

Investigação Sobre a Percepção dos Alunos do Ensino Médio sobre o Entendimento dos Conceitos de Nanotecnologia no Meio em que Vivem e em Sala de Aula

Alcino Costa Lima Júnior e Augusto César Sousa de Queiroz
Especialização em Ensino de Física, Universidade Federal do Pará, 67030-000, Ananindeua-Pa, Brasil

Carlos Alberto Brito da Silva Júnior
Faculdade de Física, Universidade Federal do Pará, 67030-000, Ananindeua-Pa, Brasil

Resumo - Esta pesquisa mostra um breve histórico a respeito da origem, dos projetos e dos principais percussores do estudo da Nanociência e Nanotecnologia (N&N) que irá nos auxiliar a: 1- analisar o entendimento dos alunos do Ensino Médio a respeito dessa temática atual tendo em vista que a N&N é uma tendência crescente mundial e que pode vir a ter uma repercussão e mudança no paradigma do cotidiano populacional; 2- propor a inserção do tema no contexto das aulas de Física Moderna e Contemporânea (FMC) tendo como enfoque a variedade de produtos e equipamentos relacionados a N&N no cotidiano dos alunos.

Palavras-chave - Nanociência, Nanotecnologia, Física Moderna e Contemporânea (FMC), Ensino Médio.

I. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, intensificou-se uma revolução científica e tecnológica de enorme abrangência e impacto, a Nanociência e Nanotecnologia (N&N). É notório que a N&N têm ganhado um importante destaque no atual cenário tecnológico e científico da sociedade contemporânea, pois, de acordo com Gama através da manipulação dos átomos e moléculas, é possível observar novas propriedades ou comportamentos da matéria devido a esse rearranjo dos átomos, espera-se, portanto, um desenvolvimento nas aplicações científica e tecnológica de objetos e dispositivos para obter produtos mais leves, baratos e resistentes, revolucionando assim, as áreas da eletrônica, engenharia de materiais, medicina, meio ambiente, agricultura, energia e outros. É possível perceber que se trata de um campo de pesquisa muito amplo, complexo e extremamente aplicável em prol do desenvolvimento e bem estar humano [1].

Entretanto, mesmo com todos esses avanços e impactos que causam na sociedade, o tema N&N ainda não se encontra disponível nos conteúdos e currículos da Educação Básica (Ensinos Fundamental e Médio), ressalva para alguns poucos livros texto que já citam a N&N nos tópicos optativos, nem universitários do país das disciplinas ditas puras e fundamentais como a Física, Biologia e Química nem nas áreas da Engenharia e áreas afins. O tema só é discutido nos cursos de pós-graduação o que delimita esse conhecimento apenas aos profissionais que fazem o curso de formação continuada de professores. Sendo assim, este trabalho quer justamente aumentar a gama de profissionais e alunos que

possam conhecer melhor esta área crescente de ensino e pesquisa.

II. CONCEITOS PRELIMINARES E FUNDAMENTAIS DA N&N

Gama define nanociência como a parte da ciência focada na manipulação da matéria em seu nível molecular, que tem por principal objetivo compreender a variação de comportamento que acontece em escala nanoscópica, enquanto que a nanotecnologia busca inserir os novos materiais em novos dispositivos e produtos. O prefixo grego *nanos*, que significa *anão*, é utilizado para especificar um bilionésimo (10^{-9}), assim um nanômetro é 10^{-9} m [...]. Logo, é possível perceber que um nanômetro (1nm) representa um bilionésimo do metro, ou seja, nove ordens de grandeza menor que um metro [1].

Joachim e Plévert contam que a primeira aparição científica do prefixo grego *nanos* ocorreu em 1909, na Alemanha, por Hans Lohmann que propôs chamar as algas microscópicas de *Nannoplankton*, observadas em seu microscópio óptico, em um seminário na Sociedade Alemã de Zoologia e que o prefixo grego *nano* com dois n ainda se conserva em meio aos biólogos da *nannobiologia* e em revistas especializadas como é o caso da *Journal of Nannoplankton Research*. A segunda aparição científica do prefixo *nanos* já sem um n como a bilionésima parte do metro (10^{-9} m) foi proposto em 1956 pelo soviético G. Bourdon e respeitou a regra de princípio segundo a qual múltiplos vem do grego e submúltiplo vem do latim que foi apresentada em 1958 na Comissão Internacional de Pesos e Medidas. Assim, conclui-se em 1959 pelo Comitê Consultivo de Linguagem Científica da Academia de Ciências que *nano* (usado na paleontologia e micropaleontologia) ou *nano* (usado na Física (em especial na Metrologia), medicina e fisiologia) depende da ciência em questão [2].

Contudo, não existe um consenso claro nas mais diversas obras e pesquisas sobre o assunto em relação a distinção da N&N, aparecendo muitas vezes fundidos em um único termo *nanotecnociência* [1].

O precursor do conceito N&N, embora não tenha utilizado o termo, foi Richard Feynman em 29/12/1959 numa palestra *There's Plenty of Room at the Bottom* no Instituto

de Tecnologia da Califórnia. O cientista chamou a atenção para o fato de que quando se está trabalhando com dimensões atômicas é esperado novas possibilidades e efeitos devido a presença de novas leis que regem esse sistema. Ele levantou a hipótese de que seria possível condensar os 24 volumes da Enciclopédia Britânica na cabeça de um alfinete. Feynman já entendia que seria possível no futuro produzir sistemas em escala molecular e atômica [1]. Porém, só em 1974, Aviram e Ratner colocaram a idéia de Feynman em prática construindo dispositivos eletrônicos moleculares com características retificadoras semelhantes aos diodos de junção pn [3].

