

NANOTECNOLOGIA E A BNCC: PROPOSTA E APLICAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ESTUDANTES DO 1º ANO DO ENSINO MÉDIO.

Nanotechnology and BNCC: Proposal and application of a didactic sequence for 1st. grade high school students.

Paulo José Pereira de Oliveira [paulojoseo@ifes.edu.br]

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, campus Cachoeiro de Itapemirim, ES, Brasil.

Solange Binotto Fagan [solange.fagan@gmail.com]

Área de Ciências Tecnológicas, Universidade Franciscana, Santa Maria, RS, Brasil.

Recebido em: 29/09/2022

Aceito em: 28/04/2023

Resumo

A Nanociência e a Nanotecnologia (N&N) têm movimentado bilhões de dólares por ano e assim têm impactado a economia e a vida das pessoas em todo o mundo. São milhares de produtos disponíveis no mercado, produzidos por milhares de empresas espalhadas em diversos países. Diante deste cenário, no presente trabalho, propomos e aplicamos uma sequência didática de ensino de N&N em duas turmas do 1º ano do ensino médio. A sequência didática foi estruturada considerando a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), na temática matéria e energia e também de forma interdisciplinar com diferentes itinerários. A análise das atividades entregues pelos estudantes, após a aplicação da sequência didática, indicou que os estudantes se sensibilizaram com o tema, ficaram curiosos em aprofundar mais sobre o assunto, aprenderam alguns conceitos básicos, como o efeito da escala nas propriedades dos materiais, além de fazerem conexões com algumas aplicações importantes, como, por exemplo, a vacina contra a Covid-19. As atividades também proporcionaram o desenvolvimento da dimensão socioemocional dos estudantes além do protagonismo estudantil.

Palavras-chave: nanociência; nanotecnologia; formação de professor; ensino de física.

Abstract

Nanoscience and nanotechnology (N&N) have moved billions of dollars a year and thus has impacted the economy and the lives of people around the world. There are thousands of products available on the market, produced by thousands of companies spread across different countries. Given this scenario, in the present work, we propose and apply an N&N teaching didactic sequence in two classes of the 1st grade of high school. The didactic sequence was structured considering the common national curriculum base (BNCC), in the matter and energy topic and also in an interdisciplinary way with different itineraries. The analysis of the activities delivered by the students, after the application of the didactic sequence, indicated that the students became aware of the topic, were curious to go deeper into the subject, learned some basic concepts, such as the effect of scale on the properties of materials, in addition to make connections with some important applications, such as, for example, the vaccine against Covid-19. The activities also provided the development of the socioemotional dimension of students in addition to protagonist student.

Keywords: nanoscience; nanotechnology; teacher training; physics teaching.

1- Introdução

Cientes e atentos ao crescimento e impacto da Nanociência e da Nanotecnologia na sociedade, cientistas têm desenvolvido estudos e recursos didáticos para orientar os professores, do nível da educação básica até a educação superior, a desenvolverem esse tema durante suas aulas.

Se explorarmos o site Statnano (2010) poderemos acessar indicadores por países, tipos de nanomateriais e por universidades. Acessando, por exemplo, o link “produtos” obtemos informações de cerca de 9575 produtos de 2871 empresas espalhadas por 77 países. Estão presentes também informações sobre as áreas/setores relacionadas a cada um desses produtos, como, por exemplo: têxtil, construção civil, meio ambiente, medicina, cosméticos, comida, energias renováveis, agricultura, esportes e fitness etc. A Nanociência e a Nanotecnologia (N&N) estão impactando de forma disruptiva a ciência e a tecnologia, gerando renda, empregos e têm sido consideradas a ciência e a tecnologia do futuro (Phys.org, 2016).

Segundo da Silva e Lopes (2020), N&N é um tema referente ao ensino de ciências naturais e é necessário o “empreendimento de esforços no que diz respeito à produção de materiais didáticos, ações de formação de professores e divulgação científica que contemplem a discussão deste assunto nas suas mais variadas vertentes”. O professor Henrique Toma, um dos pioneiros na divulgação da N&N no Brasil, relata também que “a questão da nanotecnologia também não pode deixar de ser incluída no cenário da Educação, visto que os principais atores dessa nova era serão os jovens estudantes, que precisarão ser preparados para ingressar nesse mercado de trabalho” (Toma, 2005).

Em 2018 foi aprovada a nova Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o ensino médio (Brasil, 2018) que contempla dez competências gerais para a educação básica, para todos os estudantes brasileiros. A nova BNCC foi estruturada com foco nas competências, conforme relata o trecho abaixo:

Ao adotar esse enfoque, a BNCC indica que as decisões pedagógicas devem estar orientadas para o desenvolvimento de competências. Por meio da indicação clara do que os alunos devem “saber” (considerando a constituição de conhecimentos, habilidades, atitudes e valores) e, sobretudo, do que devem “saber fazer” (considerando a mobilização desses conhecimentos, habilidades, atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho), a explicitação das competências oferece referências para o fortalecimento de ações que assegurem as aprendizagens essenciais definidas na BNCC (Brasil, 2018, p. 13).

Para desenvolver as competências gerais, específicas e habilidades relacionadas, a BNCC foi estruturada nas seguintes áreas de conhecimento/itinerários para o ensino médio, a saber: Linguagens e suas Tecnologias (LGG) (Arte, Educação Física, Língua Inglesa e Língua Portuguesa), Matemática e suas Tecnologias (MAT) (Matemática), Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT) (Biologia, Física e Química), Ciências humanas e Sociais Aplicadas (CHS) (História, Geografia, Sociologia e Filosofia) e formação técnica e profissional. A compactação por áreas é justificada conforme texto abaixo:

A organização por áreas [...] não exclui necessariamente as disciplinas, com suas especificidades e saberes próprios historicamente construídos, mas, sim, implica o fortalecimento das relações entre elas e a sua contextualização para apreensão e intervenção na realidade, requerendo trabalho conjugado e cooperativo dos seus professores no planejamento e na execução dos planos de ensino (Brasil, 2018, p. 470).

A BNCC explica que a organização por áreas e itinerários formativos permite uma maior flexibilidade na organização curricular, oportunizando “a construção de currículos e propostas pedagógicas que atendam mais adequadamente às especificidades locais e à multiplicidade de interesses dos estudantes, estimulando o exercício do protagonismo juvenil” (Brasil, 2018, p. 468). Para a área CNT a BNCC propõe a continuidade do ensino fundamental e dessa forma orienta um

aprofundamento das temáticas Matéria e Energia, Vida e Evolução e Terra e Universo. Segundo a BNCC:

os conhecimentos conceituais associados a essas temáticas constituem uma base que permite aos estudantes investigar, analisar e discutir situações-problema que emergem de diferentes contextos socioculturais, além de compreender e interpretar leis, teorias e modelos, aplicando-os na resolução de problemas individuais, sociais e ambientais. Dessa forma, os estudantes podem reelaborar seus próprios saberes relativos a essas temáticas, bem como reconhecer as potencialidades e limitações das Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Brasil, 2018, p. 548).

