

A EDUCAÇÃO STEAM NO CONTEXTO DA TEORIA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL

LA EDUCACIÓN STEAM EN EL CONTEXTO DE LA TEORÍA DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO DE AUSUBEL

STEAM EDUCATION IN THE CONTEXT OF AUSUBEL'S MEANINGFUL LEARNING THEORY

Rodrigo Da Silva Carvalho*
carvalhos_roeday@yahoo.com.br

Shalimar Calegari Zanatta*
shalicza@yahoo.com.br

Marcia Regina Royer*
marciaroyer@yahoo.com.br

Alexandre Paulo Loro**
alexandre.loro@uffs.edu.br

* Universidade Estadual do Paraná, Paranavaí/PR, Brasil
** Universidade Federal da Fronteira Sul, Chapecó/SC, Brasil

Resumo

Neste trabalho apresentamos uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativo ou UEPS, desenvolvida dentro dos pilares teóricos da Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel ou TAS e da Educação STEAM. A Educação STEAM, acrônimo para Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática, atualmente utilizada em diversos países, objetiva promover o conhecimento e a criatividade para a solução de problemas. No Brasil, os escassos relatos de trabalhos desenvolvidos dentro da Educação STEAM mostram uma tendência que vai ao encontro do uso de metodologias ativas, seguindo as interpretações hegemônicas de metodologias construtivistas, apoiadas nas teorias do aprender a aprender. Por outro lado, a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, valoriza o papel do professor enquanto sujeito responsável pelo processo de ensino e o aluno como responsável do processo de aprendizagem. Ou seja, os pilares que fundamentam a TAS atribuem, de forma equilibrada, os diferentes papéis de cada agente envolvido no processo educacional. Assim, a metodologia aqui descrita foi elaborada como resultado de pesquisas apresentadas em artigos nacionais e internacionais. Como resultado final, aplicamos nossa UEPS numa turma do Curso de Licenciatura em Matemática, período noturno, de uma Universidade pública do Estado do Paraná, obtendo a aprendizagem significativa, como descrita por Ausubel.

PALAVRAS CHAVE: Metodologias de Ensino, Aprendizagem Significativa de Ausubel, Ensino de Ciências.

Resumen

En este trabajo presentamos una Unidad de Enseñanza Potencialmente Significativo o UEPS, desarrollado dentro de los pilares teóricos de la Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel o TAS y Educación STEAM. La Educación STEAM, acrónimo de Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemática, actualmente utilizada en varios países, tiene como objetivo promover el conocimiento y la creatividad para resolver problemas. En Brasil, los pocos informes de trabajo desarrollados dentro de la Educación STEAM muestran una tendencia que va en contra del uso de metodologías activas, siguiendo

las interpretaciones hegemónicas de las metodologías constructivistas, sustentadas en las teorías de aprender a aprender. Por otro lado, la Teoría del Aprendizaje Significativo de David Ausubel, valora el papel del docente como sujeto responsable del proceso de enseñanza y el alumno como responsable del proceso de aprendizaje. O sea, los pilares que sustentan la TAS atribuyen, de manera equilibrada, los diferentes papeles de cada agente involucrado en el proceso educativo. Así, la metodología aquí descrita fue desarrollada como resultado de investigaciones presentadas en artículos nacionales e internacionales. Como resultado final, aplicamos nuestro UEPS a un grupo del Curso de Graduación en Matemática, período nocturno, de una Universidad pública del Estado de Paraná, obteniendo aprendizaje significativo, como lo describe Ausubel.

PALABRAS CLAVE: Metodologías de enseñanza, Aprendizaje Significativo de Ausubel, Enseñanza de las Ciencias.

Abstract

This paper has aimed at proposing one Potentially Significant Teaching Unit or PSTU, developed within the theoretical pillars of the David Ausubel's Meaningful Learning Theory or MLT and STEAM Education. The STEAM Education acronym for Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics, currently used in several countries, aims to promote knowledge and creativity to solve problems. In Brazil, the scarce reports of work developed within STEAM Education show a trend that goes in direction the use of active methodologies, following the hegemonic interpretations of constructivist methodologies, supported by the theories of learning to learning. By the way, David Ausubel's Theory of Meaningful Learning, values the role of the teacher as the subject responsible by the teaching process and the student as responsible by the learning process. In other words, these pillars theorists show the different roles of each agent involved in the educational process, teacher and students. Thus, the methodology described here was developed as a result of research presented in national and international articles. As a final result, we applied our PSTU to a group of the Degree Course in Mathematics, night time, from a public University of the State of Paraná, obtaining meaningful learning, as described by Ausubel.

KEYWORDS: Teaching methodologies, Significant Learning of Ausubel, Science Teaching.

1. INTRODUÇÃO

A Educação STEAM (acrônimo formado pelas iniciais dos nomes, em inglês, das disciplinas Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática), divulgada pelos Estados Unidos como solução do processo educacional para o século XXI, ainda não é amplamente conhecida ou utilizada no Brasil. Como prova disto, uma rápida pesquisa no Google Acadêmico, utilizando “Educação STEAM”, resultou em 04 arquivos em abril de 2019 e em 16 em março de 2020. Por outro lado, quando o mesmo procedimento utiliza o termo “*STEAM Education*”, nas mesmas condições e períodos, obtivemos 3.120 e 4.670 resultados.

Apesar da atual diferença entre os números de arquivos disponíveis em português e em inglês, acreditamos na necessidade de ampliação desta discussão. Isso porque o tema vem ganhando visibilidade a nível mundial e promete, como apontado pela literatura, ser uma solução para um problema que a educação formal tem enfrentado no século XXI: como capacitar o aluno a desenvolver novas tecnologias? Ou como preparar o estudante para enfrentar os desafios do século XXI?

O que nem sempre está evidente é a relação que o poder econômico tem com a escola. Neste sentido, podemos questionar: Como utilizar adequadamente a escola a serviço do capitalismo? Nos discursos mais tradicionais da educação brasileira, a escola deve preparar seu estudante para a vida. Se no Brasil, há divergências sobre o que isso significa, Sanders (2009), ressalta que o “*STEAMmania*” foi

fomentado pelo capitalismo. O autor afirma que o STEAM surgiu depois das análises de Thomas L. Friedman, publicadas no seu livro: “*The World is Flat: A brief history of the twenty-first century*”¹. Nele, o autor aponta a importância do domínio das tecnologias como forma de controle do poder econômico. Os norte-americanos perceberam que, se os chineses exportarem produtos com rótulos “inventado na China” ao invés de “feito na China”, os colocariam na vanguarda do crescimento econômico. Temendo este resultado, em 15 de dezembro de 2015, o então presidente dos Estados Unidos, Barack Obama, assinou uma lei que garante o financiamento para fomentação da Educação STEAM em todas as escolas norte-americanas (CATTERALL, 2017). Ou seja, a Educação STEAM é a expressão explícita das influências do poder econômico no interior dos muros escolares.

Porém, de acordo com Wengao (2019), os chineses também perceberam este potencial econômico. Na China, vários projetos apresentam propostas de aprendizagem STEAM, inclusive para o ensino da língua inglesa, conforme relatado por Fang (2019). Ou seja, podemos dizer que a Educação STEAM ou metodologia STEAM está se estendendo para todas as áreas do conhecimento ao redor do mundo e a principal justificativa é a busca pelo poder econômico.

Por outro lado, sua utilização no Brasil ainda é tímida, mas acreditamos que é uma questão de tempo. A Educação STEAM será adotada por aqui e, como sempre, sem o devido respaldo político e econômico e sob fortes influências neoliberais.

As áreas de Ciências, principalmente, sofrerão os maiores impactos devido sua estreita relação com o avanço tecnológico. É temeroso a implantação de qualquer inovação sem o adequado investimento na formação do professor como programa de Estado.

Para Henriksen (2017), a falta de capacitação dos professores dificulta não apenas a compreensão do significado da Educação STEAM, mas também dos mecanismos que podem ser desenvolvidos como propostas metodológicas, já que para a autora, a Educação STEAM permite o desenvolvimento de vários modelos teóricos.

