



NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA EM CORDEL: UMA EXPERIÊNCIA DIDÁTICA NA DESCRIÇÃO DA MICROSCOPIA ELETRÔNICA

NANOSCIENCE AND NANOTECHNOLOGY IN CORDEL: A DIDACTIC EXPERIENCE IN THE DESCRIPTION OF ELECTRON MICROSCOPY

NANOCIENCIA Y NANOTECNOLOGÍA EN CORDEL: UNA EXPERIENCIA DIDÁCTICA EN LA DESCRIPCIÓN DE LA MICROSCOPIA ELECTRÓNICA

Paulo Arthur dos Santos Barbosa

 <https://orcid.org/0009-0008-5351-7501>

Davi Roberto Moreira Carneiro

 <https://orcid.org/0009-0003-1331-4711>

João Pedro Alves Ferreira

 <https://orcid.org/0009-0004-3682-5028>

Darlene Teixeira Ferreira

 <https://orcid.org/0000-0001-6721-5135>

Carlos Alberto Brito da Silva Júnior

 <https://orcid.org/0000-0002-7084-8491>

Vicente Ferrer Pureza Aleixo

 <https://orcid.org/0000-0002-6048-3329>



Resumo: Este trabalho explora a introdução dos conceitos de Nanociência e Nanotecnologia (N&N) utilizando a linguagem acessível da literatura de cordel, uma forma de expressão cultural tradicional no Brasil. Considerando que tanto a N&N quanto os cordéis são pouco conhecidos entre estudantes, o estudo visa divulgar esses temas de maneira simplificada e envolvente por meio de atividades em um evento intitulado "I Exposição da FACFIS-CANAN-UFPA na E.E.E.M Pedro Amazonas Pedroso", escola localizada em Belém-PA, com a participação de aproximadamente 200 alunos do ensino médio. Um questionário foi aplicado antes das atividades, onde 26 alunos responderam. Os resultados revelaram a falta de familiaridade destes com o tema, principalmente devido à escassez de materiais sobre N&N, assim como a falta de conhecimento dos estudantes referente a literatura de cordel. Dessa maneira, a metodologia demonstrou-se eficaz para a introdução desses conteúdos, com potencial para ser replicada em diferentes séries escolares.

Palavras-chave: Nanociência. Nanotecnologia. Atividades Experimentais. Cordel.

Abstract: This work explores the introduction of the concepts of Nanoscience and Nanotechnology (N&N) using the accessible language of cordel literature, a traditional form of cultural expression in Brazil. Considering that both N&N and cordel literature are little known among students, the study aims to disseminate these topics in a simplified and engaging manner through activities at an event titled "I Exposição da FACFIS-CANAN-UFPA na E.E.E.M Pedro Amazonas Pedroso," a school located in Belém-PA, with the participation of approximately 200 high school students. A questionnaire was applied before the activities, to which 26 students responded. The results revealed a lack of familiarity with the topic, primarily due to the scarcity of materials on N&N, as well as a lack of knowledge among students regarding cordel literature. Thus, the methodology proved to be effective for the introduction of these contents, with the potential to be replicated in different school grades.

Keywords: Nanoscience. Nanotechnology. Experimental Activities. Cordel.

Resumen: Este trabajo explora una introducción a los conceptos de Nanociencia y Nanotecnología (N&N) utilizando un lenguaje accesible de la literatura de cordel, una forma tradicional de expresión cultural en Brasil. Considerando que tanto N&N como cordéis son poco conocidos entre los estudiantes, el estudio pretende divulgar estos temas de forma simplificada y atractiva a través de actividades en un evento denominado "I Exposición FACFIS-CANAN-UFPA en la E.E.E.M Pedro Amazonas Pedroso", escuela ubicada en Belém-PA, con la participación de aproximadamente 200 estudiantes de secundaria. Se aplicó un cuestionario previo a las actividades, el cual respondieron 26 estudiantes. Los resultados revelaron su falta de familiaridad con el tema, debido principalmente a la escasez de materiales sobre N&N, así como al desconocimiento de los estudiantes respecto a la literatura de cordel. De esta manera, una metodología demostrada es efectiva para introducir estos contenidos, con potencial de ser replicada en diferentes grados escolares.