Para trabalhar essas temáticas de forma contextualizada, a BNCC orienta incorporar nos currículos e nos projetos pedagógicos a abordagem de Temas Contemporâneos Transversais (TCTs), conforme relatado no texto abaixo (Brasil, 2018, p. 19):

cabe aos sistemas e redes de ensino, assim como às escolas, em suas respectivas esferas de autonomia e competência, incorporar aos currículos e às propostas pedagógicas a abordagem de temas contemporâneos que afetam a vida humana em escala local, regional e global, preferencialmente de forma transversal e integradora.

Os TCTs formam um total de quinze temas distribuídos em seis macroáreas temáticas, a saber (veja figura 1): Meio ambiente, economia, saúde, cidadania e civismo, multiculturalismo e ciência e tecnologia (Brasil, 2019, pág 7).

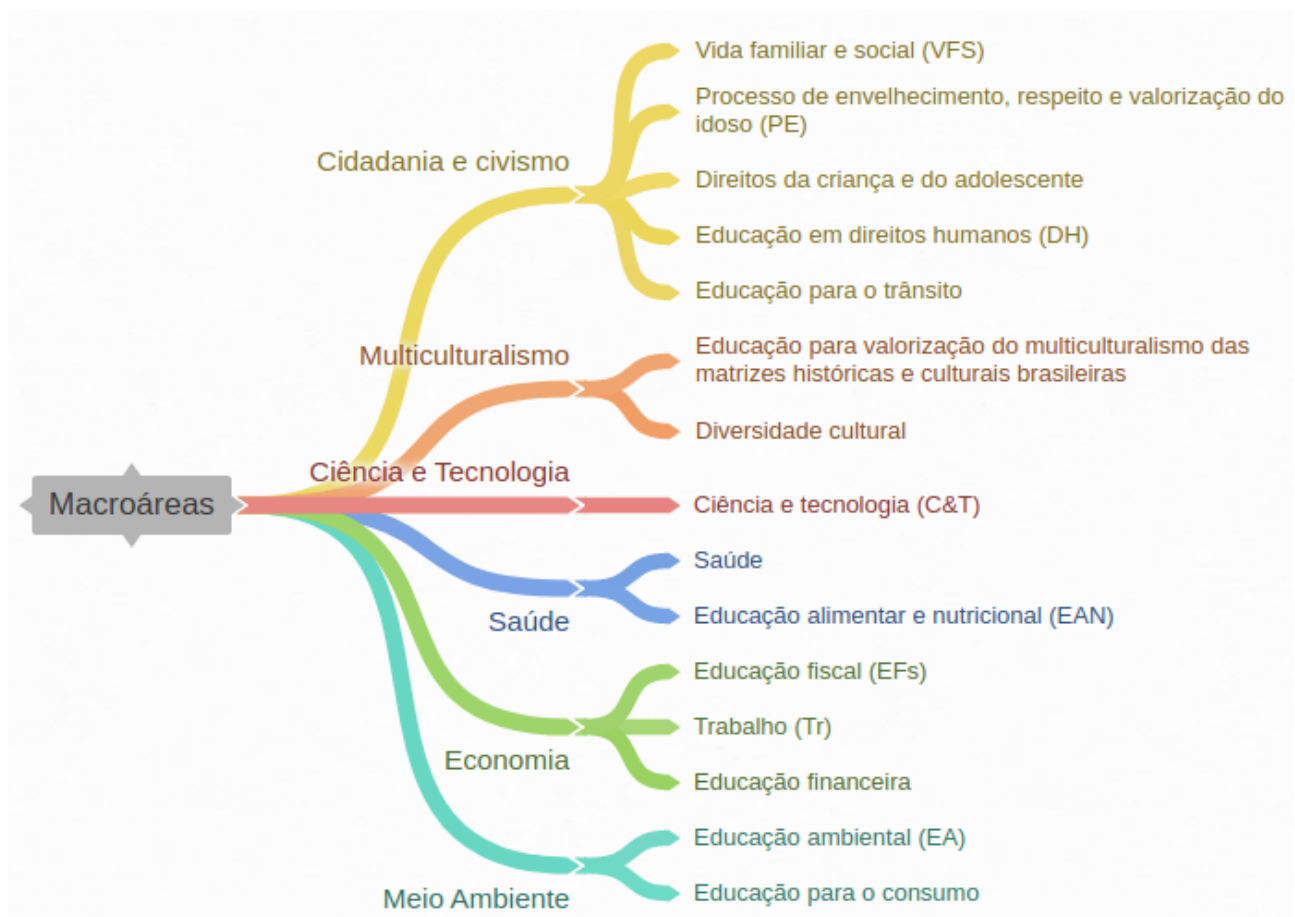


Figura 1 – Distribuição das macroáreas temáticas em seus respectivos temas transversais. Fonte: De autoria própria.

O presente trabalho propõe uma sequência didática (SD) para ensinar N&N abordando quatro TCTs tratando de forma interdisciplinar quatro itinerários da BNCC: CNT, LGG, MAT e CHS. A sequência didática foi construída na temática Matéria e Energia da BNCC para o ensino médio, que propõe um aprofundamento e continuidade dessa temática abordada inicialmente no ensino fundamental. Para avaliar a SD, esta foi aplicada em duas turmas da 1ª série do ensino médio. A seguir apresentamos

uma revisão de literatura sobre ensino de N&N, a metodologia, referencial teórico, os resultados e discussões e por fim as conclusões.

2 – Ensino de N&N (Revisão de Literatura)

Jing et al. (2011) utilizaram os recursos e ferramentas do site Nanoeach (c2022) para ensinar nanotecnologia para estudantes do 6º e 7º anos do ensino fundamental. Por meio de questionários antes e após a utilização do site avaliaram a apropriação dos conceitos pelos estudantes sobre nanotecnologia. A análise dos resultados indicou que a metodologia contribuiu para uma maior compreensão do tema. Schulz (2007) apresentou um conjunto de atividades e experimentos simples e de baixo custo para ensinar conceitos de nanociência e aproximar os estudantes do ensino médio ao mundo nanométrico.

Ellwanger, Mota e Fagan (2013) apresentam um relato de experiências sobre a implementação de um módulo didático visando ensinar Nanociência para turmas do terceiro ano do ensino médio. Os resultados indicaram que a metodologia utilizada sensibilizou, motivou e contribuiu para a aprendizagem dos estudantes. Rebello et al. (2012) desenvolveram um experimento de baixo custo para produção de nanopartículas magnéticas e também elaboraram um vídeo sobre o tema. O experimento foi realizado por estudantes do primeiro ano do ensino médio. A abordagem didática desenvolvida por Rebello et al. (2012) contribuiu para a aprendizagem de N&N além de ter permitido também o ensino de vários conceitos de química.

