

Moisés Colaçomoises.colaco.15@outlook.comorcid.org/0000-0001-8949-0672

Universidade Estácio de Sá, Mallet, Paraná, Brasil .

Eron Brayan Aiolfienc-eronaiolfi@uniquacu.edu.brorcid.org/0000-0002-1987-3296Centro Universitário Vale do Iguaçu,
União da Vitória, Paraná, Brasil.

Coação da Teoria da Aprendizagem Significativa e do ensino experimental como metodologia para o ensino de Física na graduação

RESUMO

Dentre as disciplinas de maiores aplicações experimentais se encontra a Física, e por esse motivo ela se torna um atrativo ao ingresso de alunos no universo das ciências exatas e tecnológicas. Entretanto, a prática experimental é muitas vezes suprimida no meio acadêmico devido às metodologias expositivas adotadas por muitos professores, o que subutiliza as estruturas laboratoriais das universidades e pode ocasionar uma grande improdutividade no aprendizado da disciplina. Este trabalho visa a concepção de um arquétipo metodológico objetivado na atenuação da mecanização do ensino de Física por intermédio de metodologias ativas na busca do aprendizado sólido por meio da imersão entre teoria e experimentação orientada pela teoria da aprendizagem significativa, a qual é fundamentada no conceito de que a aprendizagem ocorre através da associação hierárquica cognitiva das informações. Neste documento é apresentado um exemplo da metodologia pedagógica voltado à disciplina de Física III ou Eletromagnetismo, no qual em conjunto com a aprendizagem teórica ocorre o conhecimento pela experimentação por intermédio da construção de um protótipo experimental voltado à geração e utilização de um campo magnético alternado capaz de induzir uma força eletromotriz, em um enrolamento de espiras, suficiente para acionar uma calculadora científica comum e um conjunto de *leds*. A metodologia pedagógica proposta proporciona a concepção de uma sala de aula permissiva à aprendizagem significativa, o que torna os discentes sujeitos ativos em sua formação. O modelo induz a possibilidade de significativas melhorias na assimilação do conteúdo, o que traz consigo a capacidade de construção eficaz e consciente do tecido social por parte do alunado das referidas graduações.

PALAVRAS-CHAVE: Aprendizagem significativa; Ensino superior; Experimentação; Indução.

INTRODUÇÃO

O Brasil figura como sede de universidades com renome internacional que oferecem conceituados cursos de graduação em Física e nas diversas engenharias. Mesmo as instituições que ostentam menor reconhecimento, geralmente dispõem de excelentes estruturas físicas pedagógicas para seus discentes, estas, no entanto, são, na maioria das vezes, subutilizadas com relação ao objetivo de oferecer o processo de aprendizagem de maneira eficiente (ROSA, 2003).

Nesse contexto, quando utilizada, a experimentação é, muitas vezes, aplicada sem um vínculo efetivo com o conteúdo ministrado em sala de aula, e assumindo assim um papel distorcido de verificação dos conteúdos informados em aulas teóricas (GIANI, 2010). Essa situação mantém-se devido à carência de atualização referente à pedagogia portada por muitos dos docentes, a qual perpetua a prevalência da cultura educacional expositiva e mecanizada como componente metodológico único nas aulas.

Dentre as consequências desse engodo está a geração de dificuldades desnecessárias para a compreensão dos conteúdos e a formação de profissionais pouco capacitados para o mercado de trabalho (SANTIAGO, 2016), visto que, a aprendizagem repetitiva e mecanizada faz com que o aluno memorize fórmulas e dados para a avaliação, mas posteriormente os esqueça (PELIZZARI *et al.*, 2002).

A redação dos próximos parágrafos visa propor mediante à situação problemática apresentada, um modelo de ensino aplicável em conteúdos de física que possibilita a mudança da predominância do ensino centrado na exposição e mecanização da retenção do aprendizado para uma metodologia na qual a explanação do conteúdo ocorre em simultâneo com a fixação e exercício da aprendizagem por intermédio da experimentação, com esta metodologia guiada por bases da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS).

Para introduzir ao leitor o referido modelo, este será apresentado adjunto a um exemplo hipotético da abordagem do mesmo a conteúdos de Física III e Eletromagnetismo.

Como a etapa de avaliação (ou verificação da aprendizagem) pode ser aplicada de diferentes maneiras eficientes com relação à TAS e ao ensino centrado na experimentação, este artigo se exime de preferir por um modelo de avaliação, pois esta escolha requer uma extensa fundamentação que tornaria o conteúdo muito extenso. Portanto, torna-se proveitoso um ou mais estudos futuros que embasem a escolha de um ou mais métodos de avaliação póstuma indexação. Ademais, também por respeito ao requisito de concisão do texto, a TAS não é representada bibliograficamente na completude de seus conceitos, somente os necessários para o desenvolvimento do corpo teórico da metodologia proposta são visitados.

TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA ALIADA À APRENDIZAGEM DE FÍSICA POR EXPERIMENTAÇÃO

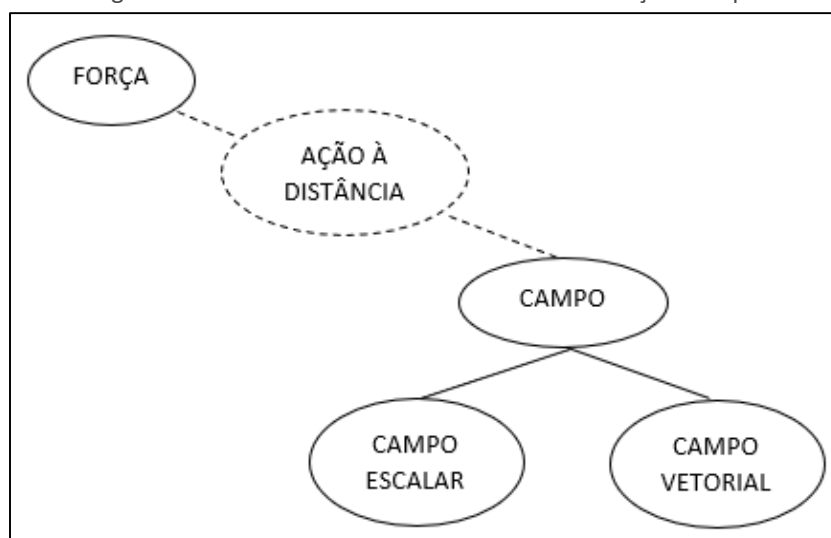
TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A TAS é uma teoria psicopedagógica desenvolvida em meados do século XX pelo psicólogo David Ausubel e incrementada nas décadas seguintes por diversos pesquisadores da área educacional e psicológica. O corpo teórico é fundado completamente sobre os conhecimentos da psicologia da educação sobre processos cognitivos relativos à aprendizagem.

O fundamento central da TAS é que a aprendizagem ocorre por processos associativos entre conceitos já armazenados pelo cérebro e novos conceitos a serem armazenados. O cognitivismo abordado por Ausubel interpreta o cérebro como uma estrutura que armazena o conhecimento de maneira hierárquica, na qual há patamares de abrangência de determinado conceito (PELIZZARI *et al.*, 2002).

O conceito no topo de determinada hierarquia é um conhecimento fundamental ao entendimento do conhecimento de um nível hierárquico inferior, e este é necessário à compreensão um conceito com um nível hierárquico inferior a ele (cada conceito necessário para a compreensão de outro denominamos subsunçor). Esse sistema torna-se uma