A palavra N&N foi utilizada pela primeira vez pelo professor Norio Taniguchi em 1974 para descrever as tecnologias que permitam a construção de materiais a uma escala de 1nm. No entanto, somente em 1986 o termo N&N foi popularizado pelo engenheiro Eric Drexler que é considerado o pai da N&N e o primeiro a ganhar o título de PhD em N&N no mundo. Desde então, ele vem estudando as mais diversas possibilidades da inserção da N&N na sociedade bem como seus mais variados efeitos e características capazes de propiciar a criação de novos materiais.

Um fato muito interessante da abordagem da ciência na escala nanométrica, é que a medida que a escala do objeto a ser analisado se aproxima do intervalo de 0,1 a 100 nm, ele passa a ter propriedades e comportamentos que só podem ser explicados com base nos conceitos da Física Quântica. E dependendo do material a interdisciplinaridade é impossível de ser dissociada, pois, fenômenos químicos e biológicos aparecem inevitavelmente, tornando imprescindível o conhecimento nas mais diversas áreas da ciência para analisar e descrever o fenômeno.

Gama salienta que devido aos efeitos quânticos (tunelamento e confinamento quântico) presentes nas nanopartículas é que se percebe a alteração das propriedades de um dado material ao chegar na escala nanométrica, pois, quanto menor a amostra, mais importante serão os efeitos de superfície que se deve ao aumento da proporção entre sua área e seu volume. Efeitos como maleabilidade, maior resistência e supercondutividade só são percebidos em alguns materiais quando reduzidos à escala nanoscópica [1].

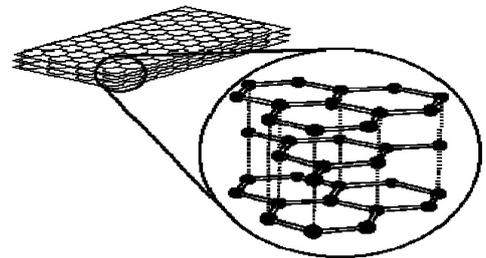
No entanto, para se chegar a manipulação de átomos e os conhecimentos provenientes das características que as nanopartículas sofrem devido ao grande grau de redução de tamanho foi necessário primeiro criar o microscópio de tunelamento em 1981 segundo Leonel e Souza, o que possibilitou a obtenção de imagens dos átomos em sua superfície, e somente em 1990 houve a possibilidade de mover e manipular os átomos individualmente, pois conseguiram escrever o logotipo IBM posicionando átomos de Xenônio em cima de uma superfície e Níquel [4]. Gama afirma que essa possibilidade da manipulação dos átomos foi feita por Ari Aviram e Philip Seiden, da IBM, que acabaram desenvolvendo a primeira patente de eletrônica molecular ao adotar moléculas isoladas em operações de propagação e sinais [1].

Desde então, os avanços científico e tecnológico a cerca das propriedades dos materiais em nível atômico só tem crescido, graças as pesquisas inovadoras com base experimental e teórica. Sendo assim, dispositivos e sistemas micro e nanofabricados estão aparecendo na medida em que as pesquisas avançam e a tecnologia aprimora. Este ramo de pesquisa indica um salto para a sociedade e tecnologia, pois,

a diversidade da aplicabilidade só cresce na medida em que os estudos avançam proporcionando alcances inimagináveis.

Todavia, a utilização de materiais nessa escala não é tão recente quanto se pensa. O homem já fazia uso de materiais na escala nanométrica a muito tempo, mas, sem saber que o fazia: 1- Os alquimistas, através da obtenção e utilização de ouro e metais precisos coloidais para modificação da cor de vidros utilizados em cálices e, em vitrais de catedrais medievais. Hoje com base na Física Quântica, sabe-se que é através do confinamento quântico que as dimensões das partículas de ouro é que influenciam diretamente na frequência da luz que pode então, ser emitidas ou absorvidas por elas. 2- A tinta nanquim é produzida pelos chineses a centenas de anos com nanopartículas de grafite suspensas em água. A grafite é composto por átomos de carbono formando uma estrutura hexagonal, organizado em camadas planares. Essas camadas isoladas por sua vez, se chamam ôgrafenoô como mostra a Fig. 1 [4].

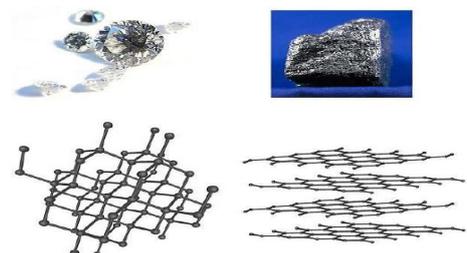
Fig 1. Estrutura da Grafite e suas camadas de grafeno [4, 5].



É importante destacar que de acordo com Gama, na grafite, todas essas camadas são empilhadas, e a ligação atômica dentro de uma camada de grafeno é mais forte que entre as suas próprias camadas. Em condições normais de pressão e temperatura é uma estrutura completamente estável. Diferente do carvão que é composto de pequenos pedaços de grafite, quebrados, misturados e sem um arranjo definido e claro. Ele não tem uma estrutura tão ordenada, são considerados amorfos, que significa dizer que não possuem forma bem definida [1].