Tomkelski, Scremin e Fagan (2019) realizaram um estudo sobre o ensino de N&N na visão dos professores de matemática e ciências da natureza dos ensinos médio e superior. Os resultados apontaram três estratégias didáticas para os professores abordarem N&N nas suas aulas, relatadas a seguir: 1 - abordagem de base para desenvolver um dado tópico/conteúdo; 2 – Uma abordagem integrada ao conteúdo curricular e 3 – Uma abordagem extraclasse complementar as atividades realizadas durante as aulas de forma que o estudante possa aprofundar os conteúdos relacionados a ciência e tecnologia. Ainda, segundo Tomkelski, Scremin e Fagan (2019) “Existe, portanto, amparo legal para a inserção destes tópicos de N&N, bem como necessidades sociais, econômicas e ambientais emergentes que carecem de formação profissional compatível e, conseqüentemente, de mais investimentos na área de educação”. Da Silva e Lopes (2020) realizaram um estudo em que apresentaram reflexões sobre aspectos teóricos e aplicações em N&N, além de possibilidades de sua inserção na educação básica. Para Da Silva e Lopes (2020):

[...] um dos caminhos para compreensão mais crítica sobre N&N passa pela educação escolar. Dessa maneira, abordagens que levem em consideração este tema possuem grande potencial para a discussão de questões que envolvem a natureza do conhecimento científico, as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, bem como a formação interdisciplinar dos estudantes, uma vez que demanda a articulação de conceitos de diversas disciplinas. Ainda, a inserção deste tema na Educação Básica, pode contribuir para a formação de sujeitos mais críticos em relação a este assunto, com visões mais bem fundamentadas que podem auxiliar a romper com o certo modismo irrefletido associado à N&N.

3 – Metodologia

Para a construção do projeto de ensino tomamos como referência as propostas de práticas de implementação de TCTs na BNCC (Brasil, 2019). Seguimos o modelo 7 (ver quadro 1) referente a abordagem interdisciplinar de TCTs no plano de aula (Brasil, 2019, p. 20). A planilha do projeto ficou composta por sete colunas com os seguintes conteúdos: TCTs, objetivo, atividade da proposta, componente, competências por componente da BNCC, habilidades por componente da BNCC e avaliação (ver quadro 2)¹. O projeto teve como base os seguintes objetivos: 1 – Refletir sobre a evolução histórica da N&N; 2 – Entender qualitativamente alguns conceitos de N&N; 3 –

¹ A Planilha completa do projeto (com descrição das competências e dos códigos das habilidades) pode ser acessada no link: <https://bit.ly/3zdGxns>.

Compreender algumas aplicações e produtos que utilizam a N&N; 4 – Perceber os impactos econômicos e ambientais da N&N; 5 – Criar um material/folder de divulgação científica sobre N&N.

Quadro 1. Modelo 7 – Propostas de práticas de implementação de TCTs. Fonte: Adaptado pelo próprio autor de BNCC (Brasil, 2019, p.20)

TCT	OBJETIVO	ATIVIDADE PROPOSTA	COMPONENTE	HABILIDADE POR COMPONENTE	AVALIAÇÃO
Diversidade Cultural	Respeitar as diversidades culturais	<ul style="list-style-type: none"> Fazer levantamento. Consolidar as informações. 	Geografia	(EF05GE02)	Diagnóstica e Formativa
			História	(EF05HI04) e (EF05HI05)	

Para aplicar o projeto desenvolvemos uma sequência didática apoiada na metodologia ativa sala de aula invertida (*Flipped Classroom*) (De Oliveira, Araujo e Veit, 2016). Na sala de aula invertida o estudante tem previamente o primeiro contato com o conteúdo que irá aprender, o que pode ser feito por meio de visualização de vídeos, leituras de notícias e artigos. Após esse primeiro contato, os estudantes, com a ajuda do professor, resolvem atividades, incentivados a trabalharem colaborativamente (interagirem entre si). Segundo De Oliveira, Araujo e Veit (2016) “Não há [...] um único método de inverter a sala de aula. O professor, conhecendo diferentes abordagens, tem a possibilidade de decidir qual delas se ajusta melhor ao seu contexto de ensino”. A sequência didática desenvolvida no presente trabalho constituiu de cinco etapas e é apresentada no quadro 3 em detalhes.

Quadro 2. Planilha do projeto aplicado baseado no modelo 7 (ver quadro 1) com apenas a inclusão de uma coluna extra (Competências por componente). Fonte: Adaptado pelo próprio autor de BNCC (Brasil, 2019, p.20).

Etapa de Ensino: 1º ano do ensino médio.

Temática: Matéria e Energia

Detalhamento da proposta: O objetivo é ensinar nanociência e nanotecnologia (N&N) dentro da temática matéria e energia abordando quatro TCTs e envolvendo de forma interdisciplinar quatro componentes/itinerários da BNCC do ensino médio.

Principais aspectos trabalhados com os estudantes: Inteligência socioemocional, por meio da interação entre os colegas; autonomia estudantil, o professor assume o papel de auxiliador da aprendizagem e o estudante que é o protagonista; aprendizagem descontraída e significativa, o estudante sabe para que e o porquê estará aprendendo determinado assunto.

TCTs	OBJETIVO	ATIVIDADE PROPOSTA	COMPONENTE	COMPETÊNCIA POR COMPONENTE	HABILIDADE POR COMPONENTE	AValiação
C&T; Saúde; Economia/Tr e Meio Ambiente/EA	1 – Refletir sobre a evolução histórica da N&N.	1 - Em grupos, os estudantes deverão pesquisar na internet sobre o que é N&N. Deverão anotar suas pesquisas e após o professor anotar no quadro as anotações dos grupos e complementar, se necessário.	Ciências da natureza e suas tecnologias (Física, Química, Biologia)	Competência 1 Competência 3	(EM13CNT101) (EM13CNT104) (EM13CNT303) (EM13CNT306)	- Participação e engajamento dos estudantes. - Produção do material/folder final
	2 – Entender os conceitos de nanociência e nanotecnologia (N&N).	2 - Em seguida, conceitos de escala e notação científica serão apresentados para os estudantes. Após, será colocada a seguinte situação problema:	Matemática e suas tecnologias	Competência 1	(EM13MAT101) (EM13MAT103) (EM13MAT102)	
	3 – Compreender algumas aplicações e produtos que utilizam a N&N.	Pesquise na internet o termo (N&N + escala) anote o que encontrar e tente verificar se existe alguma relação entre os dois termos. O professor deverá anotar no quadro as pesquisas e complementar se necessário.	Linguagens e suas tecnologias	Competência 3 Competência 7	(EM13LGG301) (EM13LGG701)	
	4 – Perceber os impactos econômicos e ambientais da N&N.					
	5 – Criar um material/folder de divulgação científica					
			Ciências Humanas e Sociais Aplicadas (História)	Competência 1	(EM13CHS102) (EM13CHS104)	

Quadro 2. Continuação. Continuação da terceira coluna (Atividade Proposta). A coluna foi colocada na horizontal para melhor visualização.

