



## Projetando atividades STEAM para estudantes dos cursos de engenharia

Tathiana Moreira Cotta<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Professora Adjunta da Universidade do Estado do Amazonas.

### ARTICLE INFO

**Recebido:** 02 de março de 2018

**Aceito:** 14 de abril de 2018

**Disponível on-line:** 01 de maio de 2018

**Palavras chave:** metodologia STEAM; experimentação; ensino de ciências

**E-mail:**

tcotta@uea.edu.br

ISSN 2007-9842

© 2018 Institute of Science Education.

All rights reserved

### ABSTRACT

One of the greatest challenges about STEAM education is to elaborate interdisciplinary projects. A set of laboratory activities is not necessarily in accordance to this teaching approach. It is mandatory to create projects that really develop the scientific reasoning of the students involving Art, technology and engineering. However, those students who come to college, from traditional learning methodology, have acquired superficial knowledge about the subject. In general, they are not able to think critically not even can they make connections between the content learned and the real world personal or professional situations. Yet, they cannot connect the subjects learned in the very grade they are with the others. To introduce those students into STEAM education is required at least training in how to think critically e deepen their basic knowledge about the subject. In those lines, it is compulsory to go for integrating projects to explore the way in which knowledge was constructed over history. These projects goal must be make the students rediscover the knowledge and can learn the scientific method. The projects complexity becomes as more and more heightened as other STEAM areas are included as well as real life situations regarding sports, nature curiosities, daily events. The purpose of our job is to explore the elaboration of these projects and apply them in a way that the students can really be able to develop their critical thought and make their own questions. So, they develop a more critical sight under science and real world aspects alike.

Um dos grandes desafios na educação STEAM é a elaboração de projetos interdisciplinares. Uma sequência de atividades em laboratório não necessariamente está de acordo com essa abordagem de ensino. É necessário a elaboração de projetos que sejam capazes de desenvolver de fato o pensamento científico dos estudantes, envolvendo a criação artística, tecnológica e de engenharia. Entretanto, os alunos que chegam à universidade vindos dos métodos tradicionais de ensino possuem um conhecimento superficial do conteúdo. De maneira geral, eles não são capazes de pensar criticamente e nem tão pouco conseguem fazer conexões entre o conteúdo da disciplina e as situações do mundo real, ou da sua futura profissão, ou ainda fazer conexões entre as outras disciplinas estudadas no período. Para introduzir esses alunos na educação STEAM se faz necessário pelo menos capacitá-los a pensar criticamente e aprofundar seus conhecimentos básicos na disciplina. Nesse sentido, é necessário utilizar projetos integradores para explorar a maneira com a qual o conhecimento foi construído através da História. O objetivo desses projetos é fazer com que os estudantes redescubram o conhecimento e possam aprender o método científico. A complexidade dos projetos é aumentada gradativamente incluindo outras áreas STEAM, e também situações reais como os esportes, curiosidades da natureza, eventos cotidianos. O objetivo de nosso trabalho é explorar a elaboração desses projetos para que, ao aplicar em sala de aula, os estudantes consigam realmente desenvolver seu pensamento crítico e fazer suas próprias perguntas. Desenvolvendo assim um olhar mais crítico sob os aspectos das ciências e do mundo real.

### I. INTRODUÇÃO

Muito se tem discutido a respeito da metodologia para uma educação STEAM (do inglês Science, Technology, Engineering, Arts and Math) em todos os níveis educacionais: fundamental, médio e superior (Lund & Stains, 2015;

Kelley & Knowles, 2016; Dare *et al.*, 2018). A aplicabilidade dessa metodologia requer várias condições específicas como uma equipe de professores para elaborar currículos que promovam a integração entre as disciplinas afim de que se possa ensinar num contexto interdisciplinar (Kelly & Knowles, 2016). Além disso, as atividades desenvolvidas dentro dessa metodologia precisam ser muito bem pensadas para que seja possível atingir todos os objetivos para uma educação STEAM realmente integrada. É esperado do aluno que ele desenvolva sua criatividade, seja capaz de pensar criticamente, aprenda a ser mais flexível e adaptável à novas situações. Afim de que os objetivos da metodologia sejam alcançados se faz necessário adequar tanto a maneira de ensinar dos professores quanto a maneira de aprender dos estudantes.