Um fato interessante de se abordar e exemplificar, é a importância do arranjo molecular poder definir o grau de características do material, e o seu valor, é o caso do diamante. Gama define que apesar do diamante ser considerado duro e transparente e usado para os mais diversos fins inclusive econômico, é constituído do mesmo elemento que a grafite que ao contrário é preto e bem mais maleável. A diferença principal se dá nas ligações de átomos de carbono que se modificam totalmente do padrão existente na grafite. Os diamantes são bem menos estáveis e possuem átomos mais bem compactados que o grafeno. O diamante tem uma estrutura tetraédrica, como mostra a Fig. 2 [1].

Fig 2. A esquerda observa-se um diamante e sua formação tetraédrica, enquanto que a direita tem-se uma amostra de grafite e suas camadas de grafeno (Fonte: WIKIPÉDIA).



Outro exemplo clássico da utilização de nanopartículas desde a antiguidade são: 1- a Taça de Licurgus, do século IV, pois quando a luz é refletida exibe uma cor verde, e varia para a cor vermelha quando a luz é transmitida. Hoje é sabido que o ouro é predominantemente amarelo na sua forma natural, porém, ele pode variar e se mostrar no tom negro, rubi ou arroxeadado. 2- o aço Wootz, conhecido como aço de Damasco, fabricado pelos antigos metalúrgicos, que hoje é sabido que é composto de carbono semelhante aos Nanotubos de Carbono (NTCs), o que lhe confere uma dureza incomparável como afirma Santos e Nihei [6].

III. APLICAÇÕES DA N&N

Atualmente é aplicado nanopartículas, átomos ou moléculas na fabricação de micro/nano dispositivos e produtos nas áreas de comércio, indústria, cosmético e medicina. Abaixo é mostrado algumas aplicações da N&N:

1- Na área industrial, temos os acelerômetros que chegam a projetar 35 trilhões de cores nos Home theaters e nas Televisões, e os acelerômetros de silicone usados para a fabricação de airbags em carros. Os sensores de pressão, interruptores ópticos e cartuchos de impressoras que possuem componentes de microescala funcional;

2- No setor automobilístico, o chamado nanorevestimento é composto por nanopartículas de sílica e polímero de hidróxido de alumínio que cria superfícies que eliminam o embaçamento em vidros, janelas e lentes.

3- Na medicina, Leonel e Souza destacam o uso da N&N em moléculas fluorescentes que tem a capacidade de medir centenas de átomos apresentando forte brilho quando submetidas a algumas funções biológicas nocivas ao ser humano como, ataques cardíacos, câncer, derrames e infecções, o que acaba constituindo uma fonte segura de diagnóstico celular. Através dela será possível melhorar a qualidade de vida das pessoas, aprimorando os remédios, e os torando por consequência mais eficaz, haja vista que as nanopartículas poderão atuar diretamente nas células infectadas, facilitando assim a recuperação mais rápida do paciente [4].

4- No contexto social, a multinacional Faber Castell, que comprou a patente de um lápis com a grafite mais resistente e, ao mesmo tempo, bem mais macio combinando nanopartículas com outros materiais. Ressaltam ainda que a N&N acabará interferindo indiretamente em outros setores e órgãos da sociedade, como na mudança na previdência e nos planos de saúde na idade mínima para idosos.

5- No cotidiano, no meio ambiente, mais especificamente nos processos produtivos não poluidores, onde a N&N irá ajudar a combater as pragas e substituir pesticidas que causam danos a saúde humana e os cremes dentais tem na sua fórmula nanocomposto de hidroxiapatita, a camada de fosfato de cálcio cristalino tem a finalidade de preencher as pequenas cavidades que possam existir nos dentes, ajudando na prevenção de rachuras que podem aparecer em longo prazo outro exemplo é o Band-Aid têm uma nanocamada de prata que auxilia no aumento da área de contato com a pele, e com isso impede a respiração das células dos micróbios, tornando-o um excelente antibactericida. Nos antibactericidas, a função fica a cargo da nanopartícula sulfato de titânio, que age como um exterminador de micróbios, sendo aplicado dentro dos reservatórios de água, dando maior suporte para a certeza da água filtrada não estar contaminada.

6- Nos cosméticos, o filtro solar usa óxido de alumínio e uma nanoemulsão, pois, sem ela o protetor perderia rapidamente sua eficiência em contato com o suor ou água da praia, perdendo sua aderência. Com a nanoemulsão, o creme se torna hidrofóbico, podendo durar bem mais tempo, mesmo em contato com o suor ou água do mar.

7- Nos preservativos e secadores de cabelo tem nanopartículas de prata na forma de espuma, com objetivo de destruir as bactérias e outras impurezas que entram em contato, se tornando um excelente meio de não contrair doenças infecciosas e impedindo que esses agentes nocivos entrem em contato com a pele.

IV. A N&N NO BRASIL E NO MUNDO

Segundo Leonel, o Brasil apresenta uma posição confiável e estável com condições propícias para o desenvolvimento e exploração da N&N, já que, dentre todos os países da América Latina, o Brasil é quem possui a maior infraestrutura, número de instituições, quantitativo de especialistas e uma quantidade significativa de produtos nanomanufaturados, mesmo com baixos índices de patentes. O pontapé inicial do Brasil no sentido a desenvolver pesquisas nos setores de N&N se deu em 1987, por parte do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) através de investimentos específicos em equipamentos para semicondutores. No entanto, nesta época o termo técnico N&N, ainda era pouco conhecido e difundido nos setores do governo, da indústria e na academia.