Palabras-clave: Nanociencia. Nanotecnología. Actividades Experimentales. Cordel.

1. INTRODUÇÃO

No contexto escolar, as disciplinas de exatas são frequentemente motivo de grande preocupação para os estudantes do ensino fundamental e médio sendo atribuída



as aulas exaustivas, repletas de conteúdo matemático e com pouca aplicabilidade. Isso impede que os alunos reflitam e busquem razões para utilizar esse conteúdo no cotidiano, gerando desmotivação e um sentimento de incapacidade devido à falta de uma abordagem mais atraente que favoreça o entendimento (Belo *et al.* 2019).

De acordo com Ferreira *et al.* (2016), a física moderna é vista como o futuro devido às inovações proporcionadas em diversas áreas, desde o café que consumimos até o tratamento de certos tipos de câncer. Além disso, essa disciplina integra conteúdos de matemática, química, física e biologia, se tornando um rico material para estudos e pesquisas.

Na concepção de Soares Júnior & Romeiro (2020), as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM) e os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) definem melhorias para o ensino de física no Brasil uma vez que a perspectiva é de uma mudança radical, enfatizando a Física Moderna ao longo de todo o Ensino Médio, como um desdobramento de outros conhecimentos e não como um tópico a mais de fim de curso. O ensino de física deve ser voltado para a cidadania com situações vivenciadas pelo aluno.

Assim, mesmo que a nanociência e nanotecnologia (N&N) na educação básica não sejam trabalhadas de forma direta. Lourenço *et al.* (2017) destacam em seu estudo que a concepção dos alunos do que seria a N&N está diretamente ligada aos aparelhos e circuitos eletrônicos, mostrando então que, mesmo que os alunos não sejam formalmente apresentados, ela está indiretamente em seus cotidianos.

A Literatura de Cordel (LC) teve origem de romances portugueses em versos que era vendido pendurado em cordas, origem do nome cordel, na região Nordeste, onde se desenvolveu grandemente (Oliveira *et al.* 2022). Assim, o cordel pode estimular o interesse dos alunos pela cultura popular e preservar suas tradições além de ser apresentado como uma linguagem simples e divertida chamando muita atenção pela beleza dos seus versos e também por ser uma manifestação cultural rica que se espalhou na região devido a fatores como menor letramento e acesso à imprensa (Alves, 2008).

A N&N é capaz de gerar multidisciplinaridades (Dimer, 2013) e pode ser abordada de formas diferentes. Neste artigo, a N&N será abordada tanto de forma artística e



cultural como na forma prática (experimental). Para valorizar as manifestações artísticas e culturais foi utilizado o cordel de N&N como forma de apresentar esse ramo da Física e a utilização de um microscópio eletrônico digital como demonstração experimental.

Com o uso de cordel e experimentos, as aulas podem tornar-se diferenciadas e atraentes, favorecendo um processo de ensino dinâmico e prazeroso (Feitosa *et al.* 2020). Além disso, experimentos com observação direta de objetos e fenômenos naturais são indispensáveis para a formação científica em todos os níveis de ensino (Ferreira *et al.* 2024). De acordo com Moreira (2013, p. 1), nesse contexto o uso do microscópio pode ser um instrumento utilizado para ampliar e observar estruturas pequenas dificilmente visíveis ou invisíveis a olho nu.

Os microscópios são instrumentos ópticos utilizados com o objetivo de facilitar a visualização de detalhes que seriam impossíveis para o olho humano sem o seu uso (Teles, 2019), utilizando a ampliação da imagem, que se relaciona com alguns fenômenos físicos como a refração, reflexão, difração e interferência. Mas além da ampliação, a imagem precisa ter boa resolução e contraste. Assim, os meios utilizados para proporcionar a aprendizagem significativa também são fundamentais, como pode ser visto na próxima seção.