De acordo com Catterall (2017) alguns equívocos na interpretação do que possa ser a Educação STEAM, têm favorecido o comércio de livros, *kits*, materiais didáticos e, isto pôde ser observado no Brasil. O Grupo Positivo, por exemplo, disponibilizou um *e-book*, como designado pelo autor, para disseminar o uso de materiais da LEGO para promover a Educação STEAM. Partindo desta premissa, este estudo objetiva apresentar uma proposta didática STEAM, pautada na Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel².

1.1. AFINAL, O QUE É A EDUCAÇÃO STEAM?

É relevante esclarecer que, apesar de vários artigos apresentarem o termo metodologia STEAM, vamos adotar o termo “Educação STEAM”, conforme defendido por Bybee (2010). A diferença se justifica pela extensão da ação de cada um dos termos. A Educação STEAM é muito mais do que uma mera metodologia. Ela representa todas as dimensões do processo Ensino e aprendizagem, como currículo, avaliação, processo metodológico, objetivos, logística, estrutura da sala de aula, etc.

O que hoje se define por Educação STEAM teve seu início na década de 90, como método STEM, assim nomeado pela National Science Foundation (NSF)³.

A NSF foi criada para fomentar o desenvolvimento da Ciência, nomeando como STEM qualquer programa ou prática de ensino que envolvesse uma ou mais áreas relacionadas às Ciências, Tecnologias, Engenharias e Matemática (BYBEE, 2010).

¹Livro lançado em 2005 nos Estados Unidos e relançado em 2006/2007 pela Editora Objetiva Ltda.

²David Paul Ausubel (1918-2008), psicólogo judeu, nascido em Nova York, definiu a aprendizagem significativa como um processo de ancoragem do conteúdo novo com os conceitos relevantes e inclusivos disponíveis na estrutura cognitiva, para então ser reelaborado pelo aprendiz, alterando seu *status quo*. Ou seja, na aprendizagem significativa, o aluno transpõe os saberes entre as diferentes áreas do conhecimento.

³A NSF é uma agência federal independente criada pelo Congresso Norte Americano em 1950 para promover o progresso da ciência, a saúde, a prosperidade, o bem-estar para garantir a defesa nacional dos cidadãos.

Com o passar do tempo, a Arte foi incorporada para auxiliar o desenvolvimento da criatividade. Atualmente o STEAM configura uma forma de educação que busca o desenvolvimento da criatividade do aluno, ou “*design thinking*”.

A ideia por trás da Educação STEAM é romper barreiras entre disciplinas, promovendo uma formação interdisciplinar. Teoricamente, como propagado pela literatura internacional pertinente, a Educação STEAM, permite ao estudante a aprendizagem e o desenvolvimento de habilidades de forma integrada. Ênfase é dada ao trabalho em conjunto, onde cada estudante, desempenha suas funções e desenvolve suas habilidades e competências.

Park e Ko (2012) destacam que a Educação STEAM não implica num campo específico, mas na transposição dos saberes para o desenvolvimento profissional e para a vida. Para estes autores, há sete princípios para a realização da Educação STEAM, que será apresentado abaixo, sem que a ordem de apresentação seja um parâmetro relevante.

Como um dos princípios, deve ocorrer a conexão, combinação e fusão entre os elementos formativos do conhecimento envolvido. Em um segundo princípio, ênfase deve ser dada à criatividade no contexto da engenharia e tecnologia. Para estes autores, a junção ordenada entre os pilares da Educação STEAM, a educação geral e as atividades das inúmeras aplicações nas demais áreas, são fundamentais para a educação criativa.

Em um terceiro, os professores necessitam desenvolver instrumentos construtivos, sendo importante a formalização de métodos inovadores que contribuam para experiências efetivas durante as aulas. Outro princípio importante é a ênfase dada ao quadro geral, ou seja, a apresentação de todo panorama. Este requisito vai ao encontro com a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, quando define a diferenciação progressiva⁴.

Outro princípio relevante é a reflexão do professor sobre quais conhecimentos que devem ser priorizados. O mundo e a sociedade estão em constante mudança, e com isso os conhecimentos de alguns anos atrás, desenvolvidos pela Ciência, poderá ser considerado sem sentido e, diante disso, o ensino e a forma de ensinar devem ser repensadas constantemente. A praticidade e o realismo, também devem acompanhar a Educação STEAM. Questões como meio ambiente, sociedade e economia devem ser valorizadas.

O sétimo princípio, apresentado por Park e Ko (2012), defende o conceito de modelo integrativo na engenharia como um instrumento valioso da Educação STEAM. Este modelo pode ser introduzido para fomentar aptidões, que estimulam a formação de um indivíduo ético, social, cooperativo, líder, atencioso e comunicativo, além de todo aporte teórico das habilidades desenvolvidas nas áreas da Ciência, Tecnologia e Engenharia. Isto não abrangerá apenas os futuros cientistas ou tecnólogos, mas também os futuros políticos e líderes sociais em diversas esferas. Para Lopes *et al.* (2017), os elementos: Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática, poderiam ser classificados como uma conexão sistemática e central do processo de produção e desenvolvimento.

A Educação STEAM está inserida no contexto das metodologias ativas, conhecidas pelas denominações: *Maker, hands on* ou *Problem Basic Learning*. Ou seja, metodologias didático pedagógicas da filosofia do ‘aprender a aprender’. Essa é nossa maior preocupação. No Brasil, estas metodologias expropriam o professor do seu papel de transmissor do conhecimento e o colocam como “mediador”, “orientador”, “organizador”. Nesta posição, como senso comum, o professor não precisa deter conhecimento do conteúdo. Chamaremos isto de equívoco educacional porque as lacunas sobre o conhecimento científico inviabiliza o professor de desenvolver os princípios, como apontado por Park e Ko (2012) ou metodologias de ensino pautadas na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel.

Jurkowski (2019) aponta que há muitas pesquisas na Índia sobre as experiências de aprendizagem e os benefícios que as metodologias *Makers* podem fazer pelo aluno, mas não há pesquisas significativas

⁴ Na teoria Ausubeliana, na diferenciação progressiva as ideias mais gerais e mais inclusivas da disciplina devem ser apresentadas no início para, depois irem sendo progressivamente diferenciadas. Pois segundo o autor é mais fácil para o ser humano captar aspectos diferenciados de um todo mais inclusivo previamente aprendido, do que chegar ao todo a partir de suas partes diferenciadas.

sobre as experiências do professor que trabalha dessa forma. No Brasil, além destes resultados também serem escassos, há um abismo entre os resultados de pesquisas acadêmicas e a prática do professor que trabalha no ensino básico. Apesar do crescimento observado em pesquisas na área do ensino de Ciências e Matemática, estes resultados não são compartilhados ou utilizados pelos professores no ensino fundamental e médio.

Nesse sentido, o presente estudo tem por objetivo apresentar uma proposta didática, ou uma unidade de ensino potencialmente significativa (UEPS), como definida por Moreira (2011), dentro da Educação STEAM.

Neste sentido, o professor deve assumir o papel de transmissor do conhecimento e, compreender o conteúdo em toda sua totalidade é essencial para sua dinâmica. É o professor, munido de um amplo conhecimento sobre o tema, que deverá avaliar os subsunçores dos seus alunos e desenvolver ou escolher materiais que servirão de organizadores prévios e elaborar e desenvolver uma unidade de ensino potencialmente significativa. Ou seja, mesmo que o aluno seja responsável pela sua aprendizagem, o professor é responsável pelo processo de ensino. No Brasil, confunde-se processo de ensino construtivista com construção da aprendizagem.

1.2. O PROCESSO ENSINO APRENDIZAGEM EM CIÊNCIAS E O PAPEL DO PROFESSOR

No Brasil, o ensino de Ciências foi negligenciado por muitos anos, sendo que a sua obrigatoriedade nos currículos escolares foi promulgada apenas em 21 de dezembro de 1961, por meio da Lei de Diretrizes e Bases da Educação – LDB nº 4.024 (BRASIL, 1961). Segundo Rosa e Rosa (2012), essa Lei veio resolver o problema da necessidade de se ampliar o desenvolvimento tecnológico, intensificada com o término da II Guerra Mundial.

