças da partícula. Isto é necessário porque elas devem, de alguma maneira, esta associadas espacialmente à partícula cujo movimento controlam. As ondas piloto formam um grupo de onda e, com uma função do tempo, o grupo deve mover-se ao longo do eixo  $x$  a mesma velocidade da partícula.

Deve ficar claro que, apesar de estar correto, o postulado de De Broglie não nos fornece uma teoria completa do comportamento de uma partícula, mas somente o primeiro passo na construção da teoria.

O postulado afirma que o movimento de uma partícula é governado pela propagação de suas ondas-piloto, sem, todavia, nos informar de que maneira essas ondas se propagam. Apenas para o caso mais simples de uma partícula livre somos capazes de entender algumas das características da propagação das ondas-piloto. Para se tratar o caso de uma partícula que se move sob a ação de forças, devemos ter uma equação que nos diga como as ondas piloto se propagam nessa situação mais geral. Além disso, devemos poder estabelecer uma ligação fr

qualitativa entre elas e a partícula à que estão associadas; isto é, devemos saber exatamente como essas ondas “pilotam” o movimento da partícula.

A equação requerida para as ondas-piloto, a chamada equação de Schrödinger, foi elaborada em 1925, e é dada por

$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \psi + V\psi$$

sendo  $m$  a massa de uma partícula que se move sob a ação de uma força conservativa  $\vec{F} = -\vec{\nabla}V$ .

Na obtenção dessa equação, Schrödinger seguiu diretamente as ideias de De Broglie, mas não fez uso da expressão “ondas-piloto”, denotando tanto as ondas, como a função matemática que as representa,  $\psi(\vec{r}, t)$ , pelo termo função de onda. Outra mudança foi que Schrödinger procurou desenvolver uma teoria válida somente no domínio não-relativístico de velocidades.

A presença da quantidade imaginária  $i$  na equação de Schrödinger tem, como consequência, que suas soluções são necessariamente funções complexas das coordenadas e do tempo. Isto torna evidente que não devemos atribuir às funções de onda uma existência física. Desta forma, a ideia de onda piloto não pôde ser mantida. ( TIPLER, LLEWELLYN ,2006)

A interpretação que permitiu o pleno desenvolvimento da teoria foi formulada por Max Born. De acordo com ele, o produto  $\psi^*\psi$  é a densidade de probabilidade de se localizar uma partícula. Isto significa que a probabilidade que uma partícula, descrita pela função de onda  $\psi(\vec{r}, t)$ , seja encontrada no volume  $d^3\vec{r}$ , em torno do ponto  $\vec{r}$ , no instante  $t$ , é

$$dP(\vec{r}, t) = |\psi(\vec{r}, t)|^2 d^3\vec{r}$$

Naturalmente, o caráter determinístico da mecânica clássica não se aplica aqui.

### 2.3. A nanotecnologia e o ensino médio

O papel fundamental da educação no desenvolvimento das pessoas e das sociedades amplia-se, ainda mais, no despertar do novo milênio e aponta para a necessidade de se construir uma escola voltada para a formação de cidadãos. Vivemos numa era marcada pela competição e pela excelência, onde progressos científicos e avanços tecnológicos definem exigências novas para os jovens que ingressarão no mundo do trabalho. Tal demanda impõe uma revisão dos currículos, que orientam o trabalho cotidianamente realizado pelos professores e especialistas em educação do nosso país (BRASIL ,1999).

A transposição didática entre a produção científica e o contexto educacional é almejada por praticamente todos os componentes curriculares. Essa baseia-se na possibilidade de levar o conhecimento abstrato, definido como “saber sábio”, gerado pelos cientistas, para as salas de aula, o “saber ensinado” (CHEVALLARD, 1991).

Pensando nesta transposição e imerso em um universo cada vez mais voltado para a tecnologia e a ciência, como também visualizando a situação de muitos alunos nas salas de aulas das escolas como também fora dela, que convivem com um mundo que esta bem aquém desses conhecimentos, faz-se necessário o acréscimo de alguns conceitos da tecnologia e da ciência que ainda não são abordados nos conteúdos programáticos a serem ministrados em sala de aula.(OSTERMANN , 2000).