A metodologia STEAM está de acordo tanto com a teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Ausubel e Moreira como também concordam com a epistemologia de Feyerabend. Segundo Moreira (2005) para que seja possível que o estudante aprenda a pensar criticamente devemos sair do modelo tradicional de ensino no qual o professor possui um papel de narrador de informações e os alunos de meros receptores. Nesse processo, se faz necessário a mudança na postura de ambas as partes: educadores e educandos. Por um lado, o professor deverá ensinar por meio de perguntas ao invés de fornecer apenas informações consolidadas baseadas em um livro que supostamente contenha o conhecimento verdadeiro e inquestionável. Deve ainda, evitar o uso do quadro ou projetor de modo a simplesmente mostrar as informações a serem absorvidas pelos estudantes, o que favorece a aprendizagem mecânica. Por outro lado, os aprendizes devem assumir um papel ativo em seu próprio aprendizado: fazendo perguntas, buscando respostas, elaborando hipóteses, experimentando e tirando conclusões. Nesse contexto o estudante precisa inicialmente aprender a aprender.

Para possibilitar aos estudantes tomarem as rédeas de seu próprio aprendizado, é necessária a utilização de estratégias de aprendizagem ativa (Neto e Soster, 2017), e as atividades experimentais no ensino de Ciências podem ser ótimos recursos para a viabilização da implantação dessa metodologia. Entretanto, se faz necessário a elaboração cuidadosa das atividades a serem desenvolvidas pelos alunos. Isso porque, uma sequência de roteiros experimentais não necessariamente promove o pensamento crítico e nem tão pouco a aprendizagem significativa. O pensar criticamente pode ser entendido como uma busca constante na correção de erros (Damasio & Peduzzi, 2015). Permitir que os estudantes aprendam pelos erros é promover a percepção de quando alguma coisa não funciona. E nesse caso, é necessário o abandono consciente e não arbitrário de um conhecimento prévio para a substituição por um conceito novo (Moreira, 2005). Aprender através dos erros promove a percepção de que a Ciência é uma construção humana passível de mudanças. Por outro lado, atividades teóricas bem planejadas podem igualmente promover o desenvolvimento das habilidades almejadas. Qualquer situação cotidiana ou evento natural podem ser utilizados como contexto para essas atividades.

Além disso, o pensamento crítico também pode ser estimulado ao ensinar o conteúdo de Ciências através de sua História e Filosofia. É consenso entre muitos pesquisadores que essa prática deixa claro aos estudantes o processo de construção do conhecimento e como as rupturas de paradigmas são importantes na evolução da Ciência (Peduzzi, Martins & Ferreira, 2012). Entretanto, muito além de apenas deixar claro como o conhecimento é construído, utilizar a História e a Filosofia da Ciência no ensino promove uma conscientização das concepções alternativas criadas pelos alunos. Essas concepções alternativas, muito além de erros grosseiros, são construções do conhecimento feita por cada indivíduo segundo sua visão de mundo. São crenças espontâneas, uma maneira intuitiva e cientificamente pouco evoluída de entender como o mundo funciona. O fato que interessa aqui é que: essas concepções alternativas muitas vezes estão relacionadas com a maneira na qual o pensamento científico foi sendo desenvolvido ao longo da História. Segundo Valadares (1995), existe um isomorfismo entre as concepções alternativas e as construções dos cientistas que hoje entendemos como equivocadas. Entender como o conhecimento foi construído e como foram vencidas as construções equivocadas, ajuda os estudantes a também superarem suas concepções alternativas. Essa superação é indispensável para que o estudante consiga desenvolver o pensamento crítico e cientificamente mais evoluído (Valadares, 1995).

Podemos entender que existe uma necessidade de adequação dos projetos educacionais propostos pelos professores para que se atenda aos objetivos da metodologia STEAM. Em primeiro lugar, é necessário trabalhar as concepções alternativa dos alunos através de sua conscientização por meio do entendimento do processo Histórico na construção do conhecimento. Os estudantes somente serão capazes de aprender a pensar criticamente quando seu conhecimento prévio estiver bem fundamentado e livre de concepções alternativas. Posteriormente, podem ser

trabalhados conceitos científicos que envolvam um raciocínio mais elaborado. Nesse estágio, existe uma enorme variedade de possíveis atividades que envolvam a participação ativa dos estudantes. Especificamente para o ensino de Ciências é recomendado a utilização de atividades que envolvam projetos experimentais. Existem várias maneiras de trabalhar atividades dessa natureza com os estudantes, mas devemos ter em mente que cada um dos tipos de atividades experimentais possui um propósito específico a ser trabalhado. E que dependendo da abordagem podemos ou não promover uma aprendizagem significativa para os alunos.

