



NANOTECNOLOGIA E CITOLOGIA NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS

CYTOLOGY AND NANOTECHNOLOGY IN THE SCIENCE TEACHERS TRAINING

Carmem Regina da Silva Pereira¹

**Nara Regina de Souza Basso², João Bernardes da Rocha Filho³, Regina Maria Rabello
Borges⁴**

¹PUCRS/ Mestrado em Educação em Ciências e Matemática,
carminharspereira@yahoo.com.br

²PUCRS/ Faculdade de Química, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática,
nrbass@puers.br

³PUCRS/ Faculdade de Física/ Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática,
jbrfilho@puers.br

⁴PUCRS/ Faculdade de Biociências e Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática,
rborges@puers.br

Resumo

Este artigo apresenta uma parte da avaliação de um estudo sobre nanotecnologia integrado à citologia em uma turma de licenciandos em Ciências Biológicas, quanto a contribuições de uma Unidade de Aprendizagem sobre esse tema à formação inicial de professores de Biologia. Os depoimentos dos participantes foram submetidos a uma *Análise Textual Discursiva*, resultando em três categorias: conhecimentos prévios sobre nanotecnologia e citologia; aprendizagem dos licenciandos: processo de transformação; contribuições do estudo à formação de professores de Biologia. Este artigo focaliza a primeira categoria, por constituir o ponto de partida para uma aprendizagem significativa. Foi constatado que os alunos apresentavam poucos conhecimentos prévios sobre o tema, mas consideraram significativo vivenciar a proposta devido à inovação, tanto pela metodologia como em termos de conteúdo.

Palavras-chave: Nanotecnologia, Citologia, Conhecimentos prévios, Aprendizagem significativa, Formação de Professores.

Abstract

This paper presents a part of the assessment of a study on Nanotechnology integrated to Cytology in a class of a Biology Science undergraduation course, about the contributions of a Unit of Learning on the topic at teachers education in Biology. The testimonies of the participants were subjected to a Discursive Textual Analysis, resulting in three categories: prior knowledge about Nanotechnology and Cytology; the students learning: transformation process; contributions of the study for teachers training in Biology. This article focuses on the first category, for being the starting point for a meaningful learning. It was noted that the students had little previous knowledge on the subject, but they considered significant the proposal experience due to innovation, both in methodology and in terms of content.

Keywords: Nanotechnology, Cytology, Unity of Learning, Teachers Training.

INTRODUÇÃO

Os temas escolhidos, Nanotecnologia e Citologia, originaram-se na experiência anterior da mestrandia autora do texto em estágios de Biologia Molecular e Celular e em um trabalho interdisciplinar sobre nanotecnologia realizado em nível de pós-graduação. A idéia partiu do tema Nanotecnologia na Educação em Ciências, abordado de modo interdisciplinar na disciplina Ciência e Realidade em 2007/1, no início do seu curso de Mestrado, resultando em trabalhos diversos realizados pelos mestrandos em sala de aula, em forma de Unidades de Aprendizagem (UA). Essa metodologia de ensino tem sido trabalhada na disciplina porque, seja qual for o assunto escolhido como tema central, há ênfase na interdisciplinaridade e as atividades podem conduzir a percepções que encaminhem novas direções à reflexão (ROCHA FILHO, BASSO, BORGES, 2006). O trabalho culminou com uma dissertação (PEREIRA, 2009).

A dissertação foi desenvolvida a partir do seguinte problema: *Como licenciandos em Ciências Biológicas avaliam a possibilidade de integrar nanotecnologia e citologia em aulas de Biologia, a partir da vivência de uma unidade de aprendizagem (UA)?*

Quanto à metodologia da pesquisa, os sujeitos foram intencionalmente escolhidos: dezenove licenciandos de uma mesma turma de um curso de graduação em Ciências Biológicas, modalidade licenciatura, em uma universidade do município de Porto Alegre-RS. Os instrumentos para coleta de dados foram os seguintes: depoimento dos participantes sobre o que já conheciam do assunto, visando a identificar conhecimentos prévios, e respostas escritas a questões para avaliar o processo. Além disso, foram consideradas as anotações efetuadas no *diário de campo* da mestrandia, com registro das discussões realizadas no decorrer dos encontros com o grupo. A programação das atividades foi totalizada em dez encontros.