Em 2001, o presidente Bill Clinton oficializou uma instituição específica para os estudos de pesquisas e desenvolvimento da N&N, chamada de National Nanotechnology Initiative (NNI). Ela foi de suma importância para o Brasil, pois, através dela é que o governo brasileiro definiu uma estratégia ou agenda nacional voltada para o início do desenvolvimento da N&N no Brasil, tendo como foco principal as oportunidades potenciais que essa área inovadora poderia proporcionar à nação em médio e longo prazo. No mesmo ano, o Brasil lança oficialmente o incentivo ao desenvolvimento à N&N no edital Nano nº 01/2001 pelo CNPq, que previa a implementação de quatro redes de pesquisas cooperativas entre si, cujo orçamento chegou em R\$ 3.000.000,00 e estavam divididas como mostra a Tabela 1 abaixo [7]:

TABELA I

REDES E INSTITUIÇÕES DE PESQUISA

Rede de Pesquisa	Instituição
Materiais Nanoestruturados	UFRGS
Nanotecnologia Molecular e de Interfaces	UFPE
Nanobiotecnologia	UNICAMP
Nanodispositivos Semicondutores e Materiais Nanoestruturados	UFPE

Essas redes se encerraram oficialmente em 2005. No entanto, ainda em 2005, um novo direcionamento para N&N surgiu que findou na criação do *Programa Nacional de Nanotecnologia* (PNN). A continuidade se deu através do edital conjunto do Ministério de Ciência e Tecnologia MCT/CNPq nº 29/2005, que criou dez novas redes de pesquisas (Rede BrasilNano) que demandariam um investimento total de R\$ 27,2 milhões em quatro anos.

Para implementação deste novo programa, foi necessário reunir os recursos do *Plano Plurianual 2004-2007* (PPA 2004-2007) e dos fundos setoriais. As Dez novas redes

beneficiadas com o programa podem ser vistas na Tabela 2 abaixo, são elas:

TABELA II
NOVAS REDES DE PESQUISA NAS INSTITUIÇÕES

Rede de Pesquisa	Instituição
Simulação e Modelagem de Nanoestruturas e Materiais Complexos	USP
Nanofotônica	UFPE
Nanobiotecnologia e Sistemas Nanoestruturados	UFRN
Revestimentos Nanoestruturados	PUC-RJ
Microscopia de Varredura de Sondas: Softwares e Hardwares Abertos	LNLS-CNPEM
Nanotubos de Carbono: Ciência e Aplicações	UFMG
Nanoglicobiotecnologia	UFPR
Nanotecnologia Molecular e Interfaces	UFPE
Nanobiomagnetismo	UnB
Nanocosméticos: Do Conceito as Aplicações Tecnológicas	UFRGS

O objetivo principal do PNN através das redes criadas foi suprir as necessidades observadas pela comunidade envolvida com o progresso da N&N e colocar em prática pelo menos um dos objetivos da *Política Industrial, Tecnológica e de Comércio e Exterior* (PITCE), que era fomentar o avanço científico-tecnológico, a competitividade internacional da ciência, tecnologia e inovação brasileira, bem como as atividades detentoras de visões estratégicas de futuro como a biotecnologia, nanotecnologia e energias renováveis.

Segundo Leonel, o PNN está sob a gestão da *Coordenação-Geral de Micro e Nanotecnologias* (CGNT) do MCT desde a sua criação. Originalmente, o PNN estava compreendido e delimitado em cinco ações fundamentais em prol do desenvolvimento da N&N no Brasil, no entanto, elas foram reagrupadas em quatro ações, que são [7]:

- 1- Apoio a redes e laboratórios de nanotecnologia;
- 2- Implantação de laboratórios e redes de micro e de nanotecnologia;
- 3- fomento a projetos de pesquisa e desenvolvimento em micro e nanotecnologia;
- 4- fomento a projetos institucionais de pesquisa e desenvolvimento em N&N.

Através da publicação intitulada *Visão de Futuro da Nanotecnologia no Brasil: 2008-2025* feita em parceria pela *Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial* (ABDI) e *Centro de Gestão de Estudos Estratégicos* (CGEE) destaca-se que após o período de criação e implantação do PNN, os investimentos em prol do desenvolvimento da N&N só cresceram e ultrapassaram R\$ 70.000.000,00 levando em consideração o ano completo de 2015 até o primeiro semestre de 2006. Nesse mesmo período dez novas redes de pesquisa foram criadas com a disponibilização de recursos para o fortalecimento de três laboratórios estratégicos voltados para a N&N.

Embora os recursos públicos sejam utilizados em prol do desenvolvimento da N&N sejam advindos dos impostos pagos pela sociedade, os atores principais que decidem e destinam o rumo dos recursos e de como aplica-lo nesta tecnologia não incluem a própria sociedade nem qualquer outro setor que possa a vir usufruir dos benefícios ou malefícios desta tecnologia. Sendo assim, isto se configura algo muito grave, pois, a sociedade como um todo, deve e pode legitimamente opinar e participar de como e aonde se deve aplicar os recursos por eles pagos através de impostos, sendo passível de ser contestada ou questionada a constitucionalidade de um ato tão discriminatório. Fica ainda

reforçada nitidamente, a ideia de que apenas os cientistas são detentores desse saber, e que somente eles devem se preocupar com todas as complicações e implicações que o uso dessa tecnologia pode vir a causar, desconsiderando a população e a sua visão sobre o tema.

O intuito não é desmerecer a ciência colocando-a como um empreendimento negativo e perigoso, trata-se de discernir o que de fato é positivo para toda a nação, ouvindo o que ela própria tem a dizer sobre isso. Mas, para que isso aconteça, é imprescindível que uma mudança de pensamento e postura individual aconteça, e que comece pelos professores, pois, o seu papel é conscientizar os alunos que fazem parte da sociedade sobre toda evolução científica e tecnológica [7].