Neste contexto a nanotecnologia é algo que promete revolucionar a forma como vivemos, nos comunicamos e como trabalhamos. Pesquisadores atuantes na área veem na nanotecnologia o potencial para que doenças incuráveis sejam tratadas, materiais com propriedades excepcionais nunca observados sejam obtidos, gerando com isso grandes mudanças sociais e econômicas.

Portanto, é essencial que alunos do ensino médio conheçam o que é a potencialidade e os efeitos da nanotecnologia e da nanociência, visto que estas áreas prometem fazer uma nova revolução tecnológica.

Diversos países já possuem disciplinas que abordam temas específicos de nanotecnologia e nanociência (COLLEGE, 2008; INITIATIVE, 2008), mostrando, desta maneira, a importância levar essas informações para a formação do cidadão conhecedor e crítico. .

## **2.4. A teoria de Ausubel**

A teoria da aprendizagem de Ausubel propõe que os conhecimentos prévios dos alunos sejam valorizados, para que possam construir estruturas mentais utilizando, como meio, mapas conceituais que permitem descobrir e redescobrir outros conhecimentos, caracterizando, assim, uma aprendizagem prazerosa e eficaz (AUSUBEL , 1980)

A aprendizagem é muito mais significativa à medida que o novo conteúdo é incorporado às estruturas de conhecimento de um aluno e adquire significado para ele a partir da relação com seu conhecimento prévio. Ao contrário, ela se torna mecânica ou repetitiva e o novo conteúdo passa a ser armazenado isoladamente ou por meio de associações arbitrária na estrutura cognitiva.

Neste processo, a nova informação interage em comum à estrutura de conhecimento específico, que Ausubel chama de conceito “subsunçor”. Esta é uma palavra que tenta traduzir a inglesa “subsumer”. Quando o conteúdo escolar a ser aprendido não consegue ligar-se a algo já conhecido, ocorre o que Ausubel chama de aprendizagem mecânica, ou seja, quando as novas informações são aprendidas sem interagir com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva. Assim, a pessoa decora fórmulas, mas esquece após a avaliação (MOREIRA, 1999).

Para que a aprendizagem significativa ocorra é preciso entender o processo de modificação do conhecimento, em vez de comportamento em um sentido externo e observável, e reconhecer a importância que os processos mentais têm nesse desenvolvimento. As ideias de Ausubel também se caracterizam por basearem-se em uma reflexão específica sobre a aprendizagem escolar e o ensino, em vez de tentar somente generalizar e transferir, à aprendizagem escolar, conceitos ou princípios explicativos extraídos de outras situações ou contextos de aprendizagem.

Para haver aprendizagem significativa são necessárias duas condições. Em primeiro lugar, o aluno precisa ter uma disposição para aprender: se o indivíduo quiser memorizar o conteúdo arbitrariamente e literalmente, então a aprendizagem será mecânica. Em segundo, o conteúdo escolar a ser aprendido tem que ser potencialmente significativo, ou seja, ele tem que ser lógico e psicologicamente significativo: o significado lógico depende somente da natureza do conteúdo, e o significado psicológico é uma experiência que cada indivíduo tem. Cada aprendiz faz uma filtragem dos conteúdos que têm significado ou não para si próprio.

Com esse duplo marco de referência, as proposições de Ausubel partem da consideração de que os indivíduos apresentam uma organização cognitiva interna baseada em conhecimentos de caráter conceitual, sendo que a sua complexidade depende muito mais das relações que esses conceitos estabelecem em si que com o número de conceitos presentes. Entende-se que essas relações têm um caráter hierárquico, de maneira que a estrutura cognitiva é compreendida, fundamentalmente, como uma rede de conceitos organizados de modo hierárquico de acordo com o grau de abstração e de generalização.

Há quem credite o fracasso escolar apenas à falta de disposição do aluno em aprender, esquecendo que o professor é o profissional qualificado para criar os momentos com potencial de possibilitar a construção do conhecimento. O fracasso escolar tem causas variadas, por essa razão o contexto deve também ser considerado. No livro *O Diálogo Entre o Ensino e a Aprendizagem*, Telma Weisz explica que uma boa situação de aprendizagem é aquela em que as crianças pensam sobre o conteúdo estudado. Elas têm problemas a resolver e decisões a

tomar em função do que se propõe. Segundo Weisz , o docente precisa garantir a máxima circulação de informação possível. Além disso, o assunto trabalhado deve manter suas características socioculturais reais, sem se transformar em um objeto escolar vazio de significado social.