A análise e interpretação dos dados foram efetuadas por meio de uma *Análise Textual Discursiva* (MORAES, 2003; MORAES, GALIAZZI, 2007), metodologia que visa à compreensão de textos e seus resultados finais. Nesse contexto, as idéias dos alunos foram unitarizadas, sendo identificadas as unidades textuais contidas nos depoimentos. Após a unitarização, houve o processo de categorização, no qual essas unidades textuais foram reunidas em categorias previamente definidas a partir das questões de pesquisa: conhecimentos prévios sobre nanotecnologia e citologia; aprendizagem dos licenciandos; processo de transformação; contribuições do estudo à formação de professores de Biologia. Após ter o conjunto de unidades textuais correspondentes a cada categoria, essas foram descritas e interpretadas.

O presente artigo apresenta a primeira categoria de análise, referente aos conhecimentos prévios dos licenciandos sobre citologia e nanotecnologia.

CITOLOGIA, NANOTECNOLOGIA, NANOCIÊNCIA E EDUCAÇÃO

O conteúdo de citologia é em geral estudado na escola no início do ensino médio, começando pelo estudo da microscopia eletrônica, tornando-se um assunto pouco acessível aos estudantes, que memorizam o conteúdo sem compreendê-lo (ROCHA FILHO, BASSO, BORGES, 2007). Isso pode ser estendido ao meio acadêmico.

Refletindo sobre a natureza e o sentido do currículo de Biologia, Palmero (2000) e Palmero e Acosta (2003) analisam a organização do conteúdo de Citologia a partir de diferentes modelos teóricos. Focalizam, em especial, a Biologia Celular, e criticam a ênfase

em aspectos bioquímicos (composição química da célula) em detrimento à citologia propriamente dita (estrutura, fisiologia e comportamento das células). El-Hani (2007) manifesta a mesma impressão: a partir de meados do século XX, sob influência da biologia molecular, as ciências biológicas passaram a privilegiar demais as explicações moleculares. Isto pode ser conferido em Cooper (2001) e Alberts (2002). Mas o essencial seria enfatizar a organização viva, ou seja, os padrões de organização dos seres vivos, segundo El-Hani (2007), pois isto permitiria entender melhor o fenômeno da vida, os processos que a caracterizam e a natureza da biologia como ciência.

No estudo da Citologia, há uma extensa lista de conceitos inter-relacionados: matéria, energia, vida, biomolécula, glúcídios, lipídios, hialoplasma, organelas, imunidade, genética, reprodução, mutações e muitos outros. Bem mais extensa, é claro, é a lista de conceitos ligados à Biologia como um todo. Por isto há necessidade de selecionar temas biológicos integradores, como recomendam as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (Brasil, 2006). Trabalhar conteúdos tradicionais junto a temas inovadores, como nanotecnologia e nanociência, talvez contribua a essa integração.

A distinção entre nanotecnologia e nanociência é apresentada pelo Instituto Latino-americano de Estudos Avançados (ILEA, 2009), da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS):

Essencialmente, a nanociência é o estudo de fenômenos e a manipulação de materiais nas escalas atômicas, moleculares e macromoleculares (dimensões da ordem de nanômetros: 10^{-9} m). A nanotecnologia é a aplicação de estruturas e dispositivos nanométricos a partir do controle das propriedades físicas e químicas emergentes dos sistemas nanoscópicos.