O objetivo deste trabalho é introduzir a N&N na educação escolar de forma dinâmica, ensinando os alunos a explorar o mundo microscópico com experimentos em microscópio eletrônico. Os conceitos serão apresentados em linguagem simples, utilizando a Literatura de Cordel como ferramenta pedagógica para tornar o aprendizado mais acessível e envolvente, estimulando o interesse por temas científicos atuais.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A aplicação deste trabalho seguiu a seguinte sequência didática: primeiramente, aplicamos um questionário preliminar para avaliar o nível de conhecimento dos estudantes sobre a Literatura de Cordel (LC) e sobre a nanociência e nanotecnologia (N&N), visando obter uma visão inicial sobre o domínio que possuem desses temas. Em seguida, foi realizada a apresentação do cordel. O Deslumbrante Mundo Invisível. Após a leitura do cordel, os estudantes foram orientados a fazer observações em um microscópio



eletrônico e, posteriormente, instigados a descrever essas observações apenas com base nas informações apresentadas no cordel.

O cordel construído foi intitulado “O Deslumbrante Mundo Invisível” apresentado na Figura 1 onde o mesmo aborda o tema da nanociência e nanotecnologia (N&N) possuindo um total de 22 sextilhas. De acordo (Santos & Mortimer, 2020), a utilização de práticas educacionais que inter-relacionam ciência, tecnologia e sociedade “contribuem para que os alunos desenvolvam habilidades e atitudes necessárias à tomada de decisão”.

O texto aborda a evolução da nanotecnologia, nas estrofes I a VII começando com a formação de um conceito no século XX, impulsionado pela colaboração de cientistas e popularizado por Richard Feynman, até sua definição formal por Norio Taniguchi (Martins & Oliveira, 2023). As estrofes seguintes explicam o significado do termo e destacam que, embora o entendimento moderno tenha surgido no século XX, os antigos gregos já utilizavam princípios da nanotecnologia (Santos Junior, 2013).

As estrofes VIII a XI tratam do uso de nanosensores, que detectam fenômenos físicos e químicos, garantindo saúde e segurança no ambiente de trabalho ao identificar gases tóxicos. Nas estrofes XII a XVI, discorre-se sobre polímeros, nanotubos de carbono e nanomedicina, especialmente no tratamento de câncer por quimioterapia (Felipe, 2018).

As estrofes XVII a XXII mencionam aplicações em polímeros, energia limpa, como painéis solares, nanoeletrônica e na agricultura, essenciais para a sociedade moderna ressaltando na última estrofe que esse ramo pode inovar e melhorar muitos dos problemas nana sociedade.

Figura 1 - Cordel produzido – O Deslumbrante Mundo Invisível.



Fonte: Dos próprios autores.

A leitura do cordel explora uma particularidade em cada estrofe, permitindo que o conteúdo seja trabalhado com o auxílio do microscópio. É possível realizar alguns experimentos, como observar um fio de cabelo humano - que é dezenas de milhares de vezes maior que uma nanoestrutura - e polímeros naturais ou sintéticos. A ampliação da imagem exibida pelo projetor proporciona uma imersão ao aluno, combinando uma

prática artística com uma abordagem experimental, o que gera grande interesse na área científica e educacional.

Para o método experimental, foi utilizado o microscópio eletrônico digital DM4 1000X 2.0 MP USB 4.3 LCD, que permitiu apresentar imagens ampliadas de formigas e fios de cabelo aos alunos. Com os experimentos realizados no microscópio, como ilustrado na Figura 2, o aparelho mostrou-se eficaz em manter um bom foco nas observações, reproduzindo-as com qualidade na tela. Esse recurso revelou-se essencial para a materialização das atividades práticas, favorecendo o envolvimento dos alunos com práticas experimentais.