### **3. Metodologia**

A abordagem foi aplicada a uma turma com 20 alunos, do 2º ANO do ensino médio, da escola estadual Ademar Veloso da Silveira, localizada no bairro de Bodocongó, na cidade de Campina Grande – PB.

Foram necessárias três encontros para o desenvolvimento da abordagem. Na etapa inicial, ou seja, no primeiro encontro, fizemos uma análise da estrutura conceitual da matéria de ensino, identificando os conceitos relevantes para o ensino e aprendizagem do tema nanociência e nanotecnologia.

Em seguida, com o intuito de avaliar os conceitos relacionados ao tema em questão, realizamos, através de um questionário, constituído por cinco questões, uma sondagem das concepções prévias dos alunos.

Após esse momento, realizamos um segundo encontro onde aplicamos um texto introdutório e básico, sobre os conceitos de nanotecnologia e nanociência e suas aplicações , onde no texto citamos a física quântica, a função de onda , o conceito introdutorio da nanotecnologia e exemplos de suas aplicações e seus efeitos no dia a dia . A principal finalidade da aula foi mostrar que este tema, embora desconhecido, está presente no cotidiano deles.

Finalmente, na última aula, com o interesse de verificar se houve uma aprendizagem significativa, aplicamos novamente o questionário utilizado na análise das concepções prévias.

Uma vez que o questionário aplicado tratava de questões dissertativas, avaliamos as respostas atribuindo A para a questão respondida corretamente, B para a resposta parcialmente correta e C para a questão respondida de forma incorreta.

## 4 – Resultados e Discussões

Como tínhamos mencionado na metodologia, com o intuito de avaliar os conhecimentos prévios e se houve aprendizagem significativa, aplicamos um questionário antes e após a aula ministrada sobre os conceitos básicos da nanotecnologia.

A seguir, baseados nos critérios de avaliação, também estabelecidos na metodologia, apresentamos os resultados do questionário.

### 1) O que é a Física, no seu entendimento?

Esta pergunta compreende uma parte essencial do questionário. Nesta questão, antes da aula, a avaliação que ocorreu com maior frequência foi a B. De fato, conforme mostra a figura 1, praticamente 60% dos alunos responderam à questão de forma parcialmente correta, mostrando, assim, que existe uma carência mesmo quando se trata de conceitos básicos da disciplina. Porém, após a aula, a maioria das avaliações se dividiu entre A e B, e houve uma redução no percentual de respostas erradas, indicando que ocorreu uma modificação nos conhecimentos prévios e, conseqüentemente, uma aprendizagem significativa.

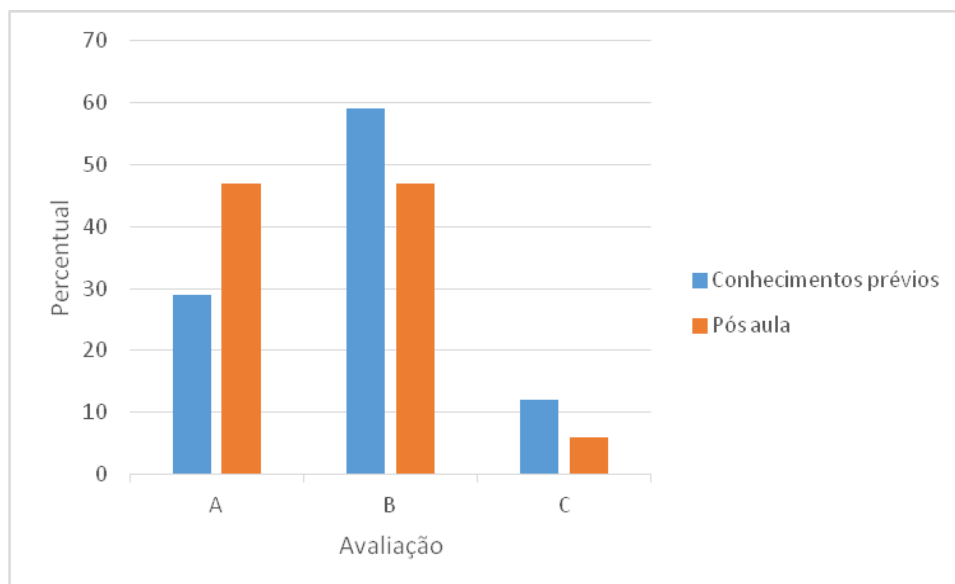


Figura 1 - Este gráfico representa as avaliações da questão 1, antes e após a aula. Nele, as letras A, B e C indicam que a questão foi respondida corretamente, de maneira parcialmente correta e de forma incorreta, respectivamente, conforme estabelecido na metodologia