Como as estruturas nanométricas são agregados atômicos e moleculares de poucas partículas, suas propriedades físicas e químicas são novas e inesperadas, ocorrendo mudanças de propriedades dos materiais (químicas, ópticas, elétricas, magnéticas, mecânicas e outras). O artigo acima mencionado (ILEA, 2009) aprofunda as razões para isto e esclarece o caráter estratégico da nanotecnologia, que tem levado a grandes investimentos em pesquisas. Em todo o mundo, busca-se compreender os mecanismos pelos quais átomos e moléculas interagem, pois isto determina o comportamento da matéria.

É importante conhecer também, o histórico desde os primórdios dessa nova área da ciência até a atualidade, possíveis riscos e questões éticas além de acessar notícias atualizadas publicadas em periódicos.

Há disponibilidade de subsídios. Atualmente, no Brasil encontram-se muitas publicações sobre nanotecnologia, como as apresentadas pelo Centro de Nanotecnologia e Nanociência da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e pela Rede de Nanotecnologia da USP – Universidade de São Paulo. Além disso, há pesquisas em nanotecnologia sendo desenvolvidas na área de Biologia Celular e Molecular publicadas em revistas internacionais importantes, como Nature; Nature Biotechnology; Nature Reviews; Drug Discovery; Nature Reviews Molecular cell Biology; Nature Structural & Molecular Biology; Nature Materials e Nature Reviews Câncer.

A UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas/SP – idealizou um projeto chamado “*NanoAventura*”, inaugurado em abril de 2005, com a iniciativa do Museu Exploratório de Campinas – SP. Naquele espaço há diversas atividades envolvendo nanotecnologia e nanociência para escolas, como vídeos, animações e jogos, os quais possibilitam conhecer essa ciência interativamente (LOZADA, ARAÚJO, 2006).

Em especial se integrado a uma abordagem que relacione ciência, tecnologia e sociedade (AULER, BAZZO, 2001; PINHEIRO et al., 2007), este é um tema inovador a ser introduzido no sistema educacional, tendo em vista uma educação adequada ao século XXI.

Nesse sentido, buscou-se estabelecer conexões entre nanotecnologia e citologia, a partir de conhecimentos prévios dos licenciandos em Ciências Biológicas sobre o tema, a fim de ampliar a visão de como inserir e integrar temas atuais aos conteúdos de Biologia, introduzindo-se na sala de aula a organização, o questionamento e a discussão de novas idéias que circulam fora do ambiente escolar.

NANOTECNOLOGIA E CITOLOGIA: CONHECIMENTOS PRÉVIOS

É importante para o professor reconhecer as idéias prévias dos envolvidos na pesquisa e captar a primeira compreensão e interpretação dos alunos a respeito do tema a ser investigado. Considerar as concepções prévias como ponto de partida no desenvolvimento do trabalho enriquece a transformação e reconstrução do conhecimento do aluno. Nas palavras de Moraes, Galiuzzi e Ramos (2004, p. 13), “Tomar consciência do que somos e do que pensamos é um movimento inicial que precede qualquer questionamento”. Isto converge com estudos sobre aprendizagem significativa (AUSUBEL, 1980; MOREIRA, 2006, 2008).

Assim, os licenciandos, sujeitos dessa pesquisa, receberam uma folha em branco para expor de maneira livre uma primeira reflexão sobre nanotecnologia e citologia ou pelo menos sobre um dos temas, com o objetivo de identificar as suas idéias prévias, de modo compatível com as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006). Esse encaminhamento é tão importante na universidade quanto na escola, porque neste espaço há indivíduos que se preparam a tomar atitudes em sala de aula, os futuros professores, pois

[...] O professor é um intérprete de sua disciplina, é um mediador entre conteúdo que ensina e o horizonte de compreensão do seu aluno, entre seu conhecimento especializado e um sujeito em formação e, ao assim proceder, demonstra reconhecer o significado de ser docente universitário. (ENRICONE, 2006, p. 18).

Muitos licenciandos tiveram dificuldades para se expressarem sobre os temas e, então, foram desafiados a elaborar perguntas, que revelaram quais dúvidas tinham, considerando-se que “Tão importante quanto o professor instigar o pensamento dos alunos por meio de questionamentos propostos por ele, é solicitar que os alunos façam perguntas relativas ao que gostariam de conhecer sobre o tema objeto de estudo.” (RAMOS, 2008, p. 70).