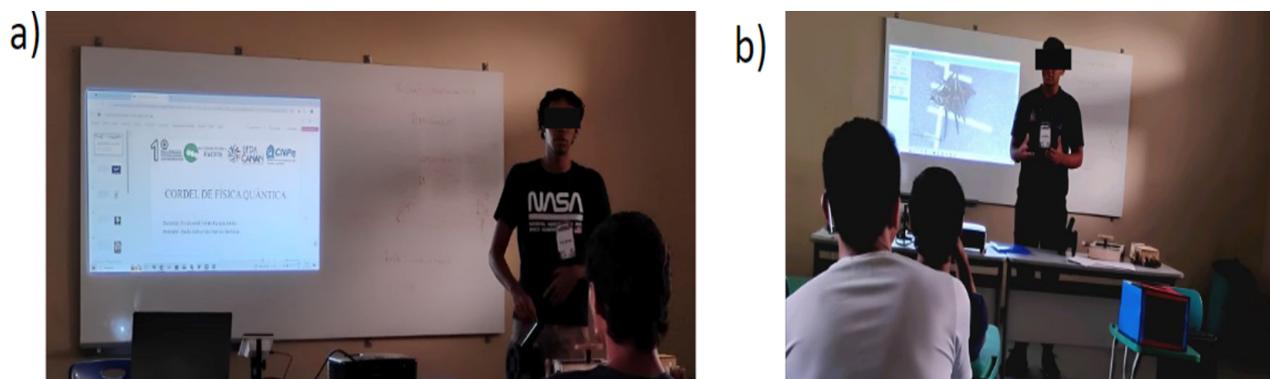
Figura 2 - Microscópio eletrônico DM4 1000X 2.0mp Usd 4.3 Lcd.



Fonte: Dos próprios autores.

Na Figura 3a é mostrada a apresentação do cordel e na Figura 3b do microscópio eletrônico digital na I Exposição da FACFIS-CANAN-UFPA na E.E.E.M Pedro Amazonas Pedroso - Belém/PA realizada no dia 03/10/2024.

Figura 3 - Apresentação do a) Cordel e do b) Microscópio e no E.E.E.M. Pedro Amazonas Pedroso.



Fonte: Dos próprios autores.

Após as apresentações, os estudantes foram incentivados a compartilhar suas opiniões sobre a experiência de explorar as aplicações tecnológicas da nanociência e nanotecnologia por meio de uma linguagem adaptada a um gênero literário da cultura nordestina.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O trabalho foi realizado com uma turma de 26 estudantes do 2º e 3º anos do ensino médio, no município de Belém/PA, abordando o uso de ferramentas experimentais e literárias, além da aplicação de um questionário para coleta de dados. A integração dessas duas atividades ocorreu em sala de aula, com duração total de 30 minutos.

No questionário apresentado na Tabela 1, foram formuladas quatro perguntas para obter uma noção prévia sobre o nível de entendimento dos alunos entrevistados antes da execução das atividades. Durante a atividade, também foi realizada uma verificação dos equipamentos, como o microscópio eletrônico e o projetor, para garantir o funcionamento adequado na exibição do Cordel de Nanociência e Nanotecnologia e na compreensão dos fenômenos físicos envolvidos. Em seguida, foram realizadas atividades experimentais



voltadas para a feira de ciências, possibilitando a aplicação em qualquer série escolar (Teixeira & Guazzelli, 2023).

Tabela 1 – Questionário Prévio.

Questões Propostas	Sim	Não
01 - Já participou de alguma feira de ciências com esse tema?	0	26
02 - Você já estudou física quântica, nanociência e nanotecnologia?	0	26
03 - Você sabe o que é Cordel ou já ouviu sobre?	1	25
04 - Você já visualizou algo em um microscópio?	0	26

Fonte: Dos próprios autores.

Ferreira (2024) realça a importância da feira de ciências como balizador para o aprendizado, apontando que mesmo que os professores sejam preparados, as feiras ajudam sendo espaços demonstrativos e uma oportunidade de aprendizados e minicursos tanto para professores e alunos aprenderem mais sobre nanotecnologia.

Filho (2022) destaca, dentre as características de sua pesquisa qualitativa, o retorno da participação dos alunos e salienta que a partir da perspectiva dos alunos, redução do formalismo da física se mostra eficaz para o ensino de conceitos, a interdependência de outras disciplinas e o relato dos alunos que se conhecimento sobre o assunto e superficial.

Assim como o exposto por Filho (2022) no ensino fundamental, a questão 02 demonstram que a inserção da física quântica, independentemente da forma, no ensino



médio e igualmente vago, acentuado pela falta de eventos científicos na realidade desses alunos, 100% dos entrevistados afirmaram não saber.