## 2) Escreva o que você sabe sobre nanotecnologia

As respostas da questão 2, apresentadas antes da aula, mostraram claramente que os alunos não compreendiam o conceito de nanotecnologia, uma vez que todos responderam o questionamento de forma incorreta. Contudo, conforme a figura 2, após a aula expositiva, o questionário teve respostas bastante satisfatórias, pois 53% deles responderam corretamente, 41% apresentaram respostas parcialmente corretas, enquanto apenas 6% não obtiveram êxito.

Do ponto de vista da teoria de Ausubel, a aprendizagem significativa ocorre quando os conhecimentos prévios são modificados. Então, no presente item, podemos afirmar que houve a chamada aprendizagem significativa, pois apenas 6% dos alunos não conseguiram compreender o significado do termo nanotecnologia.

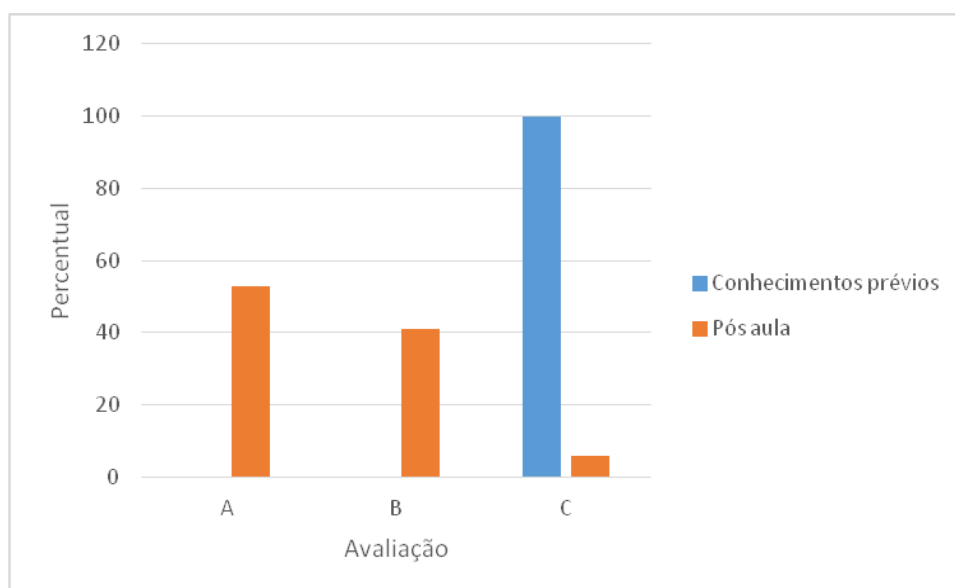


Figura 2- Este gráfico representa as avaliações da questão 2, antes e após a aula. Nele, as avaliações seguem o critério estabelecido na metodologia



### 3) Você saberia dizer onde podemos ver uma aplicação da nanotecnologia?

De acordo com a figura 3, antes da aula, a grande maioria dos alunos não apresentavam conhecimento sobre as aplicações da nanotecnologia, pois apenas 6% responderam à questão de forma parcialmente correta. Mas, após a aula, as respostas foram extremamente satisfatórias, pois 82% delas foram corretas, 18% parcialmente corretas, e nenhuma incorreta. Isto mostra que, neste item, houve uma aprendizagem significativa.