Na década de 1960, o Brasil adotou a pedagogia dos “Projetos”, copiando uma iniciativa dos Estados Unidos. Os projetos se fundamentavam na teoria de aprendizagem behaviorista, utilizando metodologias de Instrução Programada. Neste caso, a Ciência era vista como uma área totalmente empírica, na qual o aluno, para aprender, deveria reproduzir experimentos, considerados chaves para a interpretação de um determinado fenômeno. A reprodução desses experimentos pelos alunos, a observação dos resultados e o preenchimento das lacunas ou dos questionamentos no caderno de atividades garantiriam, supostamente, a aprendizagem. Esta metodologia, a Instrução Programada, influenciou o ensino de Ciência no mundo inteiro e colocava o aluno no centro do processo de aprendizagem (MOREIRA, 2000).

Não é consenso sobre os motivos do fracasso, mas o fato é que os Projetos não deram conta de promover a aprendizagem de Ciências no Brasil e nem em outro país onde foi empregado. Para Gaspar (1997), o fracasso pode ser atribuído à expropriação do papel do professor como transmissor do conhecimento. Nas palavras do autor,

De início, a sensação de minha inutilidade em sala de aula – os alunos, envolvidos em sua interação com o texto, mal notavam a minha presença – era compensada com a expectativa de que, agora sim, eles estariam aprendendo. Nunca os havia visto tão concentrados, lendo, estudando, preenchendo lacunas, alguns até com avidez e entusiasmo. As avaliações pareciam dar indicar bons resultados, mesmo porque abordavam tópicos de conteúdo relativamente curtos e eram repetidas até que os alunos atingissem um nível de acerto considerado satisfatório... Com o tempo, no entanto, percebi que a aprendizagem dos alunos era estranhamente passageira, algo que não se consolidava, uma espécie de “frente de onda” que parecia conter o domínio do aluno de algum fragmento de conteúdo, talvez induzido pelos estímulos recorrentes do próprio texto ou das próprias avaliações. Mas logo o conhecimento adquirido desaparecia praticamente sem deixar rastros. No último bimestre do segundo ano da aplicação da proposta, angustiado e convencido da ineficiência da proposta, voltei às minhas velhas aulas tradicionais e a interagir diretamente com os alunos. Desde então comecei a se

consolidar em mim a convicção de que não há material ou proposta pedagógica que possa prescindir da ação direta e insubstituível do professor (GASPAR, 1997, p. 5-6).

Vale ressaltar que os professores que atuavam no processo Ensino e aprendizagem durante a vigência dos projetos, não precisavam dominar os conteúdos de sua área de conhecimento. Eles atuavam apenas como gerenciadores das atividades propostas pelos projetos, sem a necessidade de transmitir algum conhecimento.

Antes que o Brasil pudesse encontrar novos caminhos para consolidar o processo Ensino e aprendizagem em Ciências, o golpe Militar de 1964 impôs à escola a formação do trabalhador em detrimento à formação do cidadão. Essa ideologia foi reforçada com a Lei nº 5.692/71.

Na década de 90, a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) estabelecem os quatro pilares da educação: ‘aprender a aprender’, ‘aprender a ser’, ‘aprender a conviver’ e ‘aprender a fazer’. Para Duarte (2001) este lema exime a escola da tarefa de transmitir o saber construído pela humanidade ao longo de sua existência, mas impõe a ela o dever de preparar os indivíduos para aprenderem aquilo que o mercado exige. Para o autor, a essência do lema “aprender a aprender” está exatamente no esvaziamento do trabalho educativo escolar, na transformação deste em um processo sem conteúdo e pode representar a crise cultural da sociedade atual.

Para Martins e Duarte (2010), este lema estabeleceu um relativismo epistemológico e cultural ditado pelas pedagogias contemporâneas ou pedagogias de negação à pedagogia tradicional. Como resultado disto, presenciamos a fragmentação e o esvaziamento do currículo. Estes autores afirmam que a escolha de qualquer conteúdo vinculado ao aluno, os chamados ‘conteúdos significativos’, pode reproduzir os paradigmas das desigualdades sociais, afinal eles são resultados do meio social, das suas vivências e, portanto, da própria definição de sua classe social. Para estes autores, existe uma quase total hegemonia na enculturação das “pedagogias do aprender a aprender” que, sob o pretexto da ineficiência do ensino tradicional, promovem uma educação ineficaz para a superação da sociedade capitalista. Neste contexto, a educação assume um papel utilitário imersa num relativismo epistemológico que se reflete num currículo voltado à resolução de problemas práticos do cotidiano do aluno. Sobre este assunto, os autores enfatizam que:

Não é de estranhar que, nesse contexto ideológico alienante, a difusão do construtivismo no Brasil tenha recorrido muito mais ao processo de sedução dos leitores pelos textos de autores construtivistas do que ao processo de convencimento pela via da argumentação racional e teoricamente fundamentada (ROSSLER, 2006 Apud MARTINS; DUARTE, 2010, p. 38).

O construtivismo teve grande influência no campo da pedagogia na década de 1990, tornando-se referência para a orientação da prática pedagógica e para as reformas de ensino em vários países, incluindo, o Brasil (SAVIANI, 2010). O construtivismo está relacionado com o processo Ensino e aprendizagem em todas as dimensões: metodológicas, curriculares, epistemológicas, sociais e com *slogans* dos quais é difícil discordar. Neste contexto, as ditas metodologias ativas foram consagradas como as únicas metodologias eficazes para promover o ensino. A forma como estas metodologias são abordadas exibem as premissas que dão suporte ao construtivismo, como por exemplo, de que é o aprendiz que deve construir seu próprio conhecimento. Neste sentido, o papel do professor se limita a coordenar e motivar as construções individuais do discente (AIRASIAN; WALSH, 1997).

O significado do construtivismo foi sendo alterado com o tempo, de forma cada vez mais literal, até esvaziar de significado. Por exemplo, o *slogan* de que ‘o professor deve trabalhar a partir dos interesses dos alunos’ encerra, em si, muita ambiguidade e pode acabar sendo entendido, como de fato foi, como o aluno responsável pelo planejamento das atividades de sala de aula. Para Carvalho e Gil (1998) esta ação está na contramão do processo Ensino e aprendizagem pois parte do trabalho docente consiste na tentativa de despertar em seus alunos novos interesses, e não necessariamente vincular seu trabalho a interesses preexistentes, por vezes incompatíveis com os objetivos das instituições escolares.

Nascimento, Fernandes e Mendonça (2010) alertam que as políticas para a formação dos professores, desde os anos 1990, estão vinculadas às diretrizes do Banco Mundial que, objetivavam que estes ficassem à margem de todo o processo de elaboração e implementação de mudanças, referentes à Educação. Tal situação ainda ocorre no tempo presente, enfatizando o papel dos livros didáticos, nas modernas tecnologias de educação à distância e nas propostas de autoaprendizagem.

Neste contexto, tanto a Educação STEAM como qualquer outra fica comprometida e será mal-empregada se o professor não assumir o papel de transmissor do conhecimento. Não estamos anunciando que nos colocamos contrários a Educação STEAM. Muito pelo contrário! Defendemos novas metodologias desde que o professor não se perca no seu papel.

1.2. A EDUCAÇÃO STEAM DISCUTIDA NO CONTEXTO DA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA (TAS) DE AUSUBEL

Para Ausubel (apud MOREIRA, 1999), o fator isolado que mais influência no processo Ensino e aprendizagem é o que o aluno sabe. Portanto, cabe ao professor investigar os conhecimentos prévios dos seus alunos e avaliar a existência de subsunçores. O conceito de subsunçores é central na TAS. Diferentemente do conhecimento prévio, os subsunçores, são os conhecimentos que podem ser utilizados como âncora para fixação da nova informação.

Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1978) as informações no cérebro humano são armazenadas de forma organizada, formando uma espécie de hierarquia conceitual, fazendo com que os elementos mais específicos do conhecimento sejam acionados e assimilados através das experiências sensoriais do indivíduo. Ou seja, a aprendizagem significativa promove uma mudança na estrutura cognitiva do aluno porque as novas informações são incorporadas. Ausubel, Novak e Hanesian (1978) diferencia aprendizagem significativa da aprendizagem mecânica sendo esta última a memorização de informações soltas e não relacionadas com outras informações presentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Os autores admitem que o esquecimento faz parte tanto da aprendizagem significativa quanto da aprendizagem mecânica, mas na aprendizagem significativa, a mudança promovida na estrutura cognitiva, permanece.

