

# O Ensino de Nanociências via Hidrofobicidade por meio de Módulo Didático Pedagógico

## The Teaching of Nanosciences via Hydrophobicity through Pedagogical Didactic Module

**Rafael Piovesan Pistoia**

Centro Universitário Franciscano  
rafhapi@gmail.com

**Anderson Luiz Ellawanger**

Centro Universitário Franciscano  
pfandd@gmail.com

**Solange Binotto Fagan**

Centro Universitário Franciscano  
solange.fagan@gmail.com

### Resumo

Neste artigo, delineamos os resultados da implementação de um Módulo Didático, acerca da temática Nanociência, com vistas à Hidrofobicidade, sistematizado pelas acepções da transposição didática. O Módulo Didático experimentado é um produto de um dos autores do Mestrado profissionalizante em Ensino de Física e Matemática do Centro Universitário Franciscano (UNIFRA). Esse foi avaliado por especialistas da área e busca contribuir para uma maior compreensão da Hidrofobicidade e sua relação com a Nanociência. A organização do Módulo Didático contempla os conhecimentos prévios dos estudantes em todas as etapas. Além disso, são propostas atividades experimentais e produções por parte dos estudantes. O processo avaliativo ocorreu de forma continuada e ao final das atividades foram retomadas as questões prévias. Isso objetivou o diagnóstico de aprendizagem significativa por parte dos estudantes.

**Palavras chave:** ensino de nanociências; módulo didático; hidrofobicidade, transposição didática.

### Abstract

In this article, we outline the results of the implementation of a didactic module, about Nanosciences, with a view to hydrophobicity, systematized by the meanings of didactic transposition. The Experimental Didactic Module is a product of one of the authors of the Professional Master's Degree in Physics and Mathematics Teaching at the Franciscan University Center (UNIFRA). This was evaluated by experts in the area and seeks to

contribute to a better understanding of hydrophobicity and its relation to nanoscience. The organization of the didactic module contemplates the previous knowledge of the students in all the stages. In addition, experimental activities and productions by students are proposed. The evaluation process took place on an ongoing basis and at the end of the activities the previous questions were taken up again. This aimed at the diagnosis of significant learning by the students.

**Key words:** nanoscience teaching; didactic module; hydrophobicity, didactic transposition.

## Introdução

Um acontecimento contemporâneo e inadiável na era da tecnologia é a Nanociência — ela é a ciência do “nano”, que está embasada em conceitos de Física Quântica, ou seja, trata-se do comportamento físico nesta escala que muda drasticamente se comparado em relação aos materiais que estão na escala macroscópica. Portanto, os estudos desses materiais minúsculos em pequena dimensão apresentam propriedades notáveis e funcionais para todas as áreas que incluem o cotidiano e o saber-fazer humano em busca da qualidade de vida.

Nanociência é o estudo de fenômenos e manipulação de materiais em escalas atômica, molecular e macromoleculares, onde as propriedades diferem significativamente daqueles em maior escala (FILLIPPONI et al., 2013). Manipular átomos, hoje, se tornou essencial para o processo da evolução científica e tecnológica mundial. Esta nova área é promissora como se apresenta, graças às mudanças de propriedades e as consequentes potencialidades que os materiais apresentam na escala manométrica.

A nanotecnologia é a consequência da nanociência e tem chegado a nossos lares, muitas vezes, sem sabermos que estamos fazendo o uso dela. Considerada a tecnologia-chave do século XXI, a nanotecnologia tem grande potencial de vendas por possibilitar a criação de novos materiais (INCT, 2010). As suas aplicações resultam em melhoramentos e economia de custos para sociedade, com maior eficácia em fármacos, materiais mais resistentes, além de propiciar benefícios socioambientais.

É, portanto, um novo paradigma que abre uma imensa possibilidade de novas oportunidades científicas e tecnológicas. Estes horizontes tecnológicos se fazem necessários para a compreensão de mundo e devem ser ensinados aos nossos alunos para não se tornarem cidadãos alienados cientificamente.

Essa constatação foi feita por Ellwanger, Fagan e Mota (2009) “Nanociência estuda o comportamento da matéria na escala de poucos átomos ou moléculas onde a física, química e biologia convergem para uma mesma ciência, que a partir deste momento se autodenomina interdisciplinar”. Nesse contexto é que se faz necessário pensar uma prática pedagógica interdisciplinar que possa abordar temáticas transversais e próximas ao dia a dia do estudante, proporcionando uma alfabetização científica e tecnológica.

Nesta perspectiva, o módulo didático buscou divulgar o conhecimento científico, via transposição didática de tópicos de nanociências relacionando com a Hidrofobicidade para estudantes do ensino médio, ensinando de maneira objetiva e simples, conceitos sobre nanociências.

Neste artigo faremos a descrição do módulo didático desenvolvido para os estudantes do ensino médio sobre o ensino de nanociência via Hidrofobicidade. Ao cabo das aulas

planejadas pelo docente, eles deverão compreender os conceitos fundantes que levam as gotas de água se comportar em distintas superfícies, naturais e produzidas artificialmente pelo homem através da biomimetização.

## **Nanociências no Ensino Básico**

Estudos recentes de Ellwanger (2010) sinalizaram a viabilidade da abordagem de Nanociências no Ensino Médio. Este trabalho implementou, pioneiramente, a inserção da Nanociência no ensino de Física, desdobrado por um módulo didático estruturado em etapas de acordo com a realidade e com as situações de ensino.