## II. METODOLOGIAS UTILIZADAS EM ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

As atividades experimentais normalmente são trabalhadas, segundo Araújo & Abib (2003), de acordo com três características: Demonstração, Verificação e Investigação. As atividades de caráter demonstrativos são aquelas nas quais o professor apresenta um experimento com a finalidade de ilustrar um fenômeno da natureza. Nessa modalidade, podem ser verificados dois tipos de abordagens. O primeiro é aquele em que apenas o professor interage com o equipamento experimental, realizando o procedimento sem a participação ativa dos estudantes que são limitados à observação apenas.

Nesse caso, o roteiro experimental é dito fechado. A importância desse tipo de atividade experimental é que torna os conceitos mais fáceis de serem entendidos o que, geralmente, aumenta o interesse dos aprendizes no estudo. No segundo tipo de abordagem para atividades demonstrativas, o professor permite que os estudantes interajam com o equipamento possibilitando a eles fazerem alterações na atividade experimental proposta. Esse tipo de roteiro é chamado de aberto já que está sujeito a modificações por parte dos estudantes. No entanto, não há necessidade da existência de um roteiro específico, o professor pode simplesmente deixar os estudantes livres para explorar todas as possibilidades que o equipamento pode oferecer. No caso de roteiros abertos ou inexistentes, além de ilustrar o fenômeno desejado essa atividade também pode explorar a investigação levando à discussões críticas e despertando o espírito científico nos alunos.

As atividades de verificação são aquelas cujos roteiros são fechados, ocorrem dentro de um laboratório totalmente estruturado e os estudantes seguem instruções fixas para a realização de cada experimento. O objetivo dessas práticas é averiguar a validade de uma lei da natureza ou ainda testar os limites de sua validade. Nesse tipo de abordagem, a interpretação dos parâmetros que regem o fenômeno estudado é facilitada, além de promover o aprendizado do tratamento estatístico dos dados. Entretanto, essa abordagem é limitadora quando se deseja estimular a capacidade dos alunos para elaborarem hipóteses e testarem a validade delas. Sendo assim, ineficiente para promover a postura científica dos estudantes já que limitam a criatividade e a capacidade de reflexão, de generalização e de questionamento, essenciais para o desenvolvimento do espírito científico.

Por outro lado, as atividades de investigação são aquelas cujos roteiros são abertos. Cabe ao professor conduzir a investigação dos estudantes de maneira que possam elaborar seus próprios questionamentos e utilizar sua criatividade para testar suas hipóteses a respeito de um fenômeno natural, buscando assim explicações causais. Assim, essa abordagem promove o desenvolvimento da capacidade de descrever fenômenos e aprofunda o entendimento sobre as leis da natureza. Uma das vantagens desse tipo de abordagem é que não precisa necessariamente de um laboratório estruturado. Além disso, atividades de investigação podem abranger uma enorme variedade de metodologias educacionais o que torna a abordagem bastante flexível e compatível com diversos objetivos educacionais. Entretanto, é necessário que os estudantes estejam realmente envolvidos no seu processo de aprendizagem para que essas atividades de fato atinjam o seu objetivo. Também se faz necessário que o aluno possua uma boa base conceitual para ser capaz de levantar questionamentos pertinentes, elaborar suas hipóteses e finalmente ter um entendimento de como proceder para fazer testes e verificar a validade de suas observações. Certamente que esses procedimentos demandam de um tempo bem maior que aquele necessário aos outros tipos de atividades experimentais.