Embora perguntas sejam relativamente mais fáceis de compor, ainda assim não foi fácil, mas todos os licenciandos expressaram por escrito, de maneira simples ou mais elaborada, suas primeiras idéias a respeito de nanotecnologia relacionada à citologia. Alguns manifestaram um conceito prévio sobre nanotecnologia.

Na análise das questões elaboradas pelos alunos, consideraram-se dois grupos de abordagem pelo contexto das perguntas que surgiram durante a atividade. O primeiro está relacionado à nanotecnologia e à citologia. Nas perguntas predominaram idéias relacionadas especificamente a esses temas na pesquisa científica. Algumas afirmativas surgiram na tentativa de expor um conceito ao tema nanotecnologia, também representada no primeiro grupo. No segundo grupo há perguntas relacionadas à nanotecnologia e à educação, evidenciando-se a preocupação dos licenciandos quanto à abordagem do tema, nanotecnologia, no ensino, principalmente quando inserido ao conteúdo de citologia. Os dois grupos de respostas encontram-se representados no quadro 1.

A seguir, são relatadas as respostas dos licenciandos quanto à nanotecnologia como ciência.

PERGUNTAS PRÉVIAS	
Nanotecnologia e Citologia (afirmativas e perguntas)	Nanotecnologia e Educação (perguntas)
Afirmativa sobre o conceito de nanotecnologia	Como utilizar e relacionar nanotecnologia no cotidiano?
O que é nanotecnologia?	Como integrar Nanotecnologia no conteúdo de Citologia?
Qual a importância e objetivos da nanotecnologia?	Por que trabalhar esses temas nas escolas?
Quais temáticas e áreas abrangem?	Quais os benefícios de integrar esses temas para compreensão do conteúdo?
Quais benefícios e implicações da nanotecnologia?	Quais áreas da Biologia e demais disciplinas pode-se abordar á nanotecnologia?
Quais as técnicas utilizadas?	Como trabalhar á interdisciplinaridade ao falar em nanotecnologia na escola?
Quais os Riscos ao aplicar nanotecnologia em seres humanos?	As escolas estão preparadas para receber este tema?
Quais os Estudos com Nanotecnologia relacionado com Citologia?	
Quais Influências da nanotecnologia em nosso Futuro?	

Quadro 1 – Perguntas prévias elaboradas pelos licenciandos

Nos seguintes depoimentos seis licenciandos expressam seu entendimento sobre nanotecnologia:

Atualmente bastante divulgada nos meios de comunicação, a nanotecnologia pode ser usada como ferramenta de ensino envolvendo assuntos abordados no ensino fundamental.

Nanotecnologia é uma nova área de pesquisa, onde a nanotecnologia pode ser usada no combate a doenças e para o melhor estudo das células.

É a capacidade potencial de criar coisas a partir do menor, usando ferramentas e algumas técnicas que são desenvolvidas atualmente para colocar cada átomo no lugar desejado.

Trata-se por acaso do uso do sistema “0,1” usado nos computadores? Sendo isso, seria proposta para unir a utilização de programas que simulam o funcionamento das células, para ficar mais compreensível (visualmente) e conseqüentemente interiorizado com mais facilidade, já que o computador é um “meio”, ou uma ferramenta muito valorizada pelo ser humano de hoje.

Com o avanço da tecnologia (nanotecnologia) a compreensão que temos do funcionamento dos organismos poderá ficar mais precisa. A observação e análise da citologia poderão ser entendidas a nível molecular.

Tem como princípio básico a construção de estruturas e novos materiais a partir dos átomos. É a capacidade potencial de criar a partir de menor, usando ferramentas e algumas técnicas que são desenvolvidas atualmente pra colocar cada átomo e moléculas no lugar desejado.