ATIVIDADE PROPOSTA	<p>3 - - Em seguida será colocada a seguinte situação problema: Pesquisa sobre a evolução da N&N ao longo da história e sua relação com o progresso da humanidade. O professor deverá anotar no quadro as pesquisas e complementar se necessário.</p> <p>4 - Pesquise, em grupo, sobre a relação entre N&N e o meio ambiente e anote o que encontrar. O professor deverá anotar no quadro as pesquisas e complementar se necessário.</p> <p>5 - Pesquise, em grupo, sobre os efeitos negativos e impactos ambientais e indicadores biológicos relacionados a N&N. O professor deverá anotar no quadro as pesquisas e complementar se necessário.</p> <p>6 - Pesquise sobre aplicações da N&N e os termos convergência tecnológica e singularidade tecnológica. O professor deverá anotar no quadro as pesquisas e complementar se necessário.</p> <p>7 - Pesquise, em grupo, na internet sobre dados econômicos, produtos, preços, gráficos e previsões estatísticas e apresente para a turma.</p> <p>8 - Cada grupo deverá reunir os materiais produzidos e anotações e produzir um cartaz/folder de divulgação científica e apresentar na turma.</p>
---------------------------	--

3.1 Sequência didática

Quadro 3. Sequência didática

Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> - Ensinar N&N na temática matéria e energia da BNCC; - Abordar diferentes temas transversais da BNCC por meio da N&N; - Desenvolver de forma interdisciplinar quatro componentes/itinerários da BNCC; - Propor uma sequência didática que utilize metodologias ativas, como, por exemplo, a sala de aula invertida; - Proporcionar o desenvolvimento socioemocional dos estudantes por meio de atividades em grupos e colaborativas; - Desenvolver a autonomia estudantil por meio de atividades problemas; - Proporcionar uma aprendizagem mais descontraída e significativa, pois o estudante saberá para que e o porquê estará aprendendo; - Projetar/desenvolver um cartaz/folder sobre a temática N&N com os materiais produzidos durante a aplicação da sequência didática. - Refletir sobre a evolução histórica da N&N.
------------------	---

	<ul style="list-style-type: none"> - Entender qualitativamente alguns conceitos de N&N. - Compreender algumas aplicações e produtos que utilizam a N&N. - Perceber os impactos econômicos e ambientais da N&N.
Etapas	<p>1ª etapa: Inicialmente passaremos três vídeos sobre o tema N&N visando sensibilizar e ter um feedback inicial dos estudantes. Segue o link dos vídeos:</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=08HGPCRvWZk (Ciência e Ponto, 2020)</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=EVrj9Rvv03k (Berttram, 2014)</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=9epbvgLnjdk (TV BrasilGov, 2013)</p> <p>Os vídeos deverão ser visualizados em casa e após a visualização os estudantes deverão, em uma folha separada, anotar o que ele achou de interessante, importante, curiosidades e colocar também seus questionamentos e dúvidas. Essa etapa deverá ser feita individualmente e em casa. As anotações deverão ser encaminhadas para o professor.</p> <p>2ª etapa: (Em casa). Em grupo de cinco membros, os estudantes deverão realizar as seguintes pesquisas na internet e responder aos seguintes questionamentos:</p> <ol style="list-style-type: none"> a) O que é nanociência e nanotecnologia N&N?; b) Pesquise na internet o termo (N&N + escala) anote o que encontrar e tentem verificar se existe alguma relação entre os dois termos; c) Pesquisa sobre a evolução da N&N ao longo da história e sua relação com o progresso da humanidade; d) Pesquise sobre a relação entre N&N e o meio ambiente e anote o que encontrar; e) Pesquise sobre os efeitos negativos e impactos ambientais e indicadores biológicos relacionados a N&N. Anote o que encontrar; f) Pesquise sobre aplicações da N&N e os termos convergência tecnológica e singularidade tecnológica. Anote o que encontrar; g) Pesquise sobre produtos, aplicações, preços, dados econômicos e gráficos relacionados à nanotecnologia. Anote o que encontrar. <p>Na 1ª etapa trabalha-se a autonomia do estudante, pois ele deverá realizar a atividade sozinho e sem ajuda de um professor. Na 2ª etapa trabalha-se especialmente a dimensão socioemocional (capacidade de desenvolver tarefas em equipe, superar dificuldades, se relacionar, etc.) do estudante por meio da interação entre os</p>

	<p>colegas. As perguntas foram construídas na tentativa de tentar abordar alguns aspectos importantes da N&N de forma a proporcionar uma aprendizagem qualitativa sobre o tema.</p> <p>3ª etapa: (Em sala) Em sala o professor pedirá que cada grupo fale as respostas de suas pesquisas e irá anotando no quadro, confirmando as ideias corretas e reformulando as ideias incorretas. Em uma folha separada, os grupos deverão complementar ou não as respostas de suas pesquisas com base nas anotações no quadro. As pesquisas e anotações complementares deverão ser entregues para o professor para avaliação da sequência didática.</p> <p>4ª etapa: (Em sala) tomando como norte as respostas dos estudantes nas 1ª, 2ª e 3ª etapas, o professor preparará uma aula sobre o tema para complementar/reforçar as pesquisas e conceitos trabalhados pelos estudantes. As informações fornecidas pelos estudantes nas 1ª, 2ª e 3ª etapas servirão de <i>feedback</i> para o professor preparar, na 4ª etapa, uma aula sob medida (<i>Just-in-Time Teaching</i>). Em uma folha separada, os estudantes deverão fazer suas observações e complementar as respostas da 3ª etapa. Essas anotações também deverão ser entregues para o professor para avaliação e aperfeiçoamento da sequência didática.</p> <p>5ª etapa: (Em sala) Cada grupo deverá reunir os materiais produzidos e anotações e produzir, com o auxílio do professor de artes, um cartaz/folder de divulgação científica e apresentar na turma. Nesse ponto é importante o professor incentivar a interação, engajamento e discussões dos estudantes.</p>

A presente sequência didática foi aplicada para duas turmas do 1º ano do ensino médio integrado ao técnico (técnico em eletromecânica e em informática). Usamos letras maiúsculas para representar os registros dos estudantes e os grupos conforma o quadro 4 abaixo:

Quadro 4. Organização dos registros utilizados no presente trabalho.