V. N&N NO ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA (FMC): INTER, MULTI E TRANSDISCIPLINARIDADE

O presente artigo tem por finalidade investigar as seguintes questões: 1- O quanto os alunos do Ensino Médio entendem/percebem em sala de aula ou cotidiano sobre o assunto N&N, bem como verificar se os seus professores abordam o tema com eles? 2- Incorporar os conceitos e aplicabilidades da N&N nos conteúdos do ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC) do Ensino Médio?

Atualmente, é perceptível um atraso no ensino de Física quando se compara ao avanço científico e tecnológico, pois os alunos não conseguem associá-la ao seu dia-a-dia, o que torna a disciplina extremamente entediante e abstrata. Isso levanta um questionamento da razão de porque e para que se estudar Física?

Logo, se faz necessário que se reformule e se crie novas maneiras de abordar a Física, com atualizações a cerca do que ocorre nos descobrimentos e avanços científicos, de forma que torne a Física mais atrativa aos olhos do aluno, conforme o trecho extraído dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), Parte III abaixo:

(...) disciplinas científicas, como a Física, têm omitido os desenvolvimentos realizados durante o século XX e tratam de maneira enciclopédica e excessivamente dedutiva os conteúdos tradicionais. Para uma educação com o sentido que se deseja imprimir, só uma permanente revisão do que será tratado nas disciplinas garantirá atualização com o avanço do conhecimento científico e, em parte, com sua incorporação tecnológica. Como cada ciência, que dá nome a cada disciplina, deve também tratar das dimensões tecnológicas a ela correlatas, isso exigirá uma atualização de conteúdos ainda mais ágil, pois as aplicações práticas têm um ritmo de transformação ainda maior que o da produção científica. Nunca é demais insistir que não se trata de se incorporar elementos da ciência contemporânea simplesmente por conta de sua importância instrumental utilitária. Trata-se, isso sim, de se prover os alunos de condições para desenvolver uma visão de mundo atualizada, o que inclui uma compreensão mínima das técnicas e dos princípios científicos em que se baseiam [8].

Assim, percebe-se a importância de atualizar os conteúdos de FMC ministrados pelos professores. De acordo com Leonel, várias pesquisas no sentido de incluir conceitos e

questões estão sendo realizadas com o intuito de melhorar o processo de ensino-aprendizagem de modo que o aluno possa vir a ter uma visão mais crítica, permitindo-o interpretar o mundo a sua volta de forma atualizada. Dessa forma, a N&N se mostra como uma excelente possibilidade de meio a atrair os alunos para o mundo da Física, tendo em vista, que a N&N possui uma característica inter, multi e transdisciplinar, que está presente nas mais diversas formas no cotidiano dos alunos, podendo promover assim, uma aprendizagem mais significativa [7].

Moreira ratifica que para a aprendizagem ser significativa ela tem que ser caracterizada pela interação dos conhecimentos prévios específicos do aluno relevante ao tema (subsunçor ou idéia-âncora) com os conhecimentos novos, e que essa interação deve ser não-literal e não-arbitrária. Com este processo, os novos conhecimentos ganham significado para o sujeito que aprende e os conhecimentos prévios ganham novos significados ou maior estabilidade cognitiva [9]. O trecho abaixo do PCN, parte III, deixa claro a insatisfação de como a Física têm sido abordada, longe do ideal a ser praticado:

O ensino de Física tem-se realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado. Privilegia a teoria e a abstração, desde o primeiro momento (...). Enfatiza a utilização de fórmulas, em situações artificiais (...) [8].

Para Moreira, é perceptível, que para o aluno alcançar o entendimento pleno dos conceitos da N&N fora do campo abstrato, é necessário estabelecer uma ligação do seu conhecimento prévio de mundo com o conteúdo ministrado pelo professor, pois, assim, a aprendizagem significativa se estabelecerá, facilitando a compreensão do assunto [9].

Leonel e Souza, afirmam que o ideal seria uma educação e formação iniciada desde o jardim de infância até a pós-graduação, como uma forma de estimular também a educação científica para que o Brasil não procure mão de obra qualificada em outros países. O intuito da educação científica é formar futuros cientistas e cidadãos mais capacitados à participar na tomada de decisões em torno de problemas sócio-científicos e sócio-tecnológicos cada vez mais complexos e importantes no processo de desenvolvimento social. Isso seria muito importante dentro do contexto da inserção da N&N em todos os níveis de ensino, já que terá implicações com abrangências inimagináveis para o futuro da humanidade. Assim, devem ser criados programas no Ensino Médio que integrem temáticas de Física, Química, Biologia e sua interdisciplinaridade para incentivar os jovens a conhecerem e entenderem a N&N e seus produtos presentes no seu dia-a-dia, promovendo a reflexão e o debate sobre a sua origem e extensão. Sendo assim, um módulo didático referente à N&N foi aplicado no Ensino Médio de uma escola pública em Santa Maria ó RS, onde os resultados foram bastante satisfatórios, pois, os alunos conseguiram compreender o assunto (tão complexo) e se sentiram motivados a aprender além do conteúdo necessário da FMC. A complexidade e dificuldade de compreensão do assunto, não são empecilhos para serem ensinados e debatidos dentro dos assuntos que envolvem a FMC do Ensino Médio, bastando uma transposição didática [4].