De posse disso, organizou-se um MD, o que tem se mostrado eficiente, evidenciado por pesquisadores de ensino/aprendizagem de tópicos relacionados às Nanociências (ELLWANGER, 2010; GRANADA, 2012; SILVA, 2012), inovando os já existentes.

O uso e emprego de materiais educacionais diversificados possibilitam ao discente desenvolver uma melhoria na sua aprendizagem. A utilização de materiais diversificados e cuidadosamente selecionados, ao invés da “centralização” em livros de texto, é também um princípio facilitador para a aprendizagem significativa crítica (MOREIRA, 2014). Não devemos abandonar os livros didáticos, mas a descentralização deles possibilita promover uma aprendizagem mais significativa para o aluno, capacitando-o a tornar-se um cidadão mais autônomo no seu processo de ensino aprendizagem.

A legislação vigente também caminha para o mesmo norte, pois os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2002), frisam sobre a necessidade de diversificação do ensino.

Na mesma linha as Diretrizes Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2012), complementam a ideia de explorar conteúdos atraentes através da pesquisa, formando razões significativas no ensino de física que é parte integrante da cultura científica tecnológica e fenômenos da vida cotidiana.

Recentemente alguns tópicos de FM e N&N estão começando a pontuar, mas de maneira ainda tímida, no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM, 2009). Essas modificações apontam para a atualização do Ensino de Física, principalmente no que se refere à tecnologia e inovação, cujo exame é baseado na Lei de Diretrizes e Bases (LDB, 1996), destacando-se a ocorrência direta entre a observação de problemas do cotidiano para as questões de FM e suas tecnologias.

Assim, o módulo didático sobre nanociência via Hidrofobicidade possibilita ser mais um material educacional diferenciado, de fácil compreensão, agregando-se aos demais materiais desenvolvidos até então, inovando no que se diz respeito ao ensino de nanociência para o ensino médio.

Outro ponto relevante é a sua versatilidade da temática, por ser uma área interdisciplinar os professores podem trabalhar conjunto, como a física, química e biologia e matemática, ou readaptar o módulo didático conforme suas situações de ensino ou necessidades.

## **Transposição Didática**

O desafio para o alcance da educação desejada não é utopia, pois ela está na construção de conhecimentos que ajudam na reflexão e na semeadura de valores.

O trabalho docente deve interferir na realidade e desenvolver uma cultura de construção e reconstrução permanente do conhecimento, intervindo com metodologias e técnicas para a viabilização da formação de competências, a fim de que os sujeitos sejam capazes de revisar suas próprias condições e possibilidades de evoluir autonomamente, relacionando, transpondo e enriquecendo seus conhecimentos e práticas para agir. Portanto, assim se investe em ideias reflexivas a respeito das práticas educativas desenvolvidas a partir dos saberes docente.

Ibernón (2000) explica que o processo educativo que é oferecido no espaço da sala de aula é marcado por uma relação especial entre professores, alunos e saberes, numa interação dos conhecimentos que, primeiramente, partem do professor com os conhecimentos dos alunos, prontos para operarem a partir de uma mediação e apropriação do saber desejado.

Enquanto Libâneo (2000) explica que ela, "[...] a didática, se caracteriza como meditação entre as bases teórico-científicas da educação e a prática docente", ou seja, é a didática a responsável pelo desenvolvimento e eficiência dos processos de ensino e de aprendizagem, estimulados e administrados pelo professor.

Segundo Chevallard (SOARES, 2007) essa relação é formalmente elaborada com o objetivo de possibilitar o alcance dos objetos que a sustentam, ou seja, os saberes e seu contexto, a exemplo do estudo dos processos de ensino e aprendizagem, que se fazem fundamentais. Portanto, as análises das variáveis envolvidas nesse processo se fazem aqui pela trilogia: o próprio saber, professores e alunos, quando das relações entre elas que serão pontuadas a seguir.

Tais mudanças necessárias na educação e nos processos de ensino e de aprendizagem envolvem não somente o conhecimento formal e/ou informal, mas as subjetividades, a reflexão pelo próprio aluno em formação, a exemplo de valores éticos e humanos que estão em jogo e que se faz em exercício pelos seus professores.

Assim, essa reflexão também requer do professor saberes para que se cumpra o propósito da formação de competências, pois nesse processo de transformação está envolvida a *transposição didática*, destacado por Chevallard (2000, apud: MATOS FILHO; MENEZES; SILVA; QUEIROZ, 2010).

Chevallard (1991) afirma que a transposição didática é feita por uma instituição 'invisível', uma 'esfera pensante' que ele nomeou de Noosfera. Tal instituição é formada por pesquisadores, técnicos, professores, especialistas, enfim, por aqueles ligados a outras instituições: Universidades, Ministérios de Educação, Redes de Ensino; que irão definir que saberes devem ser ensinados e com que roupagem eles devem chegar à sala de aula. No Brasil, o resultado do trabalho da Noosfera aparece nos Referenciais Curriculares (MEC, 1997, 2006), nos documentos que trazem as diretrizes curriculares e orientam o ensino de uma determinada disciplina científica.

A ideia de transposição didática como tarefa do professor está ligada à noção de contextualização, ou seja, o planejamento do professor, baseado em atividades de natureza diversa, precisa chegar até os alunos de maneira aceitável e significativa, pois trabalhar a compilação e a construção de conteúdos de maneira formal e sem uma adaptação pode se tornar um risco nos processos de ensino e de aprendizagem.