Outra classificação relevante, ainda de acordo com Araújo & Abib (2003), é em relação à ênfase matemática abordada na atividade experimental. Nesse caso, podemos classificar as atividades em quantitativa e qualitativa. No caso das atividades quantitativas, o objetivo principal é o de verificar modelos matemáticos na prática e comparar os resultados

encontrados teoricamente, além de verificar os limites de validade das leis. Essa abordagem promove também a introdução de conceitos estatísticos de tratamento de dados, a existência de erros no processo de medição, a utilização adequada dos equipamentos de laboratório e a interpretação de tabelas e gráficos. Para isso, são utilizados, de maneira geral, roteiros experimentais fechados. Mas, é possível flexibilizar esses roteiros de modo a permitir que os alunos possam intervir no processo de experimentação gerando discussões críticas em torno do fenômeno e aprofundando o entendimento sobre o tema abordado. Já as atividades qualitativas, possuem um grande potencial para mudar e fundamentar conceitos através do processo de reflexão, verificando a validade daqueles conceitos adquiridos de maneira intuitiva pelos estudantes que, muitas vezes, estão repletos de concepções alternativas. A abrangência dessa abordagem é extremamente ampla podendo ser utilizada através de situações do cotidiano, de simulações computacionais, de construção de equipamentos, de questões problematizadoras e através de experimentos de demonstração ou de investigação.

Independentemente da abordagem utilizada nas atividades experimentais, são reconhecidos dois aspectos importantes que justificam sua utilização como estratégia de ensino. O primeiro é que essas atividades normalmente despertam o interesse dos alunos, aguçam sua curiosidade e incentivam sua participação ativa no processo de aprendizagem. E o segundo é que favorecem o desenvolvimento de habilidades e competências relacionadas ao pensamento científico. No entanto, algumas abordagens podem ser mais eficientes que outras dependendo do objetivo do educador ao utilizar uma determinada atividade experimental. Por esse motivo, é de extrema importância que antes de escolher o tipo de atividade a ser desenvolvida, o educador tenha em mente os objetivos a serem alcançados e também quais as habilidades que deseja trabalhar com os estudantes.

### **III. ADEQUANDO PROJETOS EDUCACIONAIS À METODOLOGIA STEAM**

Dentro da metodologia STEAM é importante que as atividades desenvolvam e aprimorem o pensamento crítico dos alunos, além de introduzi-los ao método científico. Para isso, é necessário que as atividades possuam um roteiro aberto, ou seja, devem permitir que os estudantes elaborem hipóteses dentro do assunto trabalhado e as testem, chegando a conclusões fundamentadas. Entretanto, o grau de abertura das atividades deve variar. O educador pode aplicar desde projetos de estudo totalmente livres de acordo com um assunto especificado, até projetos que necessitem de uma orientação mais próxima com o estudante. O mais importante é a adequação entre assunto, objetivos, habilidades a serem desenvolvidas e a escolha do tipo de atividade experimental. Existem inúmeras maneiras criativas para essa realização, faremos aqui sugestões.

Ao introduzir um assunto novo, devemos iniciar pela abordagem histórica, mostrando as pessoas que estiveram envolvidas no processo de construção do conhecimento. Essa introdução não deve ser extensa, pois se torna cansativa e dispersa a atenção dos estudantes. É importante mostrar imagens das pessoas, relatar brevemente seus feitos, dificuldades superadas e equívocos cometidos. Com isso, estamos trabalhando a ideia de que o conhecimento é uma construção humana e que os cientistas do passado eram pessoas comuns e que também cometeram erros. Muitas vezes os estudantes compartilham dos pensamentos equivocados dos cientistas do passado e se tornam mais capazes de superar suas concepções alternativas quando entendem como os cientistas também as superaram. Nessa introdução, estaremos ampliando o conhecimento prévio, de modo a desenvolver as ideias âncoras mais relevantes, gerais e inclusivas para a aprendizagem significativa do novo conhecimento. Uma maneira interessante de abordar o conhecimento histórico é explorar trechos de livros escritos pelos cientistas do passado e conduzir os alunos em sua interpretação. Valadares trabalha trechos retirados dos livros, conferências, cartas e outras publicações através da leitura, discussão e resposta a um questionário (Peduzzi, Martins & Ferreira, 2012). As perguntas conduzem os alunos ao entendimento de como um determinado cientista ou filósofo chegou a sua conclusão a respeito de um tema, além de identificar suas possíveis falhas.

Nesse processo, os alunos que possuem concepções alternativas conseguem refazer seus modelos pessoais e se preparar para o próximo aprendizado.