Estamos falando de uma teoria de aprendizagem, a qual considera que ela dependa da construção do aluno, o que não implica expropriar o papel do professor como agente transmissor do conhecimento. Nesse sentido, a motivação é importante. Talvez aqui se justifique a escolha por temas do cotidiano do aluno como recurso precursor, mas estes não seriam o balizador de todo processo. Esta ‘construção’ do conhecimento não representa que o método de ensino deva ser construtivista. E, ao contrário das crenças relacionadas às metodologias ativas, o papel do professor é indispensável e insubstituível. De acordo com Moreira (1999) este processo envolve pelo menos quatro tarefas fundamentais:

1. Identificar a estrutura conceitual e proposicional da matéria de ensino, ou seja, reconhecer os conceitos e princípios unificadores, inclusivos, com maior poder explanatório de propriedades integradoras, e organizá-lo hierarquicamente de modo que, progressivamente, abranjam os menos inclusivos até chegar aos exemplos e dados específicos.
2. Identificar quais os subsunçores relevantes à aprendizagem do conteúdo a ser ensinado.
3. Diagnosticar aquilo que o aluno já sabe, ou seja, determinar, dentre os subsunçores especificadamente relevantes, quais os que estão disponíveis na estrutura cognitiva do aluno.
4. Ensinar utilizando recursos e princípios que facilitem a aquisição da estrutura conceitual da matéria de ensino de uma maneira significativa. A tarefa do professor aqui é a de auxiliar o aluno a assimilar a estrutura da matéria de ensino e organizar sua própria estrutura cognitiva nessa área de conhecimento por meio da aquisição de significados claros, estáveis e transferíveis (MOREIRA, 1999, p. 162-163).

Moreira (2011) desenvolveu a Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS, com o objetivo de elaborar uma sequência pedagógica norteada, principalmente pela TAS. Contudo, esse modelo de ensino parte da premissa de que não há transmissão de conhecimento sem aprendizagem, pois o ensino é o “fio condutor” e a aprendizagem é o objeto final, que deve ser estruturada do início ao fim para que o discente desenvolva um saber sistêmico e construtivo. Assim, Moreira (2011) desenvolveu alguns critérios divididos em oito passos para a aplicação de uma proposta de ensino:

1 - Primeiramente o profissional de educação deve definir o tópico específico a ser abordado, identificando seus aspectos declarativos e procedimentais, e o modo de como estão inseridos no contexto da matéria de ensino.

2 - É preciso criar ou propor situações, discussões, questionários, mapas conceituais, mapas mentais, situação-problema, que leve o aluno a externalizar seu conhecimento prévio, aceito ou não-aceito no contexto da matéria de ensino, supostamente relevante para a aprendizagem significativa do tópico em pauta.

3 - Desta maneira, é importante propor situações problemas, de preferência em nível introdutório, levando em conta o saber prévio do aluno. Os desafios podem funcionar como organizadores prévios; pois promovem situações que permitem a estruturação de novos conhecimentos. Mas, para que isso aconteça, o aluno deve percebê-los como obstáculo a ser superado, e com isso deve ser capaz de modelá-los mentalmente; pois os modelos mentais são funcionais para o aprendiz, e resultam da percepção e dos conhecimentos prévios construídos por ele. Essas situações problemas podem ser propostas através de simulações computacionais, demonstrações, vídeos, problemas do cotidiano, representações veiculadas pela mídia, problemas clássicos da matéria de ensino, etc., mas sempre de modo acessível.

4 - Ao serem trabalhadas as situações iniciais, é necessário apresentar ao educando o conhecimento a ser ensinado/aprendido, levando em conta a diferenciação progressiva, e começando com os aspectos mais gerais e inclusivos, proporcionando uma visão inicial do todo, apresentando a ele os conceitos mais importantes da unidade de ensino de forma holística. Na sequência é preciso exemplificar, abordando aspectos mais específicos. A transmissão oral é uma das formas mais eficientes para a transmissão, seguida de atividade de apresentação ou discussão em grupos.

5 - Ao dar continuidade na atividade proposta, o docente deve retomar os aspectos mais gerais e estruturantes daquilo que ele efetivamente pretende ensinar, relativo ao conteúdo da unidade de ensino, através de uma nova apresentação, que pode ser por meio de outra breve exposição oral, de um recurso computacional, de um texto, etc. Porém neste momento a prática pedagógica deve ser trabalhada com um nível mais alto de complexidade em relação à primeira apresentação; onde as situações problemas devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade; e dentro desse contexto o professor deve propor novos exemplos, além de destacar semelhanças e diferenças relativas às situações e exemplos já trabalhados, para promover a reconciliação integrativa.⁵ Após esta segunda apresentação, é importante propor alguma outra atividade colaborativa que leve os alunos a interagir socialmente, negociando significados, tendo o professor como gestor. Esta atividade pode ser desenvolvida mediante a resolução de problemas, construção de um mapa conceitual, criação de um experimento de laboratório, construção de um pequeno projeto, dentre outras possibilidades. Mas deve, necessariamente, envolver negociação de significados com constante atuação do docente.

6 - Deste modo, concluindo a unidade, o educador deve dar seguimento ao processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, porém dentro de uma perspectiva integradora, ou seja, buscando a reconciliação integrativa; e isso deve ser feito através de nova apresentação dos significados, que pode ser novamente por intermédio de uma breve exposição oral, da leitura de um texto, do uso de um recurso computacional, audiovisual, etc.

⁵ Reconciliação integrativa segundo Ausubel (1978), seria explorar relações entre ideias, apontar similaridades e diferenças importantes, reconciliar discrepâncias reais ou aparentes. O conteúdo deve não só proporcionar a diferenciação progressiva, mas também: explorar, explicitamente, relações entre proposições e conceitos, chamar atenção para diferenças e similaridades importantes e reconciliar inconsistências reais ou aparentes.

O importante não é a estratégia em si, mas o modo de trabalhar o conteúdo da unidade. Após esta terceira apresentação, novas situações problemas devem ser propostas e trabalhadas em níveis mais altos de complexidade em relação às situações anteriores. E, essas situações devem ser resolvidas em atividades colaborativas e apresentadas e/ou discutidas em grupo, sempre com a articulação do docente.

7 - O processo avaliativo da aprendizagem deve ser feito ao longo de sua implementação, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado. Além disso, deve haver uma avaliação somativa individual após o sexto passo, na qual deverão ser propostas questões/situações que impliquem compreensão, e evidenciem a assimilação de significados e também alguma capacidade de transferência por parte do discente. Logo, a avaliação do desempenho do aluno deverá estar baseada, em pé de igualdade, tanto na avaliação formativa (situações, tarefas resolvidas colaborativamente, registros do professor) como na avaliação somativa.

8 - A UEPS somente será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa (captação de significados, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações problemas). A aprendizagem significativa é progressiva, o domínio de um campo conceitual é progressivo; por isso deve ser dada ênfase em evidências.

Diante do exposto, o desafio docente será desenvolver metodologias de ensino e/ou processo ensino aprendizagem, capazes de proporcionar aos alunos a ampliação dos conhecimentos.

2. O CAMINHO METODOLÓGICO DA PESQUISA – A APLICAÇÃO DE UMA METODOLOGIA STEAM

Como já apontado, a implantação da Educação STEAM exige uma mudança de paradigma estrutural do processo ensino aprendizagem. Devido à ausência de políticas públicas que permitam e incentivem toda mudança necessária, o que apresentamos aqui é uma sequência de atividades de ensino pautadas nos ideais defendidos pela Educação STEAM nos pilares teóricos da TAS.

Nossa proposta foi aplicada entre os dias 26 de março à 23 de abril de 2019, com carga horária total de 12 horas aulas. O público alvo foi constituído por quinze acadêmicos do 3º ano do Curso de Licenciatura em Matemática de uma Universidade pública do Estado do Paraná. O perfil da turma é de trabalhadores que fazem dupla jornada de trabalho durante o período diurno e se deslocam para o campus no período noturno. Nestas condições, o tempo dedicado aos estudos são sempre menores do que o necessário e, como consequência disto, as deficiências de conteúdo vão se somando ao longo do período de graduação. Assim, no terceiro ano da graduação, apresentavam dificuldade com conteúdos da Matemática básica e com conteúdo de Física do ensino médio. Daí a escolha do tema, hidrostática.