## **Novas abordagens no Ensino de Nanociência**

Existem diversas possibilidades de estratégias didáticas e propostas de inclusão de Nanociência no EM. Mas, em se tratando de livros didáticos, estes tópicos ficam geralmente limitados a um capítulo à parte, ou em uma aplicação tecnológica.

Alguns pesquisadores têm utilizado recursos didáticos em sala de aula para a inserção de N&N, vídeos, debates, texto de divulgação científica e atividades experimentais, sendo que essa última pode ser considerada a de maior dificuldade e acessibilidade de ser trabalhada em sala de aula, principalmente pelas restrições materiais e físicas dos laboratórios das escolas e a capacitação dos profissionais de educação (ELLWANGER, 2010; SILVA, 2012).

Na atualidade, as disciplinas curriculares são tratadas individualmente, ou contrárias ao discurso interdisciplinar logo não se tornam atraentes para os alunos estudarem devido às limitações de associações e de articulações. Uma maneira de potencializar o desenvolvimento do ensino é trabalhar o estímulo da curiosidade e observação, pois o caminho para isto se resolve quando se tem a iniciativa de se dedicar à essência presente nas DCNEM (2012), o da pesquisa como princípio pedagógico: "[...] a pesquisa como princípio pedagógico, possibilitando que o estudante possa ser protagonista na investigação e na busca de respostas em um processo autônomo de (re) construção de conhecimentos [...]" (BRASIL/DCNEM, 2012).

O fato do educando ser orientado e estimulado a questionar, formular hipóteses, analisar as informações e o ato da experimentação científica vem acontecendo desde tempos atrás no ensino de ciências, mas sem tanta eficiência, porém, atualmente, as novas propostas pedagógicas e didáticas trataram de alterar essa condição.

Confere superar o tradicionalismo e combater a mera reprodução de conhecimentos, considerando que a aprendizagem significativa é necessária e positiva, e concorre às transformações desejadas nos processos de ensino e de aprendizagem, a partir de conhecimentos significantes e articulados com a realidade e o cotidiano dos próprios alunos.

Portanto, explorar os conteúdos através da pesquisa científica hoje, conduz os alunos a estabelecerem conjecturas, a buscarem razões reais de vida e a concatenarem a realidade com suas próprias percepções baseadas no conhecimento que constroem, pois entender o mundo é um fator preponderante para os alunos aprofundarem os seus estudos em Física.

Na próxima seção, versaremos sobre a metodologia de ensino empregada no módulo didático.

## **Metodologia de Ensino empregada**

A abordagem didático-pedagógica foi fundamentada na temática dos Três Momentos Pedagógicos (TMP) que é uma estratégia criada por Delizoicov e Angotti (1994).

Ela possibilita a organização de um MD dinâmico envolvendo a investigação científica considerando a realidade do aluno, partindo de situações reais de sua experiência, alinhando-se com as teorias psicológicas, sócio-interacionistas de (VIGOTSKY, 1996), quanto na sua concepção Vigotsky afirma que a aquisição de conhecimentos se dá pela interação com o meio, e ainda todo e qualquer processo de aprendizagem é ensino-aprendizagem, incluindo aquele que aprende aquele que ensina e a relação entre eles, fazendo contribuir para a ocorrência de uma interação na organização do conhecimento da pesquisa.

## Desenvolvimento do Módulo Didático

O desdobramento da pesquisa foi realizado na cidade de Tupanciretã/RS, em uma escola da Rede Estadual de Ensino Médio, no Instituto de Educação Mãe de Deus, com estudantes do 2º ano do Ensino Médio.

O exercício prático da pesquisa iniciou no segundo semestre de 2015, nos meses entre julho a dezembro, contando com uma amostragem de 49 alunos de ambos os sexos e na idade variando entre 15 e 17 anos, estudantes estes pertencentes a duas turmas do 2º ano do Ensino Politécnico.

A ideia foi de desenvolver o material potencialmente estruturado para acontecer a transposição didática e o aperfeiçoamento da estrutura cognitiva do aluno, da mesma forma na compreensão da Hidrofobicidade dos materiais, pontuando a FM e o ensino de N&N.

Foram organizadas e sequenciadas um total de nove (09) aulas, de duração de 55 minutos cada 1h/a, desde a apresentação da proposta, do recrutamento dos alunos para formar as equipes de trabalho até a aplicação do método de ensino e a captação dos resultados, conforme descritos a seguir.

### Conhecimentos prévios relacionados com nanociências e Hidrofobicidade

Os objetivos destas duas aulas iniciais (PI) foram: Verificar e reconhecer o conhecimento prévio dos alunos a serem pesquisados, um pré-teste, utilizando como recurso um questionário aplicado com os alunos pesquisados, e estabelecer a diferenciação de escalas quanto ao comportamento atômico e molecular da matéria e propriedades hidrofóbicas em uma atividade experimental.

Na primeira aula foi organizada uma sequência de perguntas investigativas, a fim de averiguar como estava o conhecimento prévio dos estudantes, questões estas que contemplaram a formação estrutural e molecular da água, comportamento da água em distintas superfícies, sejam elas naturais ou artificiais, tipos de molhabilidade classificadas em hidrofóbica e hidrofílica associadas a nanociências e suas aplicações na nanotecnologia, que podemos ver na representação esquemática abaixo da figura 01.