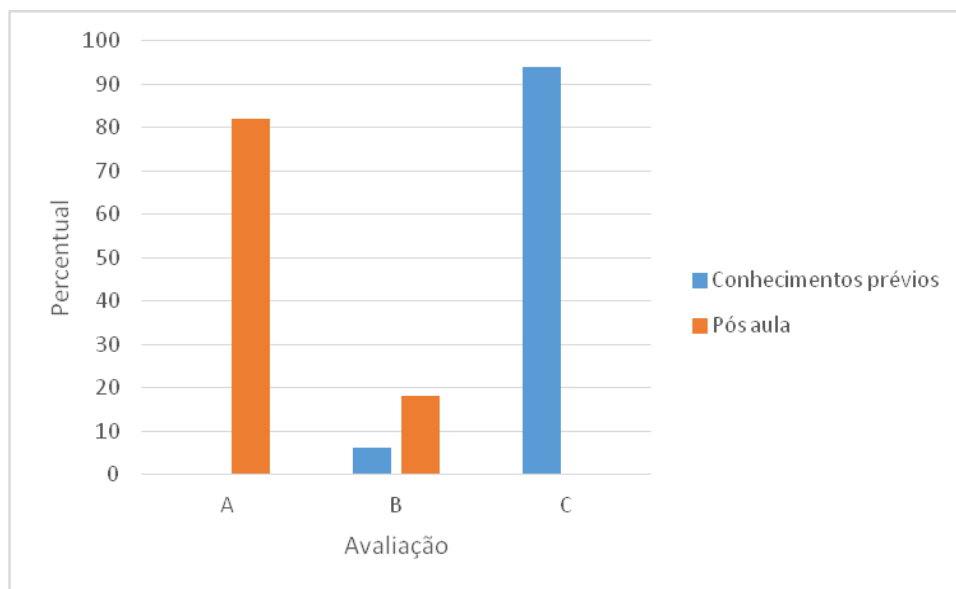


Figura 3- Este gráfico representa as avaliações da questão 3, antes e após a aula, de acordo com os critérios estabelecidos metodologia

### 4) Você saberia responder se a nanotecnologia está presente no seu dia a dia?

Assim como no caso anterior, a questão 04, aplicada antes da aula, teve um índice de acerto muito baixo. De fato, de acordo com a figura 4, apenas cerca de 6% dos alunos conseguiram responder o questionamento de maneira parcialmente correta, enquanto que 94% responderam incorretamente. Isto mostra que, anteriormente à realização da aula, os alunos não faziam ideia do quanto a nanotecnologia está presente no cotidiano deles. Após a aula

expositiva, 88% das respostas foram corretas, 18% parcialmente corretas e nenhuma incorreta, indicando, mais uma vez, que ocorreu uma aprendizagem significativa.

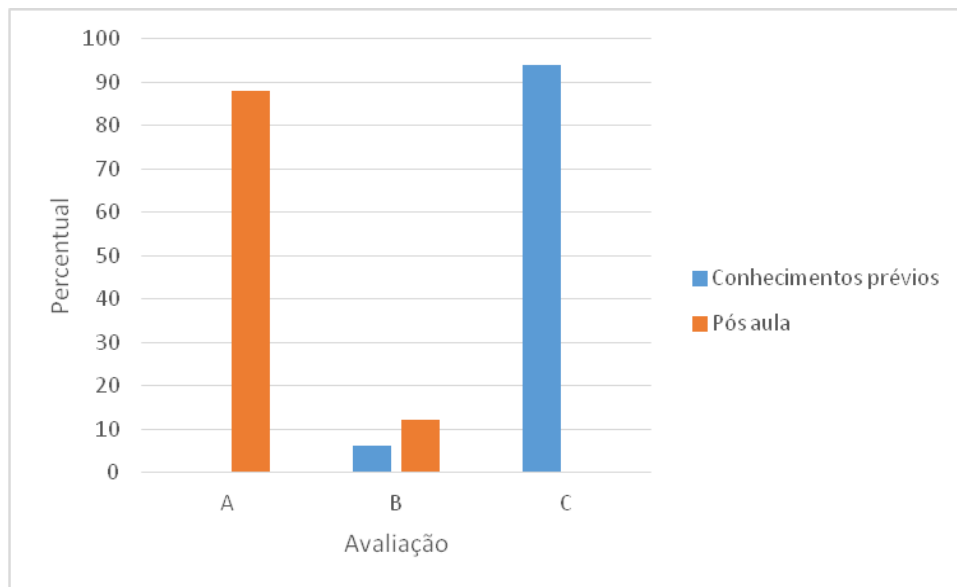


Figura 4- Este gráfico representa as avaliações da questão 4, antes e após a aula, de acordo com os critérios estabelecidos metodologia

##### 5) Na sua opinião, a nanotecnologia é prejudicial ou benéfica para a sociedade?

A figura 5 mostra que todas as respostas do item 5, anteriormente à aula, foram avaliadas como sendo incorretas. Isto mostra que, inicialmente, os alunos não entendiam ou não tinham conhecimento das vantagens e desvantagens da nanotecnologia para sociedade. Já após a aula, 60% das respostas foram corretas, 38% parcialmente corretas e 6% incorretas, mostrando que, assim como nos outros itens, houve uma aprendizagem significativa.