De acordo com Gama, a transposição didática é uma ferramenta teórica que dar a possibilidade de entender o processo de adaptação e transformação do saber que ocorre em três patamares distintos:

- 1- saber sábio é o conhecimento puro e técnico dos cientistas;
- 2- saber ensinar é o conhecimento que está nos livros;
- 3- saber ensinado é o que acontece dentro de sala de aula.

Logo, a N&N dentro do contexto escolar de nível médio pode e deve sofrer essa transposição didática, devendo ser ajustada às especificidades e condições cognitivas dos alunos, adaptando o saber sábio para o saber ensinado de acordo com a realidade pela qual estão inseridos [1].

V. METODOLOGIA

A amostra analisada foi composta por 60 alunos da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Paulo César Coutinho Rodrigues õCAICö, no município de Castanhal-Pa, sendo 20 alunos do 1º ano, 20 alunos do 2º ano e 20 alunos do 3º ano do Ensino Médio.

A metodologia aplicada foi de cunho qualitativo através de um questionário contendo 7 perguntas objetivas/subjetivas com intuito de avaliar o grau de percepção e entendimento dos alunos a cerca da N&N no seu cotidiano e investigar se o tema é tratado dentro da sala de aula pelos professores de Física dentro do contexto dos assuntos por eles ministrados nas três turmas de Ensino Médio.

A opção pelo questionário foi feita devido o fato dele proporcionar uma maior sistematização dos resultados fornecidos, permitindo assim, uma facilidade maior de análise e por reduzir o tempo necessário para a coleta e análise dos dados como aponta Amaro [10].

A análise das respostas do questionário foi feita de forma qualitativa, pois, segundo Neves, essa forma, não impede que o pesquisador empregue a lógica e o empirismo científico (adequado para fenômenos claramente definidos), mas partem da suposição de que seja mais apropriado empregar a perspectiva da análise fenomenológica [11].

O questionário com as perguntas aplicadas aos alunos das três turmas pode ser visto na Fig. 3a-c. As respostas são analisadas e interpretadas no tópico VI de Resultados e Discussões.

Fig 3a. Questionário aplicado na turma do 1º Ano.



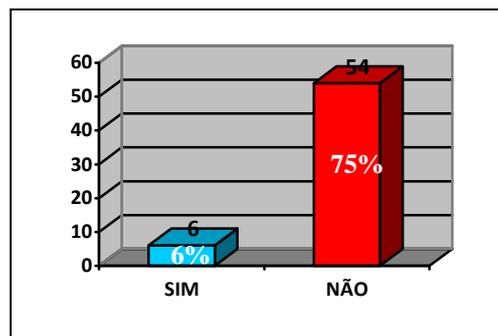
Fig 3b. Questionário aplicado na turma do 2º Ano.



Fig 3c. Questionário aplicado na turma do 3º Ano.



Gráfico 1. Porcentagem dos alunos que entendem Nanotecnologia.



VI. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste tópico iremos fazer a análise, interpretação e discussão dos resultados obtidos das perguntas feitas no questionário que foram aplicadas nas salas de aula das 3 turmas (1º ano, 2º ano e 3º ano) do Ensino Médio da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Paulo César Coutinho Rodrigues - CAIC, no município de Castanhal-Pa, logo, as perguntas do questionário foram as seguintes:

- (1) Você sabe o que significa Nanotecnologia? Caso sim, escreva o que você entende com suas palavras.
- (2) Você conhece a diferença entre N&N? Caso sim, escreva o que você entende com suas palavras;
- (3) Você sabe o que são nanopartículas? Caso sim, escreva o que você entende com suas palavras;
- (4) Você conhece os benefícios ou malefícios da nanotecnologia? Caso sim, cite exemplos;
- (5) Você conhece ou usa produtos que sejam provenientes de pesquisas de nanotecnologia? Caso sim, cite exemplos;
- (6) Seu professor de Física já explicou ou relacionou o tema Nanotecnologia com algum assunto da disciplina? Caso sim, cite em qual contexto;
- (7) Você conhece os impactos políticos, econômicos e sociais que a nanotecnologia traz ou pode vir a trazer? Caso sim, cite exemplos;

Sabendo que o total de alunos nas 3 turmas corresponde a 60 alunos (100%) e que em cada turma (1º ano, 2º ano e 3º ano) tem 20 alunos (100% para cada turma). Os alunos do 1º ano foram enumerados/identificados de A1 a A20, os alunos do 2º ano B1 a B20 e os alunos do 3º ano C1 a C20.

De acordo com as perguntas feitas no questionário as respostas dos alunos foram:

õ(1) Você sabe o que significa Nanotecnologia? Caso sim, escreva o que entende com suas palavrasõ.

Na turma do 1º ano, 9 alunos (45%) responderam õSimõ e 11 alunos (55%) responderam õNãõ. Na turma do 2º ano, 8 alunos (40%) responderam õSimõ e 12 alunos (60%) responderam õNãõ. Na turma do 3º ano, 7 alunos (35%) responderam õSimõ e 13 alunos (65%) responderam õNãõ. Através desta coleta de dados foi possível perceber que dentre o total de 60 alunos, 36 alunos (60%) desconhecem a Nanotecnologia, no entanto, foi pedido para quem disse que conhecia, explicar o que entendia sobre a Nanotecnologia. Pode ser observado que dentre os 24 alunos que afirmaram saber do que se tratava, somente 6 alunos (25%) conseguiram explicar de forma superficial a Nanotecnologia. As respostas da questão 1 mostra através do senso comum, isto é, do conhecimento prévio que os alunos tem sobre a Nanotecnologia. Assim, o Gráfico 1 mostra o percentual de forma clara do real entendimento por parte do total dos alunos sobre a Nanotecnologia.