A partir dos depoimentos dos licenciandos, percebe-se que eles consideram a nanotecnologia como uma ferramenta para o desenvolvimento de novos materiais e também a reconhecem como uma técnica para manipular a matéria na escala de átomos e moléculas. Não expressam uma diferenciação entre nanotecnologia e nanociência.

Algo inesperado foi observado em uma das reflexões, segundo a qual “a nanotecnologia pode ser usada como ferramenta de ensino envolvendo assuntos abordados no ensino fundamental”. Os licenciandos realizavam estágios de docência em escolas de Porto Alegre fora do horário acadêmico enquanto, paralelamente, participavam desta pesquisa. Dessa forma, o licenciando constata a possibilidade de utilizar temas, como a nanotecnologia e a citologia, como ferramenta didática para o ensino.

Por outro lado, mais da metade dos licenciandos manifestaram não conhecer o assunto ao perguntarem o significado de nanotecnologia através da seguinte interrogativa: “O que é nanotecnologia?”

Os licenciandos tentaram relacionar a questão com os objetivos da disciplina, que inteira a modalidade de Licenciatura Plena do curso. Alguns consideraram que “um tema como a nanotecnologia deveria ser introduzido em outras disciplinas do curso”, não tendo contexto e importância a esta. Assim, a maioria preferiu perguntar “o que é nanotecnologia”. Embora apreensivos com o tema, igualmente manifestaram curiosidade e expectativa com o início de uma atividade diferenciada em sala de aula. Conforme Freire (1996, p. 32),

A curiosidade como inquietação indagadora, como inclinação ao desvelamento de algo, como pergunta verbalizada ou não, como procura de esclarecimento, como sinal de atenção que sugere alerta faz integrante do fenômeno vital. Não haveria criatividade sem a curiosidade que nos move e que nos põe pacientemente impacientes diante do mundo que não fizemos, acrescentando a ele algo que fazemos.

Outras questões foram surgindo, como: *temáticas e áreas que abrangem a nanotecnologia e riscos ao aplicar nanotecnologia*. Somente um licenciando comentou sobre *nanotecnologia e futuro*. Ambas apresentaram um razoável interesse, como ilustram as perguntas abaixo elaboradas pelos licenciandos:

Quais temáticas ela (nanotecnologia) abrange?

A nanotecnologia está relacionada com quais outros temas?

Há geração de resíduos? Afetam o meio ambiente?

Os produtos nanotecnológicos podem ser agentes causadores de doenças nos seres vivos?

No caso de serem introduzidos no corpo humano, não há perigo do sistema imune combatê-los?

Além de benefícios pode trazer algum malefício para a humanidade?

No que pode facilitar futuramente na nossa vida?

Durante o desenrolar da atividade, em meio a conversas paralelas os estudantes comentavam a todo o instante entre os colegas sobre a nanotecnologia, algo novo para eles. Antes de elaborarem perguntas, os licenciandos associaram nanotecnologia a outros assuntos, como *os transgênicos*, a fim de conseguirem formular questões. Nos depoimentos a seguir, os alunos manifestaram a curiosidade em conhecer *a importância, os benefícios da nanotecnologia* e também as *técnicas que são utilizadas*:

Eu gostaria de saber como os pesquisadores conseguem construir robôs em nível nano. Que aparelhos eles utilizam?

Como trabalhar com átomos, já que são tão pequenos?

Quais os instrumentos usados?

Benefícios para a humanidade/ambiente? Benefícios para a saúde humana?

Quais os benefícios que a nanotecnologia tem trazido?

Por fim, apareceram nas reflexões à curiosidade sobre conexões entre os dois temas, citologia e nanotecnologia, no meio científico, conforme depoimento dos licenciandos:

Na citologia, como a nanotecnologia está empregada?

Qual a relação da citologia com a nanotecnologia?

Que tipos de estudos são feitos a respeito de nanotecnologia e citologia? Quais são os benefícios e os malefícios da nanotecnologia aplicada à citologia?