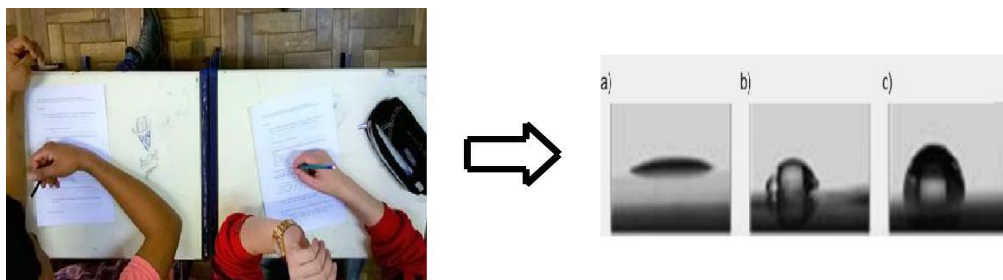


Figura 01: Alunos trabalhando o tema proposto e nas condições que foram planejadas.

Por seguinte, foi realizada na segunda aula uma atividade experimental orientada pelo professor, intitulada agulha flutuante. Os alunos realizaram a atividade proposta de forma autônoma seguindo um roteiro experimental desenvolvido. Eles constataram, experimentalmente, em copo de vidro com água, se a agulha conseguia se sustentar na superfície da água.

Ao final, os estudantes registraram com os seus celulares, figura 02, algumas imagens da

agulha “flutuando” sobre a água. Com elas fizeram os seus apontamentos explicando o que acontecia nas proximidades da agulha.

Assim, foram solicitadas justificativas e respostas para o fenômeno físico observado. Esta atividade então cunhou a diferenciação em nível experimental da escala (Macro/micro) e também a propriedade físico-química da água.



Figura 02: Realização da atividade e suas imagens registradas pelos próprios alunos (via celular) do experimento.

As reações e respostas foram diversas como: “o formato da água muda ao contorno das paredes e do alfinete”, “é como se deitasse em um colchão, a água se adapta a agulha”, “cria uma tensão que faz com que a agulha não afunde” e “fica uma roda, um reflexo em torno da agulha”. As investigações feitas mostraram-se importantes para mexer com a estrutura cognitiva do estudante por descoberta ou assimilação, evidenciando a aprendizagem significativa de Moreira (2006).

### **Aulas expositiva e dialogada**

O material didático-pedagógico desenvolvido na 3ª e 4ª aulas, orientados pelo professor, teve como objetivo de aprendizagem abarcar os conhecimentos científicos explanados em sala de aula, fazendo com que os alunos levantassem suas hipóteses e juízos sobre a Hidrofobicidade a nanociências e suas aplicações tecnológicas atuais.

Para chegar a estes objetivos foram organizados os conteúdos fundantes, partindo dos questionários que verificaram os seus conhecimentos anteriores sobre a Hidrofobicidade e nanociência. A aula expositiva e dialogada, intitulada “Lugares da Nanociência na Hidrofobicidade”, na figura 03 (a), contou com o auxílio de recursos de Power Point na apresentação de imagens e vídeos, encaminhando os esclarecimentos e futuros questionamentos dos alunos.

A aula alinhou-se com as acepções do TMP de Delizoicov e Angotti (1991), no segundo momento pedagógico Organização do Conhecimento (OC), cabendo ao professor encaminhar e sistematizar o conhecimento para que o aluno ancore sua compreensão sobre a temática possibilitando-o a fazer correlações com o seu dia a dia.

Inicialmente foram lançadas questões motivadoras a fim de aguçar a curiosidade dos estudantes. A seguir fomos percorrendo sobre a diferença de um átomo, unidade fundamental da matéria e uma molécula, como se processa a união dos átomos de oxigênio e hidrogênio para a formação da molécula da água, que podemos conferir na figura 03 (b) a surgir.

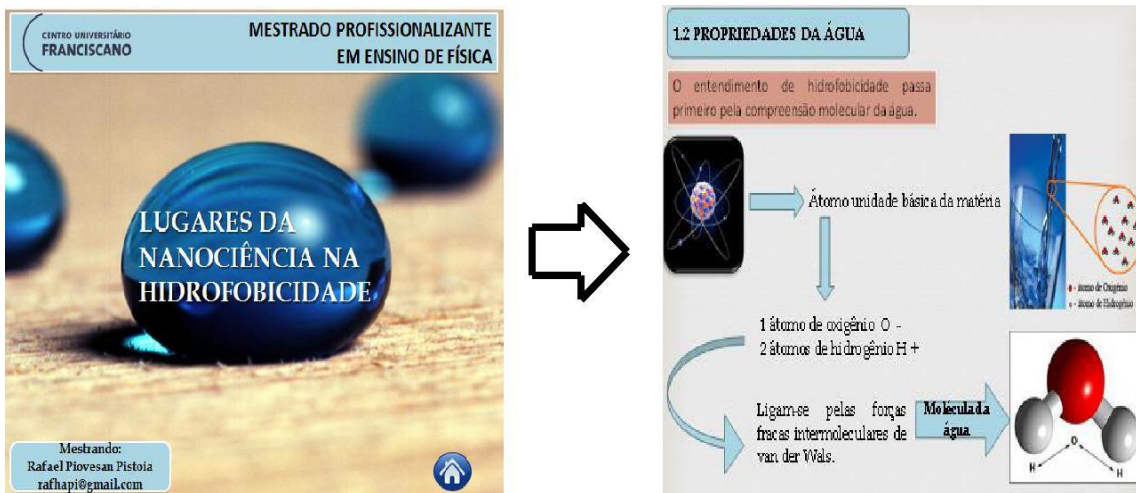


Figura 03: Representação esquemática da aula inicial e as propriedades físico/químico da água.