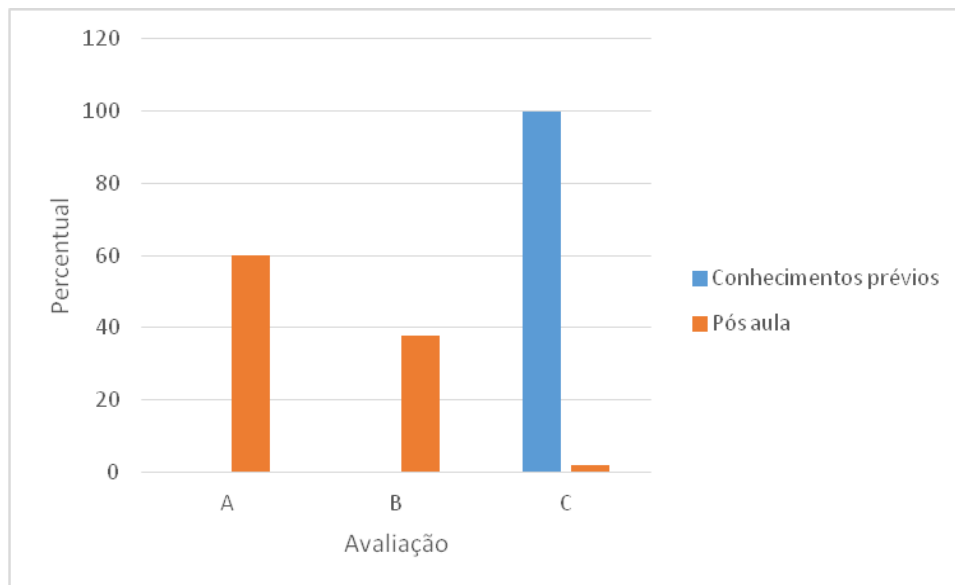


Figura 5- Este gráfico representa as avaliações da questão 5, antes e após a aula, de acordo com os critérios estabelecidos metodologia

Os resultados aqui obtidos superaram todas as expectativas. Verificamos que, basicamente, o conhecimento dos alunos em relação ao tema proposto era praticamente nulo, visto claramente nos resultados obtidos e mostrados graficamente.

A abordagem do tema nanotecnologia despertou a curiosidade e o interesse dos alunos pelos conceitos relacionados a esse novo conhecimento. Portanto, os levando a uma aprendizagem significativa. As respostas, antes que eram praticamente nulas, foram modificadas depois de ministrada uma aula.

Vale salientar também que muitos dos alunos relataram o seu interesse em pesquisar sobre o tema abordado, relato este feito pelos mesmo em sala de aula, fato esse que nos deixou grato.

## **5. Considerações Finais**

O mundo que nos rodeia está repleto de aplicações dos conceitos de nanotecnologia e nanociências. Contudo, embora tais conceitos estejam presentes no dia a dia dos alunos, não são feitas parte do currículo do ensino médio e, por conseguinte, não são abordados nas escolas, mesmo que seja de maneira superficial.

Diante dessa situação, nosso objetivo foi fazer uma abordagem, de forma introdutória, dos conceitos e aplicações da nanotecnologia e nanociência, em uma turma do 2º ANO do ensino médio.

A inserção foi baseada na teoria da aprendizagem de Ausubel e realizada em três encontros. No primeiro, com o intuito de avaliar os conhecimentos prévios, aplicamos um questionário. No segundo, ministramos uma aula introdutória sobre o referido tema. Por fim, no último encontro, aplicamos novamente o mesmo questionário. Ao comparar os resultados das respostas antes e após a aula, verificamos que houve uma aprendizagem significativa. Além disso, por se tratar de um tema bastante atual, percebemos que a abordagem despertou o interesse e a curiosidade dos alunos.