Registros dos estudantes	Eletromecânica	Informática
	estudante A	estudante H
	estudante B	estudante I
	estudante C	estudante J
	estudante D	estudante L
	estudante F	
	estudante G	
Grupos		
		Grupo A ²
		Grupo B ³

² Somente o estudante I está presente no grupo.

³ Somente o estudante H está presente no grupo.

As escolhas dos registros (ou recortes) das anotações dos estudantes e dos grupos foram guiadas pela organização das anotações e de forma a excluir respostas similares. Os grupos eram compostos de cinco estudantes resultando em oito grupos (quatro grupos da turma de eletromecânica e quatro da turma de informática). No total, sete grupos entregaram as atividades referente a 2ª etapa e seis grupos enviaram o folder⁴. Para a 1ª etapa miramos nos seguintes aspectos qualitativos da N&N para avaliar a aprendizagem: aspectos conceituais, aplicações, riscos, curiosidades e questionamentos. Pelo fato de estarmos no final do ano e os professores das outras disciplinas estarem sobrecarregados de atividades, a presente sequência didática foi aplicada por um único professor, entretanto, ela poderia ser aplicada de forma interdisciplinar entre os professores de Física, História, Biologia, Matemática e Artes, bastando para isso dividir/ajustar as questões na 1ª e 2ª etapas entre as áreas, a 3ª e 4ª poderiam ser mantidas e a 5ª etapa poderia ser desenvolvida, por exemplo, pelo professor de artes.

3 – Referencial teórico

Para construir e avaliar a SD o presente trabalho se apoiou na teoria de aprendizagem sociointeracionista de Vygotsky. Na visão de Vygotsky o desenvolvimento cognitivo do ser humano (processos mentais superiores) tem origem na interação da dimensão cognitiva com a dimensão histórica e cultural. Em outras palavras, na interação do indivíduo com outros indivíduos e o meio (Moreira, 1999). Para que ocorra o desenvolvimento cognitivo (processo de internalização) ou a aprendizagem, deve existir uma mediação (ação ou atividade) realizada por meio de signos (linguagens) e instrumentos. Exemplos de signos podemos citar: palavras (signos linguísticos) e números (signos matemáticos). Instrumento é algo que utilizamos para alcançar um objetivo ou algo, como por exemplo um martelo ou uma enxada (didactics, 2015a). Vygotsky entende signos como um instrumento psicológico que o indivíduo utiliza para representar seu mundo interior e se referir a objetos fora dele (Moreira, 1999). A figura 2 apresenta um esquema resumido para ajudar a entender a teoria de aprendizagem de Vygotsky:

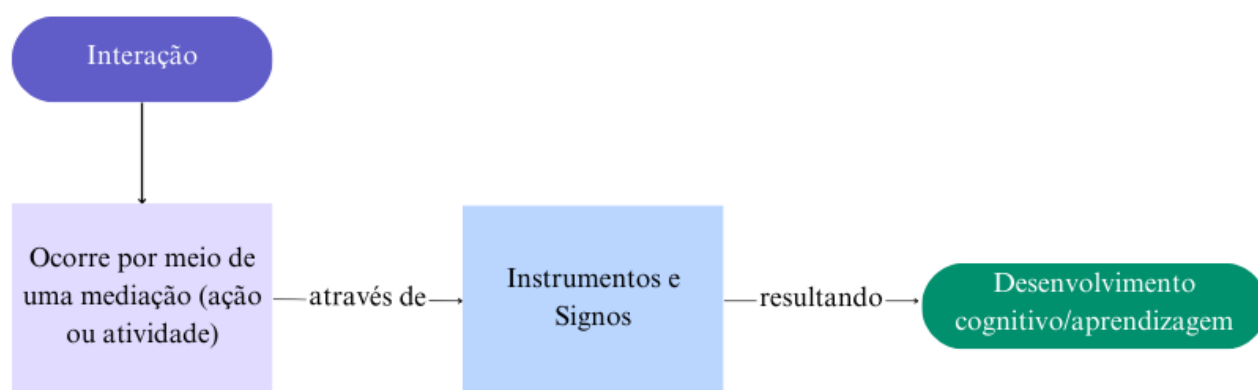


Figura 2 – Esquema simplificado do processo de desenvolvimento cognitivo de Vygotsky. Fonte: De autoria própria.

Em sua teoria Vygotsky propõe o conceito de zona de desenvolvimento proximal (ZDP) que é definida pela

[...]distância entre o nível de desenvolvimento cognitivo real do indivíduo, tal como medido por sua capacidade de resolver problemas independentemente, e o seu nível de desenvolvimento potencial, tal como medido através da solução de problemas sob orientação (de um adulto, no caso de um criança) ou em colaboração com companheiros mais capazes (Moreira, 1999, p. 116).

⁴ Foi permitido enviar a atividade posteriormente pelo ambiente virtual de aprendizagem (AVA).

Assim, o nível de desenvolvimento cognitivo real (NDR) é aquilo que o estudante já sabe e o nível de desenvolvimento potencial (NDP) é aquilo que ele pode aprender com a ajuda de alguém mais experiente. Saberes que o estudante não pode aprender, nem mesmo com a ajuda de alguém mais experiente, se encontram fora da ZDP (FZDP) (didatics, 2015b). A ZDP “define as funções que ainda não amadureceram, mas que estão no processo de maturação. É uma medida do potencial de aprendizagem; representa a região na qual o desenvolvimento cognitivo ocorre; é dinâmica, está constantemente mudando” (Moreira, 1999, p. 116) (ver figura 3).

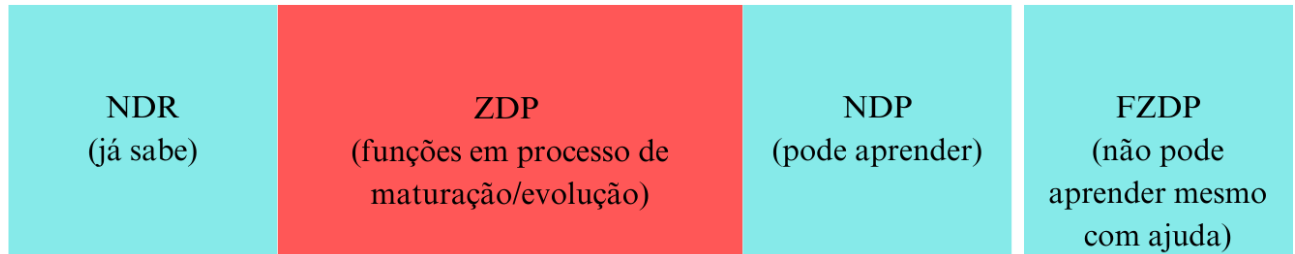


Figura 3 – Esquema das zonas de desenvolvimento de Vygotsky. Fonte: De autoria própria.