Visto como se forma a molécula da água e sua fórmula estrutural, seguiu-se para o próximo slide. Pautou-se sobre a tensão superficial da água, figura 04 (a), e então foi explicado que ela ocorre na superfície livre líquido/ar, onde a força resultante não é nula entre as moléculas de água e unindo-se fortemente pelas “pontes de hidrogênio”.

Os alunos conseguiram compreender a evolução geométrica e os modelos de molhabilidade, distinguindo superfícies hidrofóbicas e hidrofílicas, assim como as potencialidades associadas à Hidrofobicidade como: autolimpeza das superfícies, impermeabilidade superficial e menor gasto energético, visualizado abaixo na figura 04(b).

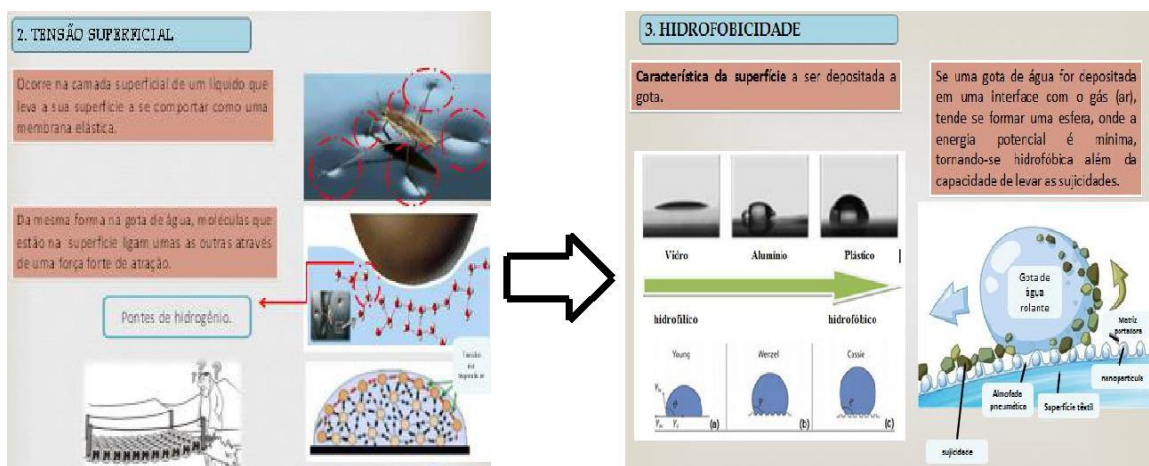


Figura 04: Aspecto traçado sobre atenção superficial e Hidrofobicidade.

Então foi ensinado para os alunos que a Hidrofobicidade não era nova, pois sua presença está na natureza conforme mostra a figura 05 (a), em suas ampliações macro micro e nano de cada espécie, confinando na inspiração natural, o homem conseguiu reproduzir/replicar a Hidrofobicidade vista pelos fenômenos naturais, que hoje são aplicados em larga escala industrial, em construções civis, inovações hospitalares, domésticas têxteis entre outras, mostrando-se uma área promissora.

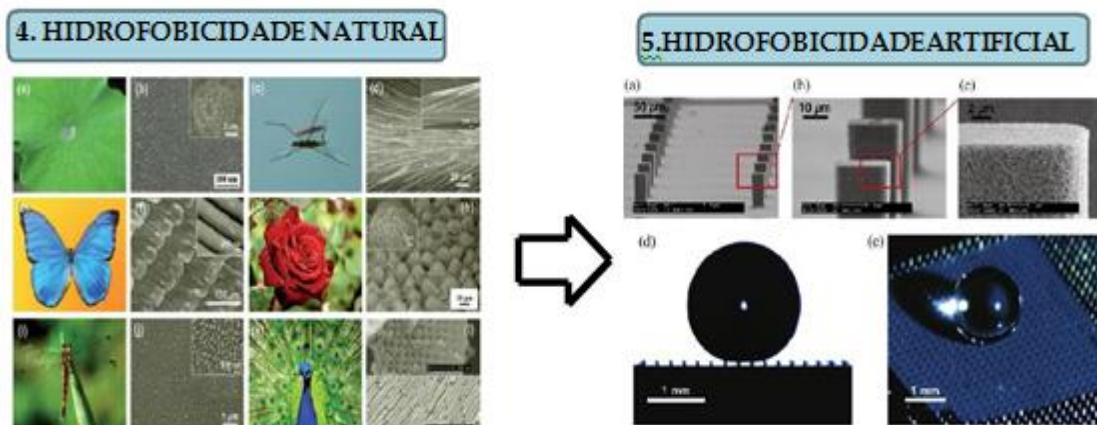


Figura 05: Representação esquemática das diferenças entre Hidrofobicidade natural e artificial.

Na quinta aula foi desenvolvida uma sequência de vídeos escolhidos pelo professor para organizar cientificamente o conhecimento dos alunos das diversas aplicações, mostrando a versatilidade e funcionalidade da Hidrofobicidade em materiais naturais e artificiais produzidos com a Nanotecnologia.