A questão 03 buscou entender a inserção do cordel no ensino e, sustentado por Oliveira *et al.* (2022), demonstra que mesmo na região norte, mais especificamente na região metropolitana de Belém, o viés de ensino-aprendizado do cordel não é muito conhecido, sustentado por apenas 1 dos entrevistados saberem o que é cordel, porém, sem saber explicá-lo.

Após a realização da apresentação, foi possível observar um aumento significativo na compreensão dos alunos sobre a literatura de cordel em comparação ao que sabiam anteriormente. Agora, os alunos reconhecem que o cordel é uma manifestação artística e cultural de linguagem acessível, adequada a qualquer nível de entendimento. Essa evolução no entendimento não apenas enriqueceu o aprendizado, mas também despertou um maior interesse pelos temas discutidos, mostrando a relevância da literatura de cordel como um meio eficaz de comunicação e educação (Oliveira *et al.*, 2022).

Desse modo, Miranda *et al.* (2024) ressalta que a falta de recursos, principalmente em colégios públicos, é um dos principais fatores para a busca de estratégias alternativas para o ensino, não apenas de física, mas de ciências como um todo. A questão 04 buscou determinar a quantidade de visualizações que os entrevistados haviam feito ou presenciado com um microscópio e de forma previsível ficou evidente a falta de experiência com o equipamento, devido à falta de acesso da escola a esse recurso.

A partir das observações realizadas, foi notável que os alunos demonstraram uma empolgação contagiante com as pequenas amostras exibidas no microscópio, como um fio de cabelo e uma formiga. A curiosidade despertada por esses elementos simples, mas fascinantes, levou os alunos a trazerem diversos materiais para serem analisados pelo equipamento.

O entusiasmo em observar as características e detalhes que são invisíveis a olho nu gerou uma atmosfera de aprendizado colaborativo, onde todos se mostraram ansiosos para descobrir mais sobre a estrutura e o funcionamento dos objetos à sua volta. A experiência não apenas estimulou a investigação científica, mas também promoveu uma



aproximação significativa entre os alunos e o conhecimento científico, tornando a atividade educativa ainda mais enriquecedora (Sales *et al.*, 2019).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A incorporação da nanotecnologia na educação básica, por meio de abordagens variadas como a elaboração de cordéis e a realização de experimentos com microscópios, se demonstra uma estratégia inovadora e eficaz para promover um aprendizado significativo. O uso do cordel, uma forma artística profundamente enraizada na cultura popular, não apenas atrai os alunos de maneira lúdica, mas também torna mais acessíveis e cativantes conceitos complexos, transformando-os em histórias envolventes. Em contrapartida, a prática com microscópios oferece uma experiência hands-on que é essencial no ensino das ciências.

Essas vivências práticas não apenas consolidam o conhecimento teórico, mas também despertam a curiosidade e o interesse pela ciência, evidenciando a presença da nanotecnologia em nosso dia a dia. De acordo com que foi apresentado a exibição e métodos de ensino, abordando o Microscópio eletrônico no ensino médio 2º ano e 3º ano, porém pode ser trabalhado no ensino superior, pelos discentes e docentes com base exploração mais amplas da utilização na área de Física.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, R. M. Literatura de Cordel: por que é para que trabalhar em sala de aula. **Revista Fórum identidade**. v.4, p.103-109, 2008.

BELO, T. N.; LEITE, L. B. P.; MEOTTI, P. R. M. As dificuldades de aprendizagem de química: um estudo feito com alunos da Universidade Federal do Amazonas. **Scientia Naturalis**, v. 1, p. 1-9, 2019.

DIAS FILHO, I. P. A introdução à física quântica para alunos do nono ano do ensino fundamental. **Scientia Naturalis**, v. 4, p. 1-10, 2022.

DIMER, F. A.; FRIEDRICH, R. B.; BECK, R. C. R.; GUTERRES, S. S.; POHLMANN, A. R. Impactos da nanotecnologia na saúde: produção de medicamentos. **Química Nova**, v. 36, p. 1520-1526, 2013.