O professor portanto deve atuar como um mediador/facilitador da aprendizagem, desenvolvendo e construindo atividades que promova a troca de conhecimentos (intercâmbio de informações) entre professor e alunos de forma a tentar alterar esses limites, isto é, reduzir a ZDP e conseqüentemente, com o desenvolvimento cognitivo do estudante, aumentar o NDP introduzindo novas possibilidades de aprendizagem/conceitos que ele antes não podia aprender mesmo com ajuda (Moreira, 1999).

4 - Resultados e Discussões

A sequência didática foi aplicada no quarto bimestre em duas turmas do 1º ano do ensino médio integrado ao técnico em eletromecânica e informática. Do total dos 25 pontos do bimestre, 3,5 pontos foram destinados para a atividade. Foram utilizadas três e quatro aulas para aplicação, da 1ª, 2ª, 3ª e 4ª etapas, da sequência didática, para as turmas de eletromecânica e informática, respectivamente. A quinta e última etapa foi realizada em casa pelos estudantes. Nos parágrafos seguintes comentamos etapa por etapa.

Como já estava no quarto bimestre, a maioria dos estudantes já tinha passado de ano e a atividade tinha um peso pequeno em relação aos 25 pontos do bimestre, pensamos que a adesão seria pequena caso os vídeos fossem deixados como atividade para casa. Portanto, resolvemos exibir os vídeos durante a aula. Para a turma de eletromecânica exibimos os três vídeos sugeridos acima e para a turma de informática apenas o segundo vídeo (Bertram, 2014). Ao analisar as anotações entregues pelos estudantes pode-se perceber que a atividade sensibilizou os discentes para o tema, pois permitiu ter contato com alguns conceitos básicos de N&N, aplicações, gerou curiosidades e questionamentos. No quadro 5, apresentamos alguns registros dos estudantes. Para facilitar a análise dos dados, não fizemos distinção entre as turmas, nessa e nas demais etapas.

Quadro 5. Anotações dos estudantes na 1.^a etapa da sequência didática. Alguns ajustes foram realizados no texto, sem prejuízo ao texto na sua totalidade.

Aspectos conceituais	<p>“Um nanômetro é um bilhão de vezes menor que o metro” (estudante A)</p> <p>“Controle da matéria na nanoescala”</p> <p>“Modificações das propriedades física e químicas na escala nanométrica” (estudante H)</p> <p>“Nanotecnologia está presente em todo lugar. Ela consegue manipular os átomos para criar outras coisas” (estudante I)</p> <p>“O ouro em escala nanométrica muda de cor” (estudante L)</p>
Aplicações	<p>“Medicamentos nanoencapsulados tratam diretamente células doentes/tumores” (estudante A e B)</p> <p>“Colas nanotecnológicas = colam qualquer material a outro” (estudante C)</p> <p>“Roupas à prova de manchas” (estudante D)</p> <p>“Conservantes com menos efeitos colaterais e mais eficazes” (estudante E)</p> <p>“As nanopartículas estão sendo usadas para fabricação de maquiagens, protetores solares, etc.” (estudante F)</p> <p>“Protetores solares com nanotecnologia deixa a pele transparente” (estudante L)</p>
Riscos	<p>“São necessárias agências reguladoras para o uso e descarte de produtos contendo nanomateriais” (estudante G)</p>
Curiosidades e questionamentos	<p>“Eu achei o vídeo muito explicativo e interessante, fez eu me interessar sobre nanotecnologia” (estudante F)</p> <p>“Nanotecnologia é a próxima revolução industrial” (estudante J)</p> <p>“Pontos estratégicos de atuação da nanotecnologia: Agronegócio, meio ambiente, saúde, etc.” (estudante J)</p> <p>“Nosso DNA possui dois nanômetros” (estudante G)</p> <p>“A previsão é que o mercado de nanotecnologia irá movimentar trilhões de dólares em 2020” (estudante G)</p>

O quadro 6 apresenta alguns recortes das respostas dos grupos dos estudantes referentes a 2.^a etapa. Os grupos realizaram as pesquisas pelo celular, durante cerca de uma aula de 50 minutos.

Quadro 6 – Recortes das anotações entregues pelos estudantes na 2.^a etapa.

a) O que é nanociência e nanotecnologia (N&N)?	“Nanociência: É o estudo de moléculas e estruturas com dimensões entre um e cem nanômetros” (Grupo A). “Nanotecnologia: Refere-se a manipulação da matéria em escalas nanométricas. A partir do controle da matéria [...] é possível a criação de materiais funcionais, dispositivos e sistemas” (Grupo A).
b) Pesquise na internet o termo (N&N + escala) anote o que encontrar e tentem verificar se existe alguma relação entre os dois termos.	“[...] Propriedades especiais que a matéria exhibe quando organizada a partir de estruturas com dimensões na escala nanométrica” (Grupo B).
c) Pesquisa sobre a evolução da N&N ao longo da história e sua relação com o progresso da humanidade.	“A fundação da área da nanociência foi em 1959 pelo físico Richard Feynman (1918-1988) que apresentou uma palestra para a sociedade americana de física sobre a possibilidade de manipular átomos” (Grupo A)
d) Pesquise sobre a relação entre N&N e o meio ambiente e anote o que encontrar.	“Ajuda a construir um futuro mais sustentável. Como embalagens biodegradáveis que dispensam o uso de petróleo. Contribui para o desenvolvimento de sistemas de iluminação de baixo consumo energético” (Grupo B).
e) Pesquise sobre os efeitos negativos e impactos ambientais e indicadores biológicos relacionados a N&N. Anote o que encontrar.	“nanotubos de carbono apresentam substância capazes de causar câncer” ⁵ (Grupo A).
f) Pesquise sobre aplicações da N&N e os termos convergência tecnológica e singularidade tecnológica. Anote o que encontrar.	“A convergência tecnológica compreende a combinação sinérgica de quatro grandes domínios da ciência e da tecnologia (NBIC – nano – bio – info – cogno)” ⁶ (Grupo B).
g) Pesquise sobre produtos, aplicações, preços, dados econômicos e gráficos relacionados à nanotecnologia. Anote o que encontrar.	“[...] a nanotecnologia pode ajudar no combate de algumas doenças degenerativas como o Alzheimer” ⁷ (Grupo A).

Na terceira etapa solicitamos aos grupos que compartilhassem as respostas encontradas. As respostas foram anotadas no quadro e o professor confirmava as corretas e reformulava e complementava as incorretas. Por exemplo, o grupo B, adicionou o seguinte complemento à resposta à questão b), da etapa 2: “A escala de tamanho é fundamental na nanotecnologia, pois influencia nas propriedades. Em escala nanométrica os materiais são mais reativos”. O grupo A adicionou o seguinte complemento à resposta referente à questão e): “A contaminação do meio ambiente por nanomateriais com grande área superficial e resistência mecânica pode resultar na concentração de compostos tóxicos”. O seguinte complemento foi adicionado à resposta ao item g pelo grupo A “Baterias e Painéis solares”. Assim, pode-se perceber que a interação contribuiu para a aprendizagem dos estudantes diminuindo a ZDP e aumentando o NDP permitindo assim novas possibilidades de aprendizagem sobre N&N. As atividades em grupo também permitiram desenvolver a dimensão

⁵ Estudos indicam que alguns tipos de nanotubos de carbono apresentam propriedades semelhantes às fibras de amianto do que diz respeito à toxicidade (Gupta et al. 2022).