É possível perceber através do Gráfico 1 que a discrepância dos alunos que não conhecem a Nanotecnologia com relação aqueles que realmente conhece ou que tem uma noção é muito grande. De acordo com Leonel [7], isso se deve à ausência de mencionar por parte dos professores nos assuntos que envolvem a Física Quântica, mais especificamente a Nanotecnologia, levando os alunos a estabelecerem ideias e certezas sobre o tema sem uma base concreta e solidificada dentro do que é convencional e estabelecido pela ciência, induzindo-os a interpretarem o assunto somente com base no nome que o tema carrega, correlacionando com objetos que não tem haver com o que realmente representa a Nanotecnologia.

õ(2) Você conhece a diferença entre N&N? Caso sim, escreva o que entende com suas palavrasõ.

Dos 60 alunos analisados, somente 9 alunos (15%), sendo 7 do 1º ano e 2 do 3º ano responderam que sabiam diferenciar e a maioria de 51 alunos (85%), sendo 13 do 1º ano, 20 do 2º ano e 13 do 3º ano não sabiam. No entanto, dentre os 9 alunos que responderam afirmativamente saber a diferença entre N&N, somente 1 aluno do 1º ano conseguiu sem muito aprofundamento apontar uma das diferenças. O aluno A1 do 1º ano respondeu õPenso que a Nanociência, relaciona-se a estudos de partículas microscópicas e Nanotecnologia trabalha com a transformação dessas partículas em tecnologiaõ. Percebe-se que esse aluno considerou a partícula dentro da escala micro em vez de nano, no entanto, conseguiu ao seu modo, diferenciar de forma bem simples a N&N.

õ(3) Você sabe o que são nanopartículas? Caso sim, escreva o que entende com suas palavrasõ.

Dos 60 alunos, 12 alunos (20%), sendo 7 do 1º ano, 2 do 2º ano e 3 do 3º ano marcaram õSimõ e, novamente, a maioria cerca de 48 alunos (80%), sendo 13 do 1º ano, 18 do 2º ano e 17 do 3º ano marcaram õNãõ. Dos 12 alunos que afirmaram saber o que é nanopartícula, nenhum conseguiu descrever ou exemplificar na prática o que significa. O aluno A2 do 1º ano disse õSão partículas minúsculasõ, o aluno B7 do 2º ano apontou que õSão partículas muito pequenas, que ajudam o nosso sistema imunológico a combater doenças e outras coisasõ e o aluno C4 do 3º ano disse õNanopartículas são micropartículas super desenvolvidasõ. Mais uma vez fica claro nessa questão que os alunos não possuem um conhecimento mínimo a cerca do tema e que relacionam indiscriminadamente o nome a outras coisas que acham ter relação direta, por possuir um nome ou termo que lembre a nanopartícula como aponta Leonel [7].

õ(4) Você conhece os benefícios ou malefícios da Nanotecnologia? Caso sim, cite exemplosõ.

Dos 60 alunos, a minoria dos alunos correspondendo a 7 alunos (11,66 %), sendo 3 do 1º ano e 4 do 2º ano, responderam afirmativamente e 53 alunos (88,34%) responderam que não sabiam. Analisando as respostas dos alunos que exemplificaram os benefícios ou malefícios da Nanotecnologia, dentre os 7 que responderam *Sim*, somente o aluno A5 do 1º ano conseguiu descrever os setores que serão e estão sendo beneficiados com ela, ele disse *Os benefícios estão na área da saúde, na área da robótica, e outros que não me recordo*. Gama [1] aponta que muitas são as áreas de aplicações da Nanotecnologia, dentre elas engenharia de materiais, eletrônica, medicina, meio ambiente, energia, agricultura, robótica, segurança e em diversos outros.

5) Você conhece ou usa produtos que sejam provenientes de pesquisas de Nanotecnologia? Caso sim, cite exemplos.

Dos 60 alunos entrevistados, 13 alunos (21,66%), sendo 4 do 1º ano, 3 do 2º ano e 6 do 3º ano, afirmaram usar ou conhecer e 47 alunos (78,34%) marcaram a opção *Não*. Nesta questão, através da análise das respostas dos alunos, foi percebido, que todos os 13 alunos que comentaram afirmativamente o conhecimento das aplicações da Nanotecnologia, bem como pesquisas relacionadas acertaram nas descrições, muitos comentaram a respeito dos setores de tecnologia da informação e cosméticos em geral. O aluno A1 do 1º ano comentou *Os produtos são celulares, computadores, tablets, entre outros*. O aluno B5 descreveu *Camisinha, pasta de dente, etc.* O aluno C2 do 3º ano escreveu *Conheço os produtos de beleza e nanochips*.

Nesta questão foi percebido que as referências usadas pelos alunos para descrever as aplicações da Nanotecnologia no seu dia-a-dia e em estudos que envolvem a mesma, está intimamente ligada aos meios de comunicação como TV e internet, que a todo momento procuram vender e anunciar produtos com essa tecnologia como afirma Gama [1].

Ressalta-se também a necessidade de inserção do tema de N&N dentro de sala de aula com o intuito do professor criar uma visão nanoética nos alunos, que busca promover o debate e uma visão crítica a cerca do tema, pois, a mídia, usa o termo *nano* em alguns produtos como jogada de marketing para vender mais.