Para motivá-los iniciamos com o questionamento: Por que o navio flutua? Eles foram estimulados a responderem livremente e discutirem entre si, sem preocupações em anotar ou lembrar de conceitos da Física. As respostas foram anotadas pelos pesquisadores para a construção de um mapa mental⁶ e, posteriormente um mapa conceitual⁷ esquemático⁸, como o representado na figura 1. A ideia era mostrar as relações e a hierarquia de conceitos e exemplificar um mapa conceitual. Diferentemente do mapa mental, o mapa conceitual mostra as relações hierárquicas entre os conceitos, a abrangência e especificidade de cada conceito relacionado.

⁶ Mapa mental é um diagrama elaborado para representar ideias ou conceitos que se encontram relacionados com uma palavra-chave, um questionamento ou uma ideia central. A sua principal função é geração, visualização e classificação das ideias para guiar o professor no conhecimento prévio que o estudante tem sobre determinado assunto.

⁷ Os mapas conceituais são ferramentas gráficas para organizar e representar o conhecimento. Eles incluem conceitos, geralmente fechados em círculos ou caixas de algum tipo, conectados por linhas e palavras (conectores) que representam as relações entre esses conceitos (NOVAK; CAÑAS, 2008).

⁸ Que constitui ou lembra um esquema; extremamente simplificado; sintético, lacônico, resumido.

Segundo Novak e Gowin (1984), o uso dos mapas possibilita o professor conhecer como o conhecimento prévio dos alunos, ou subsunçores estão organizados. E, a partir daí, fornecer os organizadores prévios e os subsunçores para a realização de uma Aprendizagem Significativa, AS.

Na sequência, apresentamos o passo a passo de como o tema Hidrostática foi abordado no contexto da Educação STEAM e da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel.

2.1 PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DE DADOS

1º momento didático (2 aulas):

Com o questionamento no quadro de giz, os acadêmicos foram encorajados a dar suas respostas em grupo ou individualmente. Os pesquisadores foram anotando palavras-chave das respostas e suas relações. Foi construído um mapa mental do grupo onde apareciam todos os conceitos apresentados e como eles poderiam ser relacionados (como indicado pelos alunos).

A partir deste mapa mental, propomos iniciar a construção de um segundo mapa, denominado de mapa conceitual esquemático.

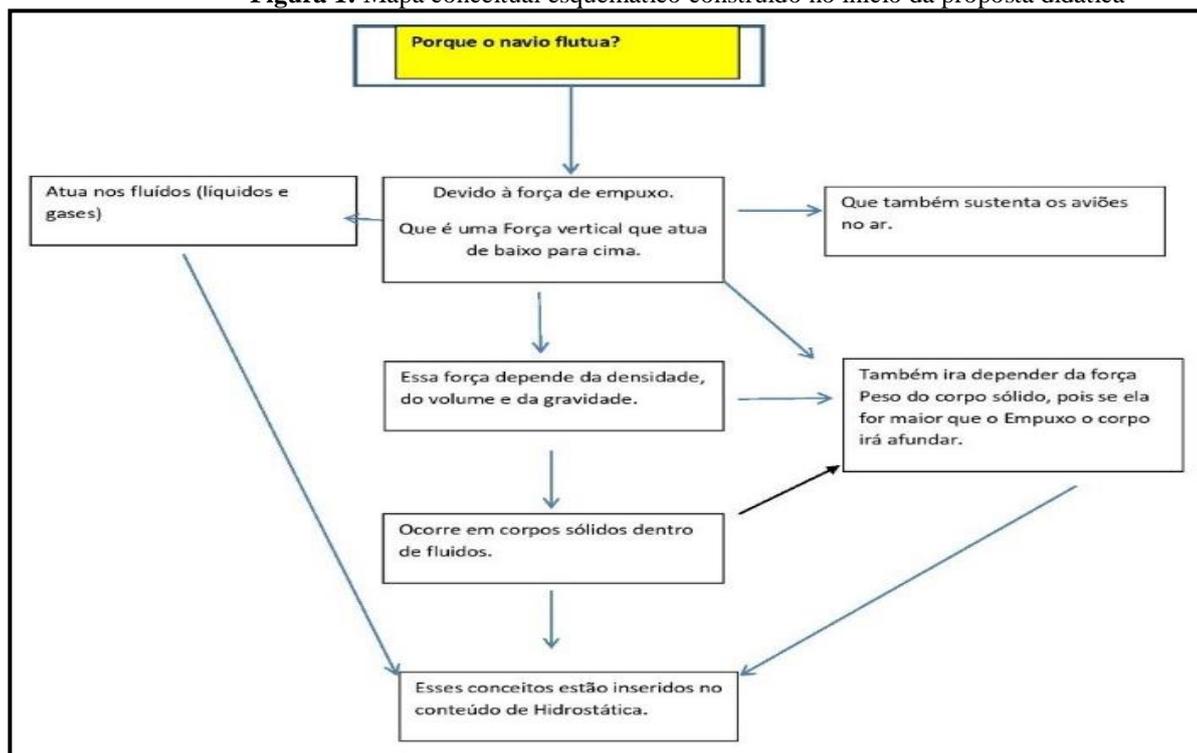
O primeiro mapa foi utilizado como organizador prévio, conforme defendem Ausubel, Novak e Hanesian (1978). Estes autores desenvolveram em sua teoria o uso de “organizadores prévios”, para que sirva de suporte para o novo aprendizado e proporcione o desenvolvimento de conceitos subsunçores que facilitem as aprendizagens posteriores. Sendo uma estratégia de manipulação cognitiva para colaborar com o processo da aprendizagem significativa. Esses organizadores seriam uma espécie de material introdutório que é aplicado antes do conteúdo a ser trabalhado.

O segundo mapa (mapa conceitual esquemático) ficou exposto o tempo todo no quadro de giz enquanto algumas atividades foram realizadas. Por exemplo, a primeira atividade foi a brincadeira “afunda ou flutua”. Ela consiste em colocar objetos, conhecidos por todos, em um balde de água e tentar adivinhar se o objeto flutuaria ou afundaria. Os resultados obtidos foram registrados para análise posterior.

Na sequência fizemos o experimento chamado “elevador de uva-passa”, que consiste em colocar a uva-passa em um refrigerante de cor clara e observar o movimento de sobe e desce delas.

Na figura 1 apresentamos o mapa mental, obtido na primeira instância e na figura 2 temos o esboço da brincadeira “elevador de uva-passa”.

Figura 1: Mapa conceitual esquemático construído no início da proposta didática



Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

Figura 2: “Elevador de uva-passa”.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

A observação das uvas-passas subindo e descendo no refrigerante é divertida e a compreensão do fenômeno exige conhecimento de conceitos da Física e Química.

O refrigerante tem gás carbônico, (CO_2) que é uma molécula apolar e, por isso, não tem afinidade química com a água que é polar (H_2O). O gás carbônico, é dissolvido na água por pressão. O gás carbônico tem afinidade química com as moléculas de fibra da uva-passa. O volume da uva passa mais o gás carbônico apresenta menor densidade que a da água e por isto flutua. Na superfície do líquido, o gás carbônico escapa, o volume do conjunto uva passa mais gás carbônico diminui e fica com densidade maior que a água e a uva passa desce. Este movimento persiste até que tenha gás carbônico no refrigerante. A afinidade química entre moléculas polares e apolares explicam vários fenômenos, como a função do detergente, as emulsões como o leite e a maionese, entre outros.

Na sequência foi apresentado oralmente os conceitos de pressão, empuxo e a Lei de Steven. Como estratégia de verificação da AS, os acadêmicos resolveram uma lista de exercícios. Os exercícios são mecanismos utilizados por diversas provas ou testes e não devem ser esquecidos. Além disso, eles podem avaliar se o acadêmico pode fazer a transposição dos conteúdos verificados.

2º momento didático (2 aulas):

Iniciamos com uma revisão dos conceitos discutidos na aula anterior. E a partir disto, os acadêmicos foram atendimento individualmente para dar continuidade na resolução dos exercícios.