No segundo momento, podemos desenvolver uma atividade experimental demonstrativa para aguçar a curiosidade e o interesse dos estudantes. Isso pode ser feito através da reprodução de um experimento histórico utilizado pelos cientistas no processo de construção do conhecimento que se pretende ensinar. Ou ainda, com a utilização de um experimento surpreendente, contra intuitivo. O educador deve conduzir o experimento de maneira a instigar os estudantes a formularem hipóteses para o resultado inesperado e, posteriormente, permitir que as testem manipulando o aparato experimental. O educador deverá então intervir na condução das discussões através de perguntas. Não devemos dar aos estudantes as conclusões prontas, mas apenas conduzir as discussões para que eles cheguem ao conceito correto que se pretendia ensinar. Dessa maneira, os estudantes terão uma postura ativa em seu processo de aprendizagem e a habilidade de pensar criticamente estará sendo desenvolvida, além de aprenderem a utilização do método científico.

Na sequência do estudo, podemos realizar atividades experimentais de investigação. Para isso, deverá ser proposto um problema inicial através do qual se possa abordar o conceito ensinado e ir mais além. O educador pode fazer isso através de um roteiro experimental, entretanto é necessário tomar o cuidado para que esse roteiro abra oportunidades para que o aluno elabore seus próprios questionamentos e suas hipóteses. Permitindo assim, que o aluno desenvolva e realize testes experimentais próprios. Para uma abordagem quantitativa, serão também trabalhadas questões envolvendo Matemática e Estatística. Devemos ainda deixar claro para os alunos que o estudo experimental possui erros e incertezas próprios do processo de medição e também mostrar os métodos estatísticos para minimizar e calcular essas incertezas. Trabalhamos ainda nesse tipo de projeto a construção e interpretação de gráficos e tabelas.

Uma outra opção é o desenvolvimento de atividades experimentais de investigação qualitativa. Essa pode ser feita através de construção de equipamentos científicos por parte dos estudantes. O mais importante nessa situação é permitir que o aluno possa usar de sua criatividade para modificar e/ou aprimorar um equipamento proposto. Nesse tipo de estratégia, pode-se valer da tecnologia para explicar um determinado fenômeno da natureza. Ou ainda, fazer o caminho inverso, explicando o funcionamento do equipamento através de uma lei da natureza. Além disso, o educador pode ter a oportunidade de relacionar os fenômenos naturais estudados em sala com as tecnologias utilizadas no cotidiano dos alunos. Um exemplo prático é a construção de um termômetro digital através do uso de termopares. Os estudantes podem construir, calibrar, fazer medições de temperatura e até mesmo propor melhorias na construção do termômetro. Vale também a utilização de materiais recicláveis e de baixo custo. Isso nos permite trabalhar a consciência da sustentabilidade, além de viabilizar o uso de atividades experimentais em instituições que não possuam laboratório de ciências estruturado.

O tempo para realização das atividades experimentais de investigação pode se tornar demasiadamente longo, inviabilizando sua implementação para o estudo de todo o conteúdo a ser ministrado no período. Entretanto, para conquistar os objetivos da metodologia STEAM, não necessariamente é preciso de uma atividade experimental estruturada de maneira convencional. Podemos trabalhar muito bem o pensamento crítico e o método científico com situações cotidianas. Os esportes, por exemplo, podem gerar o contexto necessário para exploração de várias teorias e conceitos de Física. Nesse caso, o professor pode passar um vídeo para que os alunos explorem e obtenham as informações necessárias para a elaboração de um modelo que justifique a técnica desenvolvida na prática do esporte, identificando como os atletas poderiam melhorar sua performance. Variáveis como tempo, distância, ângulo de lançamento, conservação de momento e energia, entre outros podem ser estimadas através do vídeo e utilizadas para realização de cálculos. A comparação com o que realmente acontece no próprio vídeo dará ao aluno a direção para avaliar a precisão do modelo elaborado. Outro exemplo de fácil utilização para o estudo do movimento é o tráfego de veículos sejam terrestres, aéreos ou aquáticos. Podemos ainda utilizar filmes de ficção científica e explorar a viabilidade das situações mostradas.

#### **IV. CONCLUSÕES**

No processo do ensino de Ciências existe a necessidade de fazermos uma diferenciação entre educação científica e treinamento científico (Moreira, 2004). Não podemos esperar que todos os estudantes sejam pesquisadores em potencial.