⁶ Os termos nano, bio, info e cogno referem-se respectivamente a Nanotecnologia, Biotecnologia, Tecnologias da Informação e da Comunicação e as Ciências Cognitivas (Neurociência), ver referência (Cavalheiro, 2007).

⁷ Nanocápsulas em associação com princípios ativos tem-se mostrado promissoras no tratamento da doença de Alzheimer (Nogueira, 2019).

socioemocional dos estudantes. As 1^a, 2^a e 3^a etapas foram importantes para a 4^a etapa, pois permitiram o professor identificar os pontos ou conceitos que precisavam ser reforçados ou adicionados para a preparação da aula. Assim, preparamos a aula referente à 4^a etapa considerando os seguintes conteúdos mostrados na figura 4.

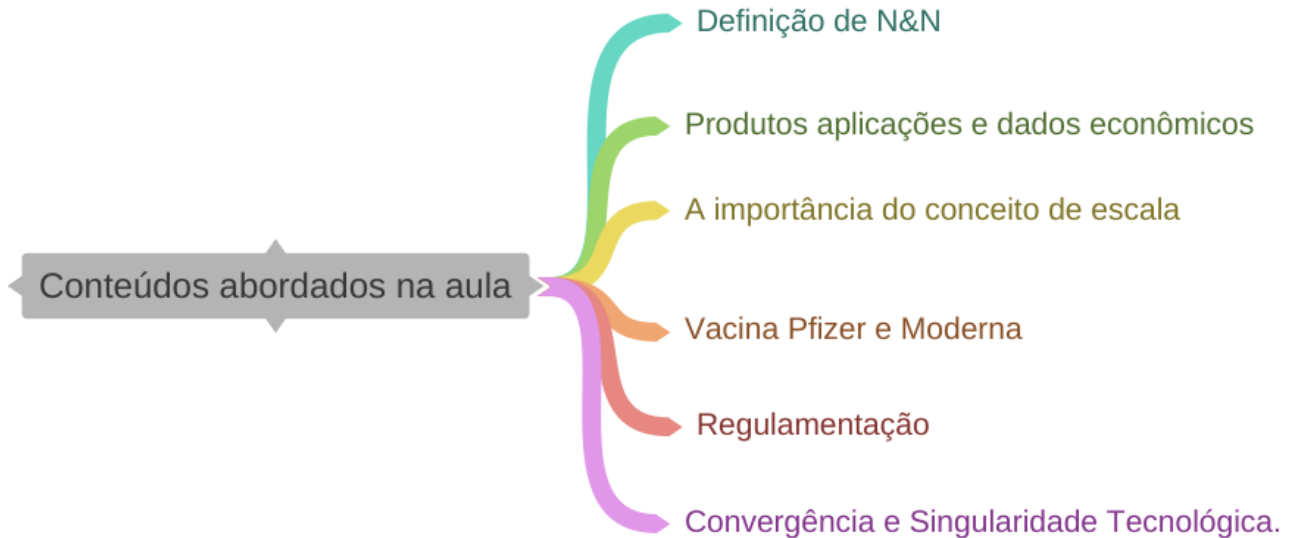


Figura 4 – Conceitos e aplicações desenvolvidos na aula. Fonte: De autoria própria.

Achamos importante adicionar na aula a importância da nanotecnologia no desenvolvimento da vacina contra a covid 19 pelas farmacêuticas Pfizer/BioNTech e a Moderna Therapeutics, pois estávamos em dezembro de 2021 (período de aplicação da sequência didática) passando pela pandemia e a abordagem do tema contribuiria para a contextualização além de tornar a aprendizagem mais significativa. A vacina utiliza nanocápsulas de lipídios contendo o mRNA que codifica a proteína do vírus. Essas nanocápsulas são injetadas no corpo humano, fazendo com que o sistema imunológico produza anticorpos para combater o vírus (BBC News Brasil, 2020). Iniciamos a aula reforçando os conceitos de N&N e apresentando exemplos de alguns nanomateriais conhecidos (Grafeno, Nanotubo de carbono e Fulereo) e suas aplicações e produtos no mercado que utilizam esses nanomaterias. Após falamos sobre o impacto econômico, números de empresas e produtos presentes no mercado em diferentes setores da economia (medicina, construção civil, alimentos, têxtil etc.).

Para reforçar os conceitos de escala escolhemos como exemplo uma formiga e aumentamos ela até a ordem de grandeza do diâmetro do planeta Júpiter (um aumento de cem milhões vezes) e depois a reduzimos até ordem de grandeza do diâmetro de um nanotubo de carbono (uma redução de 10 milhões de vezes). Para exemplificar os efeitos da escala nano, escolhemos como exemplo o dióxido de titânio que em tamanho comum é um pó branco, porém quando diminuído para escala nano (10^{-9} m) torna-se transparente e sendo essa uma das razões de serem aplicados na fabricação de protetores solares. Como os nanomateriais são muito aplicados na indústria de cosméticos, apresentamos qualitativamente aspectos conceituais da constituição da pele (Epiderme e Derme). Para contextualizar com a pandemia, apresentamos qualitativamente o conceito de nanopartículas lipídicas e sua importância no desenvolvimento da vacina contra o Covid-19. Em seguida, comentamos sobre a importância da regulamentação da utilização dos nanomateriais pela indústria em geral de forma a reduzir os riscos aos trabalhadores, consumidores, população e o meio ambiente. E finalmente, para concluir, comentamos sobre os conceitos de convergência e singularidade tecnológica, termos relacionados a redução (ou inexistência) das fronteiras entre as áreas do

conhecimento, como por exemplo: internet, eletrônica, inteligência artificial, biotecnologia, ciências cognitivas (ou pensamento) e manipulação da matéria⁸.

Na 5ª e última etapa, os estudantes fizeram uma arte/pôster com base nos conteúdos estudados. Não houve tempo de eles apresentarem os posters para a turma, pelo fato de estarmos na iminência de entrarmos de férias. Entretanto, pode-se perceber muita criatividade nos materiais, além da abordagem de conceitos e aplicações importantes, indicando que a sequência didática proporcionou uma aprendizagem significativa e contribuiu com a autonomia estudantil e com a dimensão socioemocional dos estudantes. No link: <https://bit.ly/3N4n93m> pode-se acessar todos os pôsteres produzidos.