3º momento didático (4 aulas):

Como mais uma estratégia de Ensino, foi construído um barquinho a vapor, (barquinho Pop Pop). Um filme de curta duração⁹, instruiu o passo a passo da construção. Eles foram incentivados a participarem de uma competição. Por consenso, foi disputado as seguintes categorias: i) mais bonito, ii)

⁹Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=QHcXqpYgJ8M>. Acesso em: 27 jun. 2020.

mais velocidade, iii) capacidade de atingir maior distância. Todos deveriam utilizar materiais de fácil acesso, de baixo custo ou reciclados.

Durante a atividade os acadêmicos mostraram muito entusiasmo e outros conceitos de Física foram discutidos, tais como, temperatura de ebulição da água em função da pressão atmosférica, calor, temperatura, velocidade, tempo, força resultante, entre outros. Ressalta-se que os acadêmicos conheciam o valor da temperatura de ebulição da água (100°C) mas nenhum deles sabia sobre a dependência deste valor com a pressão atmosférica, ou seja, da altitude local. Depois dos barquinhos prontos, foi realizado o campeonato.

4º momento didático (2 aulas):

Esse momento foi realizado no laboratório de informática para que os acadêmicos acessassem o sítio PhET simulações interativas para Ciências e Matemática (https://phet.colorado.edu/pt_BR/). Eles foram orientados a utilizarem três simulações: “Densidade”, “Flutuabilidade” e “Sob pressão” de forma a explorar a potencialidade de cada uma delas de cada vez. Estas simulações mostram como cada grandeza interfere nos fenômenos hidrostáticos. Assim, todos os conceitos abordados foram revisitados de outra forma, promovendo a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa, eixos estruturantes para o desenvolvimento de uma UEPS.

O professor da sala deve visitar os acadêmicos individualmente para melhor explorar sua compreensão. Neste momento, a troca de informações depende do interesse do acadêmico e muitos foram além dos conteúdos abordados. Na sequência, os acadêmicos foram convidados a apresentarem um pequeno resumo sobre as conclusões que puderam chegar com estas simulações. É importante que estes resumos sejam lidos pelo professor ou pelos acadêmicos e compartilhados com a turma para corrigir possíveis equívocos de conceitos ou hierarquizações.

Posteriormente, os acadêmicos foram convidados a visitar o sítio <http://www.fisica.ufpb.br/~romero/objetosaprendizagem/Rived/12Hidrostatica/index.html> dos professores Lucídio Cabral e Romero Tavares, da Universidade Federal de Paraíba – UFPB. Este sítio é composto por vários aplicativos que explanam diferentes conteúdos da Física. Lá exploramos o aplicativo “hidrostática”, que demonstra o que acontece quando um submarino inunda sua câmara de água. De acordo com a quantidade de água, teremos diversos tipos de movimento vertical. Apresenta também a história sobre os submarinos, sobre Arquimedes e a coroa do rei. Além disso, traz um mapa conceitual completo sobre o conteúdo de hidrostática, questões e desafios no qual o conhecimento científico é relacionado ao cotidiano. E, por fim, traz um guia para o professor, indicando as formas que ele pode trabalhar.

5º momento didático (2 aulas):

Foi solicitado para cada acadêmico fazer um mapa conceitual, para ser comparado com o primeiro. Percebemos, então, que nem todos os mapas abordaram todos os conceitos ou mostraram todas as relações possíveis, mas é inegável que todos eles foram mais elaborados e completos que o primeiro mapa construído.

As figuras 3 e 4 representam dois exemplos de mapas conceituais esquemáticos, construídos pela acadêmica aqui nominada pela letra R e pelo acadêmico nominado por B.

Figura 3: Mapa conceitual esquemático construído pela acadêmica R.



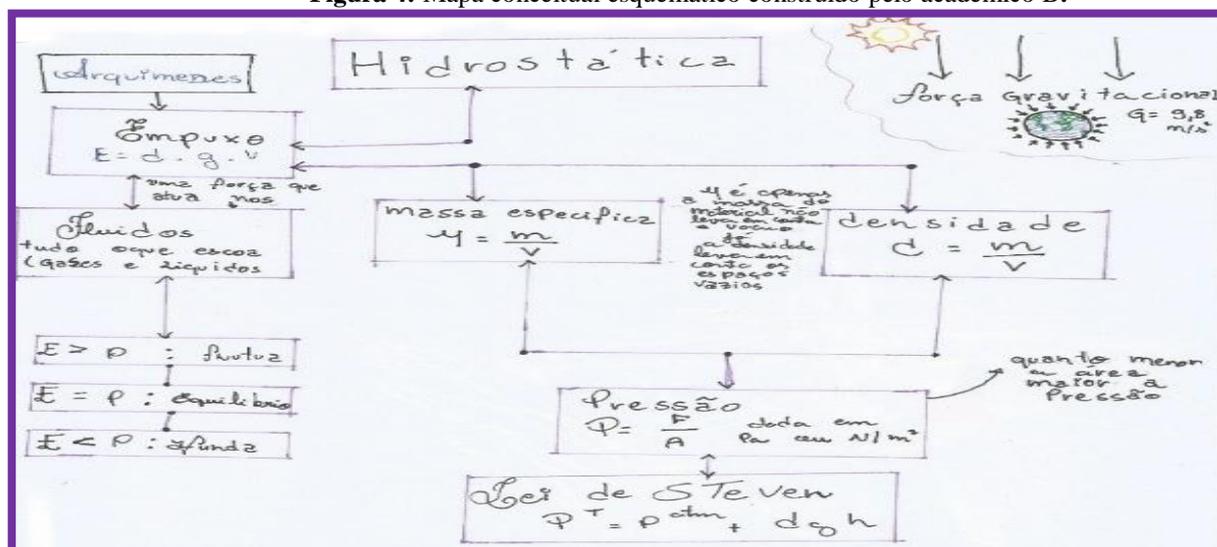
Fonte: Acadêmica R, 2019.

De acordo com Ausubel, Novak e Hanesina (1978) mapas conceituais constituem instrumentos úteis que devem ser utilizados durante o processo instrucional do aprendiz.

Nesse aspecto, os:

Mapas conceituais foram desenvolvidos para promover a aprendizagem significativa. A análise do currículo e o ensino sob uma abordagem ausubeliana, em termos de significados, implicam: 1) identificar a estrutura de significados aceita no contexto da matéria de ensino; 2) identificar os subsunçores (significados) necessários para a aprendizagem significativa da matéria de ensino; 3) identificar os significados preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz; 4) organizar sequencialmente o conteúdo e selecionar materiais curriculares, usando as ideias de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa como princípios programáticos; 5) ensinar usando organizadores prévios, para fazer pontes entre os significados que o aluno já tem e os que ele precisaria ter para aprender significativamente a matéria de ensino, bem como para o estabelecimento de relações explícitas entre o novo conhecimento e aquele já existente e adequado para dar significados aos novos materiais de aprendizagem (MOREIRA, 1998, p. 08).

Figura 4: Mapa conceitual esquemático construído pelo acadêmico B.



Fonte: Acadêmico B, 2019.

Os mapas conceituais funcionam como ponte entre as antigas e as novas informações, ajudando o aluno a organizar o conteúdo como um todo, além de criar relações e conexões em vários níveis de conhecimento.

6º momento didático (2 aulas):

Na tentativa de confirmar e compreender a ocorrência da aprendizagem significativa como uma mudança na estrutura cognitiva do acadêmico, este momento ocorreu depois de duas semanas.

Neste momento, foi levado dois bebedores de água de passarinho, um rachado mas imperceptivelmente a olho nú, e outro perfeito. Quando foi colocada água nos dois, os acadêmicos observaram que em um deles, a água escorria quase completamente. No outro, se mantinha dentro do bebedor. Os acadêmicos foram instigados a explicarem o fato. Não demorou muito para levantarem e virem pegar os bebedores nas mãos para verificar a integridade dos mesmos. De fato, eles conseguiram compreender que uma rachadura faria com que o ar entrasse no bebedor e a pressão atmosférica empurrasse a água. Este resultado justifica a ocorrência da AS, que é a transposição dos conceitos para outras situações em que eles possam ser utilizados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os acadêmicos chegaram muito próximo da explicação cientificamente aceita pela comunidade científica. Constatamos que a maior dificuldade realmente é a elaboração dos conceitos e suas relações hierárquicas. Para fixar os conceitos, cantamos uma paródia sobre o tema e os acadêmicos foram encorajados a fazerem suas próprias paródias.