Em nosso entendimento, o que se busca com a educação científica é que os estudantes sejam capazes de utilizar os conceitos científicos quando buscam soluções para problemas reais em seu cotidiano. Além da compreensão de que as Ciências são construções humanas feitas através de um processo ao longo da História e que o conhecimento passa por processos evolutivos intermináveis. A utilização da História e Filosofia da Ciência no ensino deve ser feita no processo de introdução do conhecimento novo na forma de organizadores prévios. Essa é uma ótima abordagem para promover uma aprendizagem significativa crítica, pois é necessário trabalhar as concepções alternativas dos alunos de modo que eles possuam um conhecimento prévio adequado à nova aprendizagem. Isso porque, os alunos muitas vezes compartilham suas concepções alternativas com as ideias equivocadas que surgiram ao longo da História. A superação desses modelos pessoais pouco científicos é de extrema importância para o desenvolvimento do pensamento crítico, já que essas concepções alternativas são limitadoras para a evolução do pensamento científico.

A utilização da metodologia STEAM requer que os assuntos ministrados sejam ensinados através de atividades e projetos nos quais os alunos possam participar ativamente da construção de seu conhecimento. Para isso, se faz necessário que as atividades propostas pelos educadores promovam de fato o despertar do pensamento científico. Nesse sentido, aplicar uma atividade experimental baseada em uma sequência de passos previamente determinados, nos quais os alunos apenas os reproduzem, não vai promover o pensamento científico e nem tão pouco estimular a criatividade do estudante. Para atingir os objetivos da educação STEAM, é necessária a realização de atividades experimentais nas quais os alunos tenham a oportunidade de interagir com os equipamentos de maneira criativa e inventiva. Além disso, se faz necessário proporcionar a utilização do método científico por parte dos estudantes, dando a eles a oportunidade de fazerem perguntas, formularem hipóteses e testá-las para chegarem a conclusões por si próprios. Assim, entendemos que as propostas adequadas à educação STEAM deve apresentar as características de atividades experimentais investigativas, tanto qualitativas quanto quantitativas. Além disso, se faz necessário trabalhar projetos que envolvam um contexto que faça parte do cotidiano dos alunos, que não necessariamente são desenvolvidos dentro de um laboratório, mas que realmente promovam o entendimento de como o mundo funciona.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade do Estado do Amazonas pelo o apoio financeiro concedido para a participação no LASERA 2018. Agradecemos ainda o recebimento da bolsa de Produtividade Acadêmica para a realização de pesquisas na área de Ensino de Física que viabilizou esse trabalho.

## REFERÊNCIAS

- Araújo, M. S. T. & Abib, M. L. V. S. (2003). Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 25(2), 176-194. ISSN: 18069126.
- Damasio, F. & Peduzzi, L. O. Q. (2015). A coerência e complementaridade entre a teoria da aprendizagem significativa crítica e a epistemologia de Paul Feyerabend. *Investigações em Ensino de Ciências*, 20(3), 61-83.
- Dare, E. A., Ellis, J. A. & Roehrig, G. H. (2018). Understanding science teachers' implementation of integrated STEM curricular units through a phenomenological multiple case study. *International Journal of STEM Education*, 5(4), 1-19.
- Kelly, T. R. & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(11), 1-11.

Lund, T. L. & Stains, M. (2015). The importance of context: An exploration of factors influencing the adoption of student-centered teaching among chemistry, biology, and physics faculty. *International Journal of STEM Education*, 2(13), 1-21.

Moreira, M. A. (2004). Investigación básica em educación em ciencias: Una visión personal. *Revista Chilena de Educación Científica*, 3(1), 10-17.

Moreira, M. A. (2005). Aprendizaje Significativo Crítico. *Indivisa, Boletín de Estudios e Investigación*, 6, 83-101.

Neto, O. M. & Soster, T. S. (Org.). (2017). *Inovação acadêmica e aprendizagem ativa*. Porto Alegre: Penso.

Peduzzi, L. O. Q., Martins, A. F. P. & Ferreira, J. M. H. (Org.). (2012). *Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino*. Natal: EDUFRRN.

Valadares, A. C. S. (1995). *Concepções Alternativas no Ensino de Física à luz da Filosofia da Ciência*. Tese de doutorado. Lisboa: Universidade Aberta.