Essa última pergunta e outras semelhantes reportam às relações CTS, já referidas anteriormente (AULER, BAZZO, 2001; PINHEIRO et al., 2007).

As citações apresentadas a seguir são referentes ao segundo grupo de respostas (ver quadro 1), em que apareceram questões sobre a relação entre a nanotecnologia e a educação. Sobre isso quatro licenciandos se manifestam, questionando:

Por qual razão se optou relacionar a nanotecnologia com a citologia e não com outra área da biologia?

Por que escolher a nanotecnologia para trabalhar no ensino médio com U.A?

Qual o motivo (a inquietação) que levou à pesquisa/estudo da nanotecnologia?

Por que foi escolhida a nanotecnologia para abordar e discutir sobre a citologia?

Qual é a sua importância para a aprendizagem?

As questões apresentadas acima indicam incertezas quanto à relevância de trabalhar no ensino médio os temas sugeridos nesta pesquisa. Manifestou-se, durante a realização da atividade, certa insegurança dos estudantes em relação aos assuntos apresentados. Assim, por considerarem naquele momento o tema complicado, queriam entender o porquê de tal escolha.

Além dessas questões, foram apontadas dúvidas em relação a quais outras áreas da biologia a nanotecnologia poderia ser envolvida, e também a que outras disciplinas escolares o tema se aplicaria. Os depoimentos apontam para um reconhecimento da necessidade de uma abordagem interdisciplinar, considerando a complexidade do tema. Assim se manifestam três licenciandos:

A tecnologia permite integrar os diferentes assuntos da disciplina?

O estudo da nanotecnologia pode ser associado a que áreas da Biologia? E de outras disciplinas?

Nanotecnologia trabalhada com interdisciplinaridade, como?

A partir das questões formuladas pelos licenciandos, observa-se a percepção de que o tema nanotecnologia pode ser o fio condutor para se aproximar os conteúdos curriculares ao cotidiano do aluno, porém existe a preocupação com o (des)preparo da escola para um trabalho nesta perspectiva. Sobre isso, três alunos se manifestaram do seguinte modo, pois há relativo desconhecimento de propostas como as de LOZADA e ARAÚJO (2006):

Como utilizar a nanotecnologia para o nosso diário?

Como relacionar com atualidades?

As escolas públicas estão preparadas para receber esta tecnologia?

Essas questões podem ser refletidas em conjunto com as palavras de Zuanon e Diniz (2004):

No caso do Ensino de Biologia, frequentemente as experiências cotidianas dos alunos são pouco exploradas, assim como seus conhecimentos prévios sobre

determinado tema. Destaca-se nitidamente a lógica da ciência, limitando-se a abordagem do conteúdo à esfera estritamente biológica, sem se evidenciar articulações possíveis com questões sociais mais amplas [...] (ZUANON e DINIZ 2004, p. 111).

Pelo conjunto das perguntas apresentadas nas idéias prévias, foi observado que o grupo não apresentava informações consistentes em relação à nanotecnologia. Embora os estudantes se encontrassem no sexto semestre do curso, a maioria se queixou ao falar de citologia, segundo o grupo *“um tema chato e extenso”*. Seus depoimentos, nos quais é perceptível uma insatisfação com o estudo predominantemente molecular de Citologia, preconizado por autores como Cooper (2001) e Alberts (2002), reforçam críticas de Palmero (2000), Palmero e Acosta (2003) e Charbel (2007). Esse último propõe uma abordagem de Citologia com ênfase na organização viva, destacando padrões de organização dos seres vivos e o próprio fenômeno da vida, essenciais para a compreensão da natureza das Ciências Biológicas.

Houve ainda insegurança e desmerecimento aos temas pelo fato de nunca terem ouvido falar em nanotecnologia, que consideraram complicado para abordar no ensino médio, principalmente junto ao conteúdo de citologia. Em compensação, foram exatamente esses pontos que despertaram a curiosidade e interesse do grupo em investigar e responder os questionamentos. No momento em que tentavam elaborar perguntas, os licenciandos associaram o tema nanotecnologia a outros temas, como os transgênicos. Desta forma, conseguiram elaborar perguntas sobre nanotecnologia.