5 - Conclusões

A N&N está impactando de forma disruptiva a sociedade, movimentando a economia e gerando empregos. Devido ao seu importante papel no cenário atual e futuro é fundamental os professores trabalharem N&N nas escolas e com isso o desenvolvimento de recursos e estratégias didáticas representam uma demanda importante para os professores utilizarem nas suas aulas. Para contribuir neste cenário, apresentamos uma proposta de sequência didática para ensinar qualitativamente N&N para estudantes do ensino médio e articulada com a BNCC.

A sequência didática foi aplicada em turmas do 1º ano do ensino médio e a análise das anotações e participação dos estudantes nos permitiu a chegar às seguintes conclusões: 1 – A sequência didática permitiu qualitativamente a aprendizagem de aspectos conceituais da N&N como, por exemplo, efeitos de escala e área superficial; 2 – permitiu que eles conseguissem relacionar os aspectos conceituais com as aplicações; 3 – sensibilizou e aguçou a curiosidades dos estudantes para o tema; 4 – Permitiu o conhecimento e a aprendizagem de forma qualitativa de diversas aplicações, como, por exemplo, no desenvolvimento da vacina contra a Covid 19; 5 – Trabalhou autonomia dos estudantes por meio de atividades individuais e também a dimensão socioemocional dos estudantes por meios das atividades em grupo; 6 – Outro aspecto importante é que o presente trabalho apresenta uma estratégia didática para ensinar N&N de forma articulada com a BNCC, na temática matéria e energia e de forma interdisciplinar. Assim, ela pode ser desenvolvida em conjunto pelos professores das disciplinas, Biologia, Artes, Física, Matemática, História e Química e pode ser, portanto, colocada como projeto em um bimestre de Ciências da Natureza, por exemplo.

REFERÊNCIAS

BBC News Brasil. (2020, Novembro 30). Covid-19: Os três passos do método revolucionário para criar vacinas de RNA [página da web]. Encontrado em <https://www.bbc.com/portuguese/geral-55091872>

Bertram, E. (2014, Novembro 12). O incrível e infinitamente pequeno universo da nanotecnologia [arquivo de vídeo]. Encontrado em <https://www.youtube.com/watch?v=EVrj9Rvv03k>

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.

BRASIL. Temas Contemporâneos Transversais na BNCC: Propostas de Práticas de Implementação. Brasília, 2019.

Cavalheiro, E. A.(2007). A nova convergência da Ciência e da Tecnologia. *Novos Estudos*. 78, 23-30.

⁸ No link <https://bit.ly/3zdGxns> pode-se acessar o arquivo completo da aula ministrada.

Ciência e Ponto. (2020, Outubro 16). Nanotecnologia no meio ambiente e suas aplicações: 17ª Semana nacional de ciência e tecnologia [arquivo de vídeo]. Encontrado em <https://www.youtube.com/watch?v=08HGPCRvWZk>

Da Silva, P. R.; Lopes, J. G. S. (2020). Nanociência e Nanotecnologia em foco: reflexões sobre um tema a ser abordado na educação em ciências. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 11 (6), 497-513.

De Oliveira, T.E.; Araujo, I.S.; Veit, E. A. (2016). Sala de aula invertida (*flipped classrrom*): Inovando as aulas de física. *A Física na Escola*, 14(2), 4-13.

Didatics. (2017a, Setembro 5). Vygotsky (2): Ferramentas Psicológicas [arquivo de vídeo]. Encontrado em <https://www.youtube.com/watch?v=ZvY8qbluLvQ>

Didatics. (2017b, Setembro 15). Vygotsky (3): Zona de desenvolvimento proximal [arquivo de vídeo]. Encontrado em <https://www.youtube.com/watch?v=vUX3XJVPIWo>.

Ellwanger, A. L.; Mota, R.; FAGAN, S. B. (2013). Abordagem de Nanociência no ensino Médio. *Vidya*, 34(1), 85-98.

Gupta, S. S.; Singh, K. P.; Gupta, S.; Dusinska, M.; Rahman Q. (2022). Do Carbon Nanotubes and Asbestos Fibers Exhibit Common Toxicity Mechanisms?. *Nanomaterials*. 12, 1708.

Jing, L.; Ning, L.; Yun, L. J.; Honorio, K. M.; Pioker, F. C.; Arroio, A.; Martorano, S. A. A.; Sannomiya, M. (2019). Nanotecnologia na Escola: Possibilidades e Desafios. *Experiências em Ensino de Ciências*, 14(1), 119-131.

NANOEACH. c2022. Disponível em: <http://www.each.usp.br/nanoeach/>. Acesso em 16 de março de 2022.

Nogueira, R. M. V.; Almeida, L. C. A.; Lucena, V. S.; Cavalcante, N. S. L. (2019). Nanotecnologia: Uma Nova possibilidade para o tratamento da doença de Alzheimer. VI Congresso Internacional de envelhecimento humano. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/anais/cieh/2019/TRABALHO_EV125_MD4_SA3_ID1677_10062019015633.pdf. Acesso em 22 de Julho de 2022.

Moreira, M A. (1999). *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: EPU.

PHYS.ORG: Five ways nanotechnology is securing your future, 2016. Disponível em: https://phys.org/news/2016-03-ways-nanotechnology-future.html#google_vignette. Acesso em 16 de março de 2022.

Rebello, G. A. F.; . Argyros, M. M.; Leite, W. L. L.; Santos, M. M., Barros, J. C.; Dos Santos, P. M. L.; . Da Silva. (2012). Nanotecnologia, um tema para o ensino médio utilizando a abordagem CTSA. *Química Nova na Escola*, 34(1), 3-9.

Schulz, P. A. B. (2007). Nanotecnologia de baixo custo em casa e na escola. *A Física na Escola*, 8(1), 4-9.

STATNANO: Nano Science, Technology and Industry, 2010. Disponível em: <https://statnano.com/>. Acesso em 15 de março de 2022.

TV BrasilGov. (2013, Outubro 15). Brasil investe em nanotecnologia para impulsionar economia [arquivo de vídeo]. Encontrado em <https://www.youtube.com/watch?v=9epbvgLnjdk>

Toma, H. E. (2005). A nanotecnologia das Moléculas. *Química Nova na Escola*, nº 21, 3-9.

Tomkelski, M. L.; Scremin, G.; Fagan, S. B. (2019). Ensino de Nanociência e Nanotecnologia: perspectivas manifestadas por professores da educação básica e superior. *Ciência & Educação*, 25(3), 665-683.

Ciência e Ponto. (2020, Outubro 16). Nanotecnologia no meio ambiente e suas aplicações: 17ª Semana nacional de ciência e tecnologia [arquivo de vídeo]. Encontrado em <https://www.youtube.com/watch?v=08HGPCRvWZk>