6) Seu professor de Física já explicou ou relacionou o tema Nanotecnologia com algum assunto da disciplina? Caso sim, cite em qual contexto.

Dos 60 alunos, somente 9 alunos (15%), sendo 1 aluno do 1º ano, 6 do 2º ano e 2 do 3º ano, marcaram a opção *Sim* e 51 alunos (85%), sendo 19 do 1º ano, 14 do 2º ano e 18 do 3º ano, marcaram *Não*. Todos os alunos que marcaram *Sim*, disseram que já ouviram o professor mencionar em sala de aula, mas não lembram em qual contexto o assunto foi empregado.

7) Você conhece os impactos políticos, econômicos e sociais que a nanotecnologia traz ou pode vir a trazer? Caso sim, cite exemplos.

Dos 60 alunos entrevistados, somente 5 alunos (8,33%), dentre eles 2 do 2º ano e 3 do 3º ano, marcaram a opção *Sim* e 55 alunos (91,67%), sendo 20 alunos do 1º ano, 18 do 2º ano e 17 do 3º ano, disseram *Não* saber. Dos 5 alunos que responderam conhecer os impactos gerais da Nanotecnologia, nenhum conseguiu descrever de forma clara e direta os impactos provenientes dela. O aluno B7 do 2º ano escreveu *Creio que ela evoluirá nossa sociedade muitas vezes, nos tornando dependente dela*. O aluno C3 do 3º ano disse *Usaremos máquinas para facilitar as coisas e menos*

gastos com trabalhadores. O aluno C1 do 3º ano disse *Dentro de pouco tempo a nanotecnologia vai tornar-se uma realidade para todos no mundo, e quem não se adaptar a ela vai ficar pra trás*. A questão deixou evidente que os alunos estão com uma visão longe do ideal de senso crítico necessário para entender todas as implicações que a Nanotecnologia pode vir a trazer.

Gama [1] diz que o aluno deve ser preparado para entender e fazer parte do processo de tomada de decisão que envolverá a N&N, pois, ela já é uma realidade do nosso dia-a-dia e é cada vez maior a necessidade de debater e mencionar o seu conteúdo e aplicações no Ensino Médio, tendo em vista a vasta aplicação e impactos que ela trará para a sociedade, seja social, política ou economicamente.

VII. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A N&N é uma temática que sem dúvida está revolucionando e trazendo cada vez mais inovações no meio científico. Ela já é uma realidade no meio social, econômico e político, prometendo abrangências e aplicações inimagináveis que só tendem a melhorar a vida do ser humano, mas também causam impactos negativos se não bem planejado. O presente artigo mostrou através dos questionários, que o conhecimento dos alunos do Ensino Médio a respeito da Nanotecnologia ainda é muito imaturo e superficial.

Por isso, faz-se necessário que os professores de Física levem o tema para dentro da sala de aula e correlacionem com o dia-a-dia dos alunos, isto é, aproximem do cotidiano do aluno promovendo a contextualização no intuito de ajudá-los a absorver e aprender os conteúdos programáticos da FMC de forma mais significativa e por consequência transformando-os em cidadãos mais presentes e participativos nas tomadas de decisões que envolvem a N&N na sociedade em que estão inseridos, com o pensamento mais crítico e lúcido.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a participação dos 60 alunos das 3 turmas (1º ano, 2º ano e 3º ano) do Ensino Médio da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Paulo César Coutinho Rodrigues *CAIC*, no município de Castanhal-Pa que participaram da pesquisa realizada sobre a percepção e entendimento dos alunos sobre os conceitos de Nanotecnologia no meio em que vivem e na sala de aula.

REFERÊNCIAS

- [1] C. F. Gama. *Uma Proposta para o Ensino de N&N, nas Aulas de Física*. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, 2013.
- [2] C. Joachim e L. Plévert. *Nanociências: A Revolução do Invisível*. Tradução A. Telles, Revisão Técnica L. Sampaio. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 163 p., 2009.
- [3] A. Aviram e M. A. Ratner. *Molecular Rectifiers*. *Chemical Physics Letters* 29(2), pp. 277-283, 1974.
- [4] A. A. Leonel e C. A. Souza. *N&N para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea na Perspectiva da Alfabetização Científica e Técnica*. Dissertação de Especialização. Universidade Federal de Santa Catarina, 2009.

- [5] NTP ó NEW TRADITION PROJECT. Diamonds, buckyballs, and graphite. Madison: Dept. of Chemistry, University of Wisconsin, 1966. Disponível em: <http://www.chem.wisc.edu/~newtrad/CurrRef/BDGTopic/BDGtext/BDGtoc.html>. Acesso em: 22 jan. 2018.
- [6] G. dos Santos e O. K. Nihei. "Nanotecnologia no Ensino de Ciências: Integrando o Saber Científico de ponta no Ensino Fundamental". Cadernos PDE, vol. 1. Governo do Estado do Paraná, 2013.
- [7] A. A. Leonel. "N&N: Uma Proposta de Ilha Interdisciplinar de Racionalidade para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio". Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, 2010.
- [8] Brasil. "Parâmetros Curriculares Nacionais ó Ensino Médio". Ministério da Educação, 2000.
- [9] M. A. Moreira. "O que é afinal Aprendizagem Significativa?" Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 2010.
- [10] A. Amaro. "A Arte de Fazer Questionários". Relatório. Mestrado em Química para o Ensino - Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, 2005.
- [11] J. L. Neves. "Pesquisa Qualitativa - Características, Usos e Possibilidades". Dissertação de Mestrado. Faculdade de Economia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.