Vale ressaltar que esta UEPS, contextualizada com os princípios norteadores da Educação STEAM, é uma produção inédita, desenvolvida com base nos referenciais teóricos dialogados ao longo da pesquisa. Podemos salientar que esse modelo de ensino proposto nasceu de inquietações na busca de melhorias para a prática do ensino de Ciências no Brasil e da procura por metodologias inovadoras que deram certo em outros países, porém sem desconsiderar o nosso contexto histórico.

Os resultados aqui obtidos estão em acordo com outros resultados divulgados pela literatura. Por exemplo, Torgan (2019), também desenvolveu uma UEPS para o ensino de Física, por meio do lançamento de foguetes e observou que a dinâmica favoreceu a aprendizagem significativa.

Benaquio (2016) em sua pesquisa: Elaboração e aplicação de um material instrucional baseado na aprendizagem significativa sobre o efeito fotoelétrico, direcionada para alunos de ensino médio, utilizando os aportes teóricos da TAS de Ausubel e as orientações de Moreira para a elaboração da UEPS de Moreira, também relata êxito. Por meio da análise dos mapas conceituais, ele constatou uma evolução em todos os critérios quantitativos e qualitativos com relação a apresentação dos conceitos relacionados. O autor ressalta que os experimentos, simulações computacionais interativas e as estratégias de avaliação, contribuíram para motivar e promover a aprendizagem significativa do conteúdo abordado.

Reis (2019), também aplicou uma UEPS com o tema: “Efeito fotoelétrico na produção e transformação da luz: Investigação do uso de uma proposta didática para o ensino de física em cursos de Engenharia”. A elaboração, aplicação e avaliação ocorreram em três intervenções: experimentos piloto com uso de simulação computacional; experimento piloto com uso de laboratório real e um experimento completo. O experimento completo com uso da UEPS foi construído em forma de sequência didática, utilizando como recursos: simulações computacionais, laboratório real, atividades teóricas e questionários relacionados à historicidade, conceitos e contexto referentes à tecnologia fotovoltaica na transformação da luz em eletricidade. Segundo Reis (2019), os resultados mostraram que houve a aprendizagem significativa.

Quanto aos nossos resultados, podemos dizer a grosso modo, que mais da metade dos acadêmicos apreenderam de forma significativa, como mostra a evolução dos mapas conceituais.

Dessa maneira, a sequência pedagógica fundamentada na UEPS possibilita a criação de hipóteses e formulação de respostas, valorizando os fatores investigativos e criativos da aprendizagem.

No campo da Educação STEAM, a título de exemplo, tivemos o trabalho de Henriksen (2017), que foi desenvolvido nos EUA, em que se discute o exemplo de uma professora do ensino fundamental I da disciplina de espanhol, aluna de um curso de pós-graduação em *design* e educação, que usou o *design* para criar um projeto interdisciplinar para seus alunos sobre a escassez de água limpa, no qual utilizou o

modelo de *Stanford*: empatia (levantamento dos interesses dos alunos), baseado em projetos interdisciplinares.

Durante a implementação, foram trabalhados projetos integradores juntos aos alunos, por exemplo uma sessão de pôsteres, em que eles pesquisaram as propriedades científicas da água e construíram imagens e/ou desenhos que comunicavam esses conceitos, descritas e identificadas com palavras em espanhol. Com isso, puderam aprender a ciência básica e vocabulário espanhol, de forma integrada e construtiva. Além disso, também tiveram liberdade para criar e projetar os seus trabalhos.

De acordo com Henriksen (2017), o projeto foi um sucesso porque soube privilegiar as conexões criativas, interdisciplinares, e baseou-se em pesquisas científicas, confeções de gráficos, cartazes, produtos que estão no núcleo do STEAM e do *design*.

Ademais, na pesquisa realizada por Gulhan e Sahin (2018) na Turquia, em uma escola estadual, na turma da sétima série, os alunos foram divididos em seis grupos de acordo com seu nível de realização e gênero. A implementação se deu pela atuação dos pesquisadores e do professor da turma. O tema geral do plano de atividades da unidade foi “Leonardo da Vinci e seus estudos ópticos”, no qual foram explorados, de forma interdisciplinar, conceitos científicos entrelaçados à disciplina de Artes.

Durante as aulas, os pesquisadores apresentaram questões-chave relacionadas aos conteúdos e foram realizados diversos experimentos, além das demonstrações de animações gráficas referentes aos assuntos.

Foram construídos alguns protótipos sobre a temática em estudo, por exemplo o caleidoscópio. Os momentos de avaliação aconteceram de forma contínua, subsidiados por questões práticas relacionadas aos tópicos e referentes às participações dos alunos nas atividades, além de avaliarem os produtos construídos pelos alunos, denominando “Avaliação de Produto (*Design*)”, com critérios pré-estabelecidos.

Os autores apresentaram satisfação, descrevendo que os alunos gostaram das atividades realizadas e alcançaram resultados positivos quanto ao processo de aprendizagem dos conceitos abordados.

Como exemplo de aplicação da Educação STEAM no Brasil, Hardoim *et al.* (2019) relatam que essa propositura foi desenvolvida na Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT) Campus de Cuiabá, com alguns acadêmicos do curso de licenciatura em Biologia. O projeto foi realizado no zoológico da instituição, onde os alunos tiveram contato com alguns materiais tecnológicos, que possibilitaram a produção de algumas ferramentas didáticas por meio da coleta de informações sobre as espécies biológicas observadas, fauna e flora. A partir dessa produção, os alunos desenvolveram um recurso didático para que os professores da educação básica possam trabalhar com alunos de diferentes faixas etárias.

Durante a visita ao zoológico, os licenciandos exploraram as estruturas arquitetônicas referentes aos recintos dos animais, com objetivo de integrar conceitos da engenharia e da automação. Posto isso, os pesquisadores salientaram que os acadêmicos responderam positivamente as atividades propostas, em especial por utilizarem o método STEAM, pois, além das Ciências Naturais, essa metodologia permitiu empregar e/ou desenvolver outros saberes, diagnosticados de forma contínua durante os momentos das aulas.

Sendo assim, a proposta apresentada neste trabalho demonstra que o caminho adequado para facilitar o aprendizado ao aluno é partir de uma ideia geral mais inclusiva, fundamentando passo a passo todo o conteúdo a ser trabalhado. Assim, parte-se dos conceitos subsunçores já existentes em suas bases cognitivas, uma vez que é por meio de sucessivos processos de ancoragem que ele formalizará os conceitos mais específicos, sintetizando mais adiante a diferenciação progressiva, a reconciliação integrativa e a consolidação.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Acreditamos que o trabalho descrito se enquadra na definição da proposta educacional STEAM, pois o projeto englobou criatividade, conceitos de Química, Física, Matemática e o uso de aplicativos. Entretanto, ressaltamos que seria impossível ampliar o conhecimento do aprendiz sem o professor ter esse conhecimento ampliado e consistente.

Se o papel do professor, segundo a TAS de Ausubel, é averiguar os subsunçores dos seus aprendizes e elencar ou organizar material com potencial de promover a aprendizagem significativa, deverá, portanto, apresentar conhecimento amplo sobre o assunto a ser trabalhado. É nesse ponto que defendemos as metodologias ativas, sem perder de vista o protagonismo do professor na tarefa de transmitir o conhecimento. Cabe ao professor, portanto, tomar consciência de sua importância e diferenciar conteúdos significativos com aprendizagem significativa. Em vez de se deixar levar pela sedução do ‘construtivismo’, seria melhor compreender o que e quem está construindo. Nossa interpretação é que o aprendiz deva construir o conhecimento no contexto de uma aprendizagem significativa, como interpretada por Ausubel e, a partir disso, relacionar seu conhecimento com os fenômenos observados no cotidiano – é a partir da escola que o aprendiz compreende o mundo, e não compreender apenas seu mundo porque ele é repetido na escola.