Os licenciandos estavam realizando estágios em diversas escolas no nível médio. Alguns comentaram que *“abordar assuntos complexos como a nanotecnologia na escola, tanto no ensino fundamental como no ensino médio, seria praticamente impossível”*. Por meio das investigações realizadas por eles ao longo das atividades, seria importante que o grupo pudesse repensar esta questão, sendo que já estariam com novas visões, proporcionadas por suas investigações na elaboração da atividade final. Compreende-se que, quanto mais envolvido o professor estiver com o assunto a ser abordado em sala de aula, mais motivado e criativo irá se encontrar ao elaborar uma atividade. Esses motivos direcionaram à cautela em relação a comentários naquele momento. Não se pretendia instigá-los por meio do discurso a pensarem diferente, pois seria pertinente que conseguissem sozinhos repensar suas teorias para assim recriá-las ou não.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora os estudantes se encontrassem no sexto semestre do curso, a maioria queixou-se ao falar no estudo de citologia. Alguns reclamaram de nunca terem ouvido falar em nanotecnologia, que consideraram complicado para abordar no ensino médio, principalmente junto ao conteúdo de citologia. Em compensação, foi justamente isto que despertou a curiosidade e o interesse do grupo em investigar e buscar respostas às perguntas.

A identificação dos conhecimentos prévios dos licenciandos contribuiu significativamente para novas aprendizagens, manifestadas no discurso descritivo e nos debates em aula realizados com o grupo. Então, foram constatadas suas perspectivas educacionais ao tratar da integração da nanotecnologia com a citologia na disciplina de Biologia no ensino médio.

Na análise como um todo, foram identificados sete pontos principais quanto aos assuntos envolvidos: a nanotecnologia; a compreensão do conteúdo de citologia; um tema inovador para o ensino de Biologia; a interdisciplinaridade e transdisciplinaridade no ensino de Biologia; o desenvolvimento da capacidade criativa e da autonomia dos alunos. Esses

temas constituem desdobramentos dos depoimentos e diálogos dos licenciandos em relação à nanotecnologia e à citologia em uma proposta integradora.

Os licenciandos não acreditavam ser o tema relevante para contribuir na aprendizagem de alunos do nível médio de ensino. Entretanto, houve transformações e os resultados superaram as expectativas iniciais. Houve riqueza nos detalhes do conteúdo de nanotecnologia verificados nos trabalhos desenvolvidos, e também houve comprometimento individual e do grupo, troca de opiniões e aceite de sugestões dos colegas.

Quanto mais nos familiarizarmos com um assunto, tanto mais abrangentes serão os caminhos a serem percorridos. Nem sempre se tem a melhor estratégia e pode haver um direcionamento equivocado ao abordarmos conteúdos e desenvolvermos atividades em sala de aula. Por essa razão, em muitos instantes, diante de manifestações dos licenciandos contrárias ao trabalho, assinalou-se que ao iniciarem os estudos algo poderia mudar na visão do grupo, tanto em termos de conhecimento, quanto em suas vidas profissionais e pessoais. Foi exatamente assim que tudo ocorreu na disciplina Metodologia e Prática do Ensino de Biologia. O grupo foi extraordinariamente à frente de qualquer conclusão esperada, e deles próprios.

REFERÊNCIAS

ALBERTS, Bruce; et al. **Fundamentos da Biologia Celular**: uma introdução á biologia molecular da célula. Porto Alegre: Artmed, 2002.

AULER, D.; BAZZO, A. W. Reflexões para a Implementação do Movimento CTS no Contexto Educacional Brasileiro. **Ciência e Educação**, v.7, n.1, p.1-13, 2001.

AUSUBEL, D. P. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BRASIL. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria da Educação Básica, vol.2, p. 15-42, 2006.