Os estudantes, então, conseguiram visualizar a real aplicação do conteúdo discorrido pelo professor e muitos ficaram surpresos com o que viram, não acreditando que os materiais tratados realmente não poderiam ser molhados. Houve até comentários por parte dos alunos dizendo que era “enganação pura” ou até mesmo os vídeos eram “montagens bem feitas para enganar bobos”.

Ainda assim certos alunos fizeram a relação de que a água, quando estava sobre a superfície tratada/natural, apresentava comportamento bem estranho, parecendo ora gelatina, ora água. Surgiram comentários entre os entrevistados de que o formato da água era “esférico dependendo da quantidade que fosse colocada na superfície”. Isto mostrou que os alunos relacionam Hidrofobicidade com o seu formato esférico, o que foi questionado a eles na primeira aula do MD e na terceira e quarta aula (em formato de arquivo em Power Point) expositiva e dialogada proferida pelo professor.

Para a sexta, sétimas e oitavas aulas foram realizadas uma sequência de três atividades experimentais em conjunto com a aplicação de um questionário, realizado juntamente com as constatações feitas durante as experiências. Essa condição promoveu as curiosidades manifestadas por algumas atividades e discussões espontâneas foram travadas entre os alunos.

Estas aulas encaminham os alunos para a materialização e compreensão dos conceitos científicos expostos nas aulas anteriores do MD. Os estudantes conseguiram, então, diferenciar as propriedades de superfície hidrofóbicas e hidrofílicas, seus comportamentos em distintos materiais naturais e artificiais, além de uma análise de superfícies tratadas artificialmente pelo homem.

Na Atividade 1: *Compreensão das propriedades de superfície: hidrofóbicas e hidrofílicas.*

Partimos de uma organização da atividade prática experimental simplista não menos eficiente. Desenvolvendo o roteiro proposto, os alunos conseguiram classificar os materiais em hidrofílicos facilmente, referenciando primeiramente o filtro de papel e a esponja de cozinha

que ambas “possuem afinidade com a água”, “o material é mais poroso”, “o material faz com que a gota desapareça totalmente/parcialmente”.

Já com o material vidro, quando depositada a água sobre ele, os alunos não conseguiram distinguir facilmente suas características de molhabilidade, ficando em dúvida entre hidrofílico e hidrofóbico, o que é de certa forma aceitável já que este não absorve a água, mas tem a capacidade de “aderir fortemente na superfície”, isto mostra que a gota de água possui baixa mobilidade em superfícies hidrofílicas. Então, alguns estudantes, em suas anotações adicionais, responderam que o vidro “está no meio termo, a gota esparrama”.

E a esmagadora maioria classificou o alumínio e o plástico (polímero) nesta ordem crescente como hidrofóbicos, justamente pelo fato de não gostar de água “repele” de acordo com os alunos. Foi frisado por eles que o que diferencia nesta comparação visual é o “formato da gota que tem quando pingada sobre os materiais, se a gota ficou mais redonda o material é hidrofóbico e se achatou ou absorveu é mais hidrofílico”.



Figura 06 – Representação esquemática sobre o nível de Hidrofobicidade das amostras.

Na Atividade 2: *Observação do comportamento de superfícies hidrofóbicas na natureza com comportamento de nanomateriais naturais: folhas de diversas classificações e folha de lótus (ou chagas).*

Foram selecionados vários tipos de folhas na escola pelos alunos para a realização desta atividade e o professor selecionou um pedaço de folha de lótus (chagas ou popularmente conhecida como pata de vaca), onde foram feitas as experimentações e constatações para serem respondidas as questões.

Por seguinte, solicitou-se que criassem uma escala para a verificação do comportamento hidrofílico para o hidrofóbico, depositando água sobre a folha segundo o MD.

A escala foi criada com as folhas coletadas, e a partir disso foi pedido que selecionassem três folhas como a que o professor entregou para os estudantes. Eles formaram a sequência de folha de manjerição, pitangueira e capuchinha nesta ordem, recriando uma escala do hidrofílico para o mais hidrofóbico. É claro que houve outras variações de folhas, como grama, folha de canela e capuchinha e as combinações foram muitas, o que não vem ao caso citar, mas o mais importante é que os alunos recriaram a escala perfeitamente.

Seguindo a ordem do questionário, foi solicitado aos alunos que fizessem um rolo de gotas de água sobre as folhas coletadas, a fim de observarem o comportamento, propriedades de superfície. Logo, as respostas foram que “as gotas limpam as folhas hidrofóbicas” e nas “hidrofílicas ficam restos de água presas não as limpando”. Foi observado ainda pelos alunos que as “folhas possuem uma curvatura, o que dificulta deixar estática a gota de água parada na superfície da folha hidrofóbica” e os estudantes constataram, inclusive, que nas hidrofílicas a água fica mais aderida, apesar de as folhas estarem inclinadas.

E, por final, na Atividade 3, foi feita uma *Análise das superfícies hidrofóbicas artificiais como o produto comercial Never Wet.*

Os alunos então constataram que a Hidrofobicidade pode ser replicada pelo homem, com o líquido em spray *Never Wet*, que propicia as propriedades estudadas até então, quando foi

feita a comparação de um tecido normal e um tecido tratado com o produto por deposição química (entregue já com o tratamento feito pelo professor) e a folha de capuchinha (chagas ou pata de vaca).