## **AN INTRODUCTORY APPROACH OF SOME CONCEPTS AND APPLICATIONS OF NANOTECHNOLOGY IN SECONDARY EDUCATION**

### **ABSTRACT**

The Physics taught in many schools, particularly public, rarely or never approach about the present-day technological and scientific advances. The fact is that the teaching of Physics, many times, doesn't connect the theoretical concepts to the situations experimented by the students in their daily lives. It turns Physics not attractive to be explored by the students. Thus, the objective of this work was to make an introductory approach about some concepts and applications of nanotechnology in high school. The approach was based on Ausubel's learning theory and applied to a class of 2nd year of a secondary school. Following the assumptions of this theory, initially it was applied a questionnaire to verify the previous knowledge about the proposed theme; then a class was taught about the proposed theme, considering some questions asked by students; after these steps in order to verify if there was a significant learning, the questionnaire was applied again.

**KEYWORDS:** Nanoscience. Nanotechnology. Ausubel.

## Referências


- AUSUBEL, David Paul; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. Educational Psychology: a cognitive view. 2.ed. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1978. 733p. Tradução de Eva Nick et al. 2.ed. Psicologia Educacional. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980. 625p.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio. Brasília: MEC, 1999. Disponível em: <http://www.mec.gov.br/seb/ensmed/pcn.shtm>. Acesso em: 15 jun.2015.
- CAVALCANTE Marisa A.,O Ensino de uma nova física e o exercício da cidadania. Disponível no site: <http://www.apropucsp.org.br>.
- CHEVALLARD, Y. La Transposición Didáctica: del saber sabio al saber enseñado. Aique:Argentina, 1991.
- COLLEGE, St Helena Secondary, Disponível em <http://www.sthelenavic.edu.au/>.
- DAVID-AUSUBEL- Aprendizagem Significativa  
<http://revistaescola.abril.com.br/662262.shtml>
- Departamento de Física e Centro de Física Computacional da Universidade de Coimbra.Disponível em : [tcarlos@teor.fis.uc.pt](mailto:tcarlos@teor.fis.uc.pt). Acesso em: ( 05/01/2016).
- EISBERG, Robert, e RESNICK ,Robert(1998): Física Quântica. Átomos Moléculas , Sólidos Núcleos e a Partícula, Sexta edição. Rio de Janeiro, editora Campos, pp 98-102
- INITIATIVE, National Nanotechnology, disponível em : [http://www.nano.gov/html/edu/home\\_edu.html](http://www.nano.gov/html/edu/home_edu.html) , 2008.
- MOREIRA, M.A. Teorias de Aprendizagem. São Paulo: E.P. U, 1999.
- OSTERMANN, F. Tópicos de Física Contemporânea em escolas de nível médio e na formação de professores de Física. Tese de Doutorado. Instituto de Física – UFRGS.2000.
- SANTOS, C. A., Artigo Introdução a Física Moderna,  
<http://www.if.ufrgs.br/tex/fis142>. Acesso em: 15/01/2016.
- TIPLER, Paul A., LLEWELLYN, Ralph A. Física Moderna. 3.º edição. Rio de Janeiro: LTC 2006.
- VALADARES, E.C.,MOREIRA, A.M. Ensinando Física Moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão do corpo negro. Caderno catarinense de ensino de física, Florianópolis, v. 15, n.2, agosto.1998.

VALADARES, E.C., CHAVES, A., ALVES, E.G., Aplicações da física quântica : do transistor à nanotecnologia, São Paulo , 1º edição, 2005 , editora Livraria da Física.

WEIZ, T., SANCHEZ, A., O Dialogo entre o ensino e a Aprendizagem, 2ª Edição, Editora Ática , 2002.

ZANELLA, I., FAGAN, S.F., BISOGNIN, V., BISOGNIN, E. Abordagens em nanociência e nanotecnologia para o ensino médio , XVII Simpósio Nacional de ensino de Física- SNEF 2009- VITÓRIA ,ES. Disponível em:  
<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/>

## Apêndice - Questionário

 <p>UEPB</p>	<p><b>Escola:</b> _____</p> <p><b>Aluno:</b> _____ <b>Série:</b> _____</p>
---	--

### Questionário sobre nanotecnologia

1	O que é Física, no seu entendimento?
2	Escreva o que você sabe sobre nanotecnologia.
3	Você saberia dizer onde podemos ver uma aplicação da nanotecnologia?
4	Você saberia responder se a nanotecnologia está presente no seu dia a dia?
5	Na sua opinião, a nanotecnologia é prejudicial ou benéfica para a sociedade?