COOPER, Geoffrey. **A Célula**: uma abordagem molecular. Trad. Itabajara da Silva Vaz Junior et al. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2001.

EL-HANI, Charbel. Uma das coisas boas de estar no tempo é poder olhar para trás. In: BORGES, Regina Maria Rabello (Org.). **Filosofia e História da Ciência no contexto da Educação em Ciências**: vivências e teorias. Porto Alegre: EDIPUCRS, p. 168-194, 2007.

ENRICONE, Délcia. A dimensão pedagógica da prática docente futura. In: **A docência na educação superior**: sete olhares. ENRICONE, Délcia et al. (Org.). Porto Alegre: Evangraf, p. 09-28, 2006.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE ESTUDOS AVANÇADOS – ILEA. Centro de Nanociência e Nanotecnologia, CNCT, 2009. <http://www.ilea.ufrgs.br/nano.htm>. Acesso em: 10/03/2009.

LOZADA, Claudia; ARAÚJO, Mauro Sérgio. Nanoaventura: um estudo de caso sobre aprendizagem em museus de ciências. **Revista Logos**, n. 14, 2006.

MORAES, Roque; GALIAZZI, Maria do Carmo; RAMOS, Maurivan. Pesquisa em sala de aula: fundamentos e pressupostos. In: **Pesquisa em sala de aula: tendências para a educação em novos tempos**. MORAES, Roque; LIMA; Valderez (Orgs). EDIPUCRS: Porto Alegre, p. 25-49, 2004.

MORAES, Roque; GALIAZZI, Maria do Carmo. **Análise Textual Discursiva**. Ijuí: Unijuí, 2007.

MORAES, Roque. Uma Tempestade de Luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 191-211, 2003.

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem significativa crítica**. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigcritport.pdf>> Acesso em 22 de dezembro 2008.

MOREIRA, Marco Antônio. **A Teoria da Aprendizagem Significativa e sua Implementação em Sala de Aula**. Brasília: Universidade de Brasília, 2006.

PALMERO, Maria. Modelos Mentales de Célula. Revisión Bibliográfica Relativa a La Enseñanza de La Biología y la Investigación en el estudio de la Célula. **Investigação em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 3, p. 237-263, 2000.

PALMERO, Maria; ACOSTA, Javier. Um análises y uma organización del contenido de biologia celular. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciências**, v. 2, n.1, 2003.

PEREIRA, Carmem Regina. **Nanotecnologia e Citologia: perspectivas para o ensino de Biologia no século XXI**. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática). Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2009.

PINHEIRO, Nilcéia Aparecida Maciel; SILVEIRA, Rosimeri Monteiro Castilho Foggiatto; BAZZO, Walter Antonio. Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 1, p. 71-84, 2007.

RAMOS, Maurivan. A Importância da Problematização no Conhecer e no Saber em Ciências. In: GALIAZZI, Maria do Carmo. et al. (Orgs.). **Aprender em rede na Educação em Ciências**. Ijuí: Unijuí, p. 57-75, 2008.

ROCHA FILHO, João; BASSO, Nara Regina; BORGES, Regina Maria. Repensando uma Proposta Interdisciplinar Sobre Ciência e Realidade. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciências**, vol. 5, nº 2, 2006, p. 323-336.

ROCHA FILHO, João; BASSO, Nara Regina; BORGES, Regina Maria. **Transdisciplinaridade: a natureza íntima da educação científica**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.

SANTOS, S. A. dos. Feynman, o profeta da nanotecnologia. **Ciência hoje On-Line**, <http://cienciahoje.uol.com.br/101981>. 2007. Acesso em: 11/12/2008

ZUANON, Átima; DINIZ, Renato. O ensino de Biologia e a participação dos alunos em atividades de docência. In: Nardi, Roberto; Bastos, Fernando; Diniz, Renato (Orgs.).

Pesquisa em ensino de ciências: contribuições para a formação de professores. 5. Ed. São Paulo: Escrituras ed., p. 111-131, 2004.