Solicitou-se que fossem molhados os materiais e foram feitas as suas observações juntamente com a experimentação e levantamento de hipóteses pelos alunos. Houve um murmúrio e até euforia quando foi colocada água sobre o material tratado, visto que aqueles alunos que não acreditavam que a Hidrofobicidade poderia ser replicada pelo homem começaram a acreditar e constataram que o comportamento é igual ao produzido de forma natural pela pata de vaca.

Eis algumas respostas dos entrevistados: “A folha de capuchinha comporta-se igual ao spray *Never Wet*, que age naturalmente repelindo a água”, “nos dois materiais o tecido tratado e capuchinha vão deixar gotas esféricas rolando facilmente”, “eles aprisionam ar na sua base”, entre outras constatações que foram feitas.

Os alunos ainda experimentaram colocar o tecido de algodão para absorver a gota de água na capuchinha e no tecido tratado e verificaram que o tecido não tratado absorveu totalmente a água que estava sobre os materiais que possuíam a capacidade hidrofóbica natural e artificial, sem deixar nenhum resquício de água visível a olho nu.

Ainda, ao final da aula, os alunos experimentaram livremente com a autolimpeza colocando um pouco de canela em pó nas superfícies tratadas para a verificação de que realmente existia a promessa da autolimpeza das sujeiras e, para surpresa, houve uma nova euforia deles “que massa sor!”, dizendo que realmente é importante o conhecimento em torno da nanociência e via Hidrofobicidade. Houve alguns questionamentos de outras aplicações da N&N e da Hidrofobicidade, mas, com o período terminando, não deu para atender todas as questões.

### **Questionários e Mapa Conceitual para averiguação do quão foi aprendido na pesquisa.**

Como forma de avaliação final, na última aula de aplicação do MD foram construídos os *mapas conceituais* (MC) pelos alunos, e, por seguinte, avaliados, categorizados, discutidos em aula, suas constatações de propriedades básicas para a obtenção da Hidrofobicidade e demonstrações artificiais e naturais da ocorrência da N&N.

Nestes mapas, os estudantes compreenderam todo o processo de ensino-aprendizagem desenvolvido ao longo das aulas anteriores, captando a essência de todos os conceitos fundantes desenvolvidos em sala de aula.

Para esta etapa final, foi utilizado o terceiro momento pedagógico de Delizoicov e Angotti (1991), denominado Aplicação do Conhecimento (AC), para averiguar as situações-ensino alcançadas pelos alunos em suas aprendizagens.

Então, como os entrevistados não tinham noção de o que é um MC, logo foi feita uma breve explicação na aula anterior, do que se tratava e como se elaborava um MC. No dia da avaliação, eles elaboraram o MC por conceitos e propriedades do ensino de Nanotecnologia via Hidrofobicidade, com o intuito de verificar os resultados da metodologia adotada.

Os alunos não utilizaram nenhum software específico para a organização dos mapas, pois se deveria trabalhar mais uma aula para este fim, o que não era o objetivo naquele momento. Desta forma, foram construídos os MC e entregues ao professor, com o intuito de verificar a aprendizagem, apoiada nos conceitos e propriedades alcançados pela sua estrutura cognitiva.

Assim sendo, foram feitas as transcrições dos MC dos alunos por um software livre educacional *Cmap Tools* e uma categorização de conceitos mais relevantes que possibilitaram

na compreensão da organização conceitual atingidas.

Houve em sala de aula a realização de um julgamento inicial de algumas características constatadas nos MC, como: número de conceitos citados, relações conceituais e aplicações e em seguida foram realizadas algumas considerações referentes aos MC de alguns estudantes participantes da pesquisa.

A nona e última aula foi encerrada com a apresentação dos trabalhos solicitados.

Ao cabo de todos os MC entregues, houve a discussão dos conceitos mais relevantes e foi organizado um MC ideal com auxílio do professor mediando a conversa, partindo dos conhecimentos adquiridos em sala, organizando e sistematizando as palavras-chave e suas respectivas ligações de ideias fundamentais para a compreensão da Hidrofobicidade. Este fechamento de um MC geral permitiu aos alunos uma nova retomada e fixação dos conceitos desenvolvidos em aula, reafirmando o entendimento da pesquisa proposta.

## Conclusões

Pontuando sobre as vantagens de se trabalhar utilizando o MC como instrumento de avaliação, concluiu-se que eles servem para organizar e representar muito bem os conceitos e propriedades que foram aprendidos na visão dos alunos, evidenciando a suas conexões estabelecidas entre as ideias-chave, e conseqüentemente suas dificuldades de aprendizagem.

Podemos salientar que os MC possibilitaram a avaliação eficaz do processo de ensino/aprendizagem dos alunos. Entendemos que os estudantes aumentaram seus conhecimentos no cientificismo e no que diz respeito ao ensino de nanociência via Hidrofobicidade, no decorrer do desenvolvimento nas atividades das nove (09) aulas propostas no MD, que serão disponibilizadas como produto educacional.

Após a análise da pesquisa com os discentes, constatou-se que eles emitiram uma contra resposta-positiva, fazendo entender que gostariam que as aulas de Física fossem realizadas nos mesmos moldes do trabalho desenvolvido, sinalizando que as aulas são muito mais prazerosas e de fácil entendimento com a diversificação de atividades e metodologia utilizada.