FEITOSA, S. D. S.; ARAÚJO, K. M. G.; SILVA, M. S.; NOBRE, F. A. S. Uma sequência didática utilizando a literatura de cordel e a arte das histórias em quadrinhos para



inserção de tópicos de Física Quântica no Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 37, p. 662-694, 2020.

FERREIRA, M. A.; FERREIRA, R. F. C.; MARTINS, M. V. A.; OLIVEIRA, J. P. C. Síntese de Nanopartículas Magnéticas: O Potencial Multidisciplinar da Prática da Nanociência no Ensino Médio. **Revista Processos Químicos**, v. 18, p. 91-99, 2024.

FERREIRA, P. H. D.; GHIGLIENO, F.; TRIBUZI, V. Atividades experimentais no ensino de óptica: uma nova revisão. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 46, p. e20240104, 2024.

FERREIRA, M.; LIMA LEITE, F.; OLIVEIRA, O.; ROZ, A. L. **Grandes áreas da nanociência e suas aplicações**, 1ª ed. - Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

FELIPE, R. F.; NISIOKA, K. N.; DEL NERO J.; ALEIXO, V. F. P.; SILVA, C. A. B. Molecular Junction based on ZigZag Silicene Planar NanoRibbon (ZZSiPNR): Density Functional Theory (DFT) and Extended Hückel Theory / Non-Equilibrium Green Function (EHT/NEGF). **Nanomedicine and Nanoscience Research**, v. 06, p. 1-7, 2018.

LOURENÇO, A. B.; COLOMBO, P. D.; LÍCIO, J. G.; OVIGLI, D. F. B. A nanotecnologia na concepção de estudantes do ensino médio: o desenho como elemento de análise. **Gondola**, v. 12, p. 27-42, 2016.

MARTINS, D. J. S.; OLIVEIRA, H. P. O ensino de física avaliado por Richard Feynman em 1952 e os dias atuais: A questão da contextualização. **Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico (EDUCITEC)**, v. 9, p. e205923, 2023.

MIRANDA, P. S. S. M.; Pezzini, D. S.; Melo, M. C. F.; Haslinger, M. L. K.; Braga, N. R. A. Superando desafios: estratégias para melhorar a qualidade da educação em escolas com recursos limitados. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 10, p. 1741-1747, 2024.

OLIVEIRA, D. A. S.; PADIM, D. F.; ROSA, S. E. Cordéis científicos: pressupostos teórico-metodológicos e propositivos para o Ensino De Química. **Investigações Em Ensino De Ciências**, v. 27, p. 112-135. 2022.

SALES, D. P.; VIÉGAS, D. S. S.; SILVA, L. F. B.; SILVA, A. A.; LIMA, B. T.; LOPES, I. M. S. Uso de Metodologias Ativas de Aprendizagem em Escolas de Alternância. **Revista Espacios**, v. 40, p. 18-19, 2019.

SANTOS JUNIOR, J. L. **Ciência do futuro e futuro da ciência**: redes e políticas de nanociência e nanotecnologia no Brasil. N. 260, p. 201-215, 2013.

SANTOS, W. J.; SILVA, I. P. As potencialidades da Literatura de Cordel para o Ensino de Física na perspectiva de professores-pesquisadores da área de Educação em Ciências. **Revista Insignare Scientia - RIS**, v. 3, p. 214-234, 2020.

SOARES JÚNIOR, N. E.; ROMEIRO, A. C. V. As orientações curriculares nacionais para o ensino médio: uma análise da área da linguagem. **Revista Espaço do Currículo**, v. 13, p. 946-955, 2020.



TEIXEIRA, L. de S; GUAZZELLI, D. C. H. R. Aprendizagem ativa: experiências e pesquisas com metodologias ativas. **Eccos - Revista Científica**, v. s/n, p. 1-7, 2023.

TELES, N.; FONSECA, M. J. A importância do microscópio ótico na revolução científica - das práticas educacionais à representação museológica. **História da Ciência e Ensino construindo interfaces**, v. 20, p. 126-140, 2019.