Assim como Newton Duarte (2001), defendemos que o papel da escola é transmitir o conhecimento acumulado pela humanidade, objetivando a formação completa do cidadão enquanto ser humano. Esta linha de defesa vai na contramão da transmissão de conhecimento prático e aplicado para fins imediatos das soluções de problemas. Contudo, o ensino tradicional, compreendido como aquele que considera o aluno uma folha em branco, mecanizado e centrado exclusivamente no professor, também sintetiza uma forma de aprendizagem individual que favorece apenas a aprendizagem mecânica e não satisfaz os requisitos estabelecidos pela aprendizagem significativa.

Assim, acreditamos que a Educação STEAM, baseada nos pilares da TAS de Ausubel, possibilita uma alternativa capaz de atender as exigências de mudança almejadas pela sociedade, mas sem suprimir a única instituição social de exercer seu papel: o de transmitir o conhecimento acumulado pela humanidade para as futuras gerações.

Referências

AIRASIAN, P. W.; WALSH, M. E. Constructivist Cautions. **Phi Delta Kappa**, v.78, n.6, p. 444-449, 1997.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Educational psychology: a cognitive view**. 2. ed. Nova York: Holt Rinehart and Winston, 1978.

BENAQUIO, W. C. **Elaboração e aplicação de um material instrucional baseado na aprendizagem significativa sobre o efeito fotoelétrico para alunos de ensino médio**. 2016. 161f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2016.

BRASIL. **Diretrizes e Bases da Educação**. Lei nº4.024, 1961.

BYBEE, R. W. What is STEM Education? **SCIENCE**, v.329, n.27, p. 996-997, 2010. Disponível em: <http://science.sciencemag.org/>. Acesso em: 17 mar. 2019.

CABRAL, L.; TAVARES, R. **NOA -Núcleo de construção de objetos de aprendizagem: Hidrostática**. 2019. Disponível em: <http://www.fisica.ufpb.br/~romero/objetosaprendizagem/Rived/12Hidrostatica/index.html>. Acesso em: 20 fev. 2019.

CARVALHO, A.M.P.; GIL, D. **Formação de professores de Ciências: tendências e inovações.** São Paulo: Cortez, 1998.

CATTERALL, L. A Brief History of STEM and STEAM from an Inadvertent Insider. **The STEAM Journal**, v. 3, n. 1, p. 1-15, 2017.

DRIVER, R. Students' conceptions and the learning of science. **International Journal of Science Education**, 11, Especial Issue, p. 481-490, 1989.

DUARTE, N. As pedagogias do “aprender a aprender” e algumas ilusões da assim chamada sociedade do conhecimento. **Revista Brasileira de Educação**. Rio de Janeiro, n.18, p.35-151, 2001.

FANG, N. Research on the Application of STEAM Concept to College English Learning in China. In: 5TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ECONOMICS, MANAGEMENT AND HUMANITIES SCIENCE. **Proceedings...** Shandong Institute of Commerce and Technology, Shandong, China, 2019. p.979-981.

GASPAR, A. Cinquenta anos de ensino de física: muitos equívocos, alguns acertos e a necessidade do resgate do papel do professor. In: XV ENCONTRO DE FÍSICOS DO NORTE E NORDESTE. **Anais...** Natal: SBF, 1997, p. 1–13.

GULHAN, F.; SAHIN, F. Activity implementation intended for STEAM (STEM+ART) education: mirrors and light. **Journal of Inquiry Based Activities (JIBA)**, v.8, n.2, p. 111-126, 2018.

HARDOIM, E. L.; HARDOIM, T. F. L.; NAKAMURA, C. R.; HARDOIM, A. H. L. Educação científica inclusiva: Experiências interdisciplinares possíveis para o ensino de Biologia e Ciências Naturais empregando o método STEAM. **Latin American Journal of Science Education**, v. 6, n. 1, p. 12056, mai. 2019.

HENRIKSEN, D. Creating STEAM with Design Thinking: Beyond STEM and Arts Integration. **The STEAM Journal**. v. 3, n. 1, p.1-15, Article 11, nov. 2017.

JURKOWSKI, K. **Teachers Experiences with Learning through Making.** Walden Dissertations and Doctoral Studies, Walden University, may, 2019.

LOPES, T. B.; CANGUSSU, E. S.; HARDOIM, E. L.; NETO, G. G. Atividades de campo e STEAM: possíveis interações na construção de conhecimento em visita ao parque mãe Bonifácia em Cuiabá-MT. **REAMEC: Revista do Programa de Doutorado da Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, Cuiabá, v. 5, n. 2, p. 304-323, jul-dez 2017.

MANUAL DO MUNDO. **Elevador de uva-passa.** 2011. Disponível em: <https://www.manualdomundo.com.br/2011/12/elevador-de-uva-passa-experiencia-de-fisica-para-o-ano-novo/>. Acesso em: 20 fev. 2019.

MARTINS, L. M.; DUARTE, N. **Formação de professores: limites contemporâneos e alternativos necessários** [online]. São Paulo: Editora UNESP, SP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2010. 191p.

MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. **Cadernos do Aplicação**, v.11, n. 2, p.143-156, 1998.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**: A teoria da aprendizagem de Ausubel. São Paulo: Pedagógica e Universitária Ltda., 1999. p. 151-165.

MOREIRA, M. A. Ensino de Física no Brasil: retrospectiva e perspectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 94-99, 2000.

MOREIRA, M. A. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 2, p. 43-63, 2011.

NASCIMENTO, F.; FERNANDES, H. L.; MENDONÇA, V. M. O Ensino de Ciências no Brasil: história, formação de professores e desafios atuais. **RevistaHistedbr On-line**, Campinas, n.39, p. 225-249, 2010.

NOVAK, J. D.;GOWIN, D. B. **Aprender a aprender**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1984.

NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. **The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct and Use Them**. Technical Report IHMC CmapTools. 2006-01 Rev 01-2008, Florida Institute for Human and Machine Cognition, 2008.

PARK, N.; KO, Y. Computer Education's Teaching-Learning Methods Using Educational Programming Language Based on STEAM Education. In: IFIP INTERNATIONAL CONFERENCE ON NETWORK AND PARALLEL COMPUTING, 9. **Anais...** Gwangju/Korea, 2012, p. 320-327. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-35606-3_38. Acesso em: 07 jan. 2020.

PHET. **Interactive Simulations for Science and Math**. University of Colorado. 2019.Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/.Acesso em: 08 jan. 2020.

REIS, M. A. F. **Efeito fotoelétrico na produção e transformação da luz: Investigação do uso de uma proposta didática para o ensino de física em cursos de Engenharia**. 2019. 178f. Tese (Doutorado em ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Luterana do Brasil, Canoas. 2019.

ROSA, C. W.; ROSA, A. B. O ensino de ciências (Física) no Brasil: da história às novas orientações educacionais. **Revista Iberoamericana de Educação**, v.2, n.58, p. 1-24, 2012.

SAVIANI, D. **Histórias das ideias pedagógicas no Brasil**. 3. ed. Campinas: Autores Associados, 2010. 476 p.

SANDERS, M. STEM, STEM Education, STEMAnia. **Technology Teacher**, v.68, n.4, p.20-26, 2009.

SILVA, W. A.;KALHIL, J. B. Nativos, imigrantes e excluídos digitais: A percepção dos professores dos cursos de ciências de uma universidade pública do estado de Roraima/Brasil sobre a utilização das tecnologias digitais no processo ensino-aprendizagem. **Latin American Journal of Science Education**, v.4, n. 2, p.22008-22020, 2017.

TORGAN, D. A. **Lançamento de foguetes - uma unidade de ensino potencialmente significativa**. 2019. 210f. Dissertação (Mestrado em Formação Docente Interdisciplinar - PPIFOR) - Universidade Estadual do Paraná, Paranavaí, 2019.

WENGAO, L. Analysis of Maker Education Model and Cultivation of Students' Innovative Ability. In: 5TH INTERNATIONAL WORKSHOP ON EDUCATION, DEVELOPMENT AND SOCIAL SCIENCES. **Proceedings...** Yunnan, China, p. 280-283, 2019.

Recebido em: 03/09/2020

Aceito em: 22/03/2023

Endereço para correspondência

Nome: Rodrigo Da Silva Carvalho

E-mail: carvalhos_roeday@yahoo.com.br



Esta obra está licenciada sob uma [Licença Creative Commons Attribution 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)