Também comentaram que as aulas foram bem “fora do contexto da Física”, isso, referindo-se às aulas tradicionais (ou a aprendizagem mecânica), pontuando que foram vistos conteúdos e propriedade de Química, Biologia, Matemática e Engenharias. Isso mostra que a investigação inter-relaciona várias disciplinas com a de Física, mostrando a essencial importância da Física para o seu dia a dia, ou seja, a disciplina contribuindo essencialmente na formação do educando como cidadão.

A maneira interdisciplinar da N&N viabiliza a transpor de forma significativa os saberes científicos e atuais aos alunos, indo além do tradicional. Este processo de ensino e aprendizagem pautou temáticas e linguagens inovadoras, aguçando o olhar do estudante sobre a ciência, tornando-os seres capazes de aplicar os conceitos de Ciências no seu cotidiano.

Ensinar por via de MD sobre tópicos de N&N anima ainda mais e pode potencializar o desenvolvimento educacional atual e, quem sabe assim, encaminhar nossos estudantes a serem cientistas protagonistas de novas revoluções científicas.

Após o término do estudo, fica a certeza de que muito se pode fazer para a melhoria do ensino e da aprendizagem na construção do conhecimento de Física na Educação Básica.

## Referências

- BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília, MEC/SEMT, 2002.
- \_\_\_\_\_. **Ministério da Educação. Lei n. 9.394 de 20 dez. de 1996** — Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Brasília: MEC, 1996.
- \_\_\_\_\_. **Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Nanomateriais de Carbono**  
– INCT. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/ciencia-e-tecnologia/2010/08/nanotecnologia-possibilita-a-criacao-de-produtos-mais-eficientes>. Acesso em: 21 Ago. 2015.
- CHEVALLARD, Yves. **Transposição Didática: do conhecimento ao conhecimento**. São Paulo: Aliança Francesa, 1991.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P. **Metodologia do ensino de ciências**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 1994.
- Resolução CNE/CEB nº 2 de 30 de janeiro de 2012. Define Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 31 de janeiro de 2012, Seção 1, p. 20. Disponível em:<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=20&-data=31/01/2012>. Acesso em: 12 ago. 2014.
- ELLWANGER, A. L. **Tópicos de Nanociências em Conteúdos de Física no Ensino Básico**. Santa Maria, RS, 2010, 70 p. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física e de Matemática)- Centro Universitário Franciscano.
- ELLWANGER, A. L.; FAGAN, S. B.; MOTA, R. Do metro ao nanometro: um salto para o átomo. **XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física**, Vitória, 2009.
- FILLIPPONI, L.; SUTHERLAND, D.; **Nanotechnologies: Principles, Applications, Implications and Hands-on Activities. Compendium for educators**. Edited by the European Commission, Directorate-General for Research and Innovation Industrial technologies (NMP), 2013. Disponível em: [http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=37628.php?utm\\_source=feedburner&utm\\_medium=email&utm\\_campaign=Feed%3A+NanowerkNanotechnologySpotlight+%28Nanowerk+Nanotechnology+Spotlight%29](http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=37628.php?utm_source=feedburner&utm_medium=email&utm_campaign=Feed%3A+NanowerkNanotechnologySpotlight+%28Nanowerk+Nanotechnology+Spotlight%29). Acesso em: 07 Out. 2014.
- GRANADA, M. **Propriedades ópticas de Materiais no Ensino Médio por meio da Nanociências**. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física e de Matemática), Centro Universitário Franciscano. Santa Maria, RS, 93 p. 2011.
- IBERNÓN, F. **A Educação no Século XXI: Os desafios do futuro imediato**. Porto Alegre: ArtMed, 2000.

INEP. **Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM)**: fundamentação teórica metodológica / Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Brasília: O Instituto, 2005. 121p. Disponível em: <http://www.enem.inep.gov.br/>. Acesso em: 15 Mai. 2015.

LIBÂNEO, José Carlos. **Prática educativa, Pedagogia e Didática**. São Paulo: Cortez, 1994.

MATOS FILHO, Maurício A. Saraiva de.; MENEZES, Josinalva Estácio; SILVA, Ronald de Santana de; QUEIROZ, Simone Moura. A transposição Didática em Chevallard: As deformações/transformações sofridas pelo conceito de função na sala de aula. UFRP-PE. 2008. In: OLIVEIRA, Hélio Rodrigues; CABRAL, Maria de Fátima Neves; RIBEIRO, Inácio Gilvando; RIBEIRO, Ozielma Torres. **Transposição didática**: sua importância a partir da utilização de recursos didáticos para promover aprendizagem significativa. Disponível em: <http://enalic2014.com.br/anais/anexos/1718.pdf>. Acesso em: 22 Mar. 2015.

MOREIRA, M. A.. **Teorias de Aprendizagem**. 2. ed. São Paulo: EPU, 2014.

\_\_\_\_\_. **Grandes desafios para o ensino da Física na educação contemporânea**. Ciclo de palestras dos 50 Anos do Instituto de Física da UFRJ, Rio de Janeiro, 2014.

SOARES, M. A. S. *A presença do livro didático na transformação do saber a ensinar em saber ensinado*. In: NEHRING, C. M. (Org.), **Processo Educativo Escolar: Saber – professor – aluno**. Ijuí, RS: Unijuí, 2007.

SILVA, Í. I. **Tópicos de Física Moderna no Ensino Médio sob uma perspectiva do Nanomagnetismo**. Santa Maria, RS, 2011, 78 p. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física e de Matemática), Centro Universitário Franciscano. Santa Maria, RS, 78 p. 2011.

VIGOTSKY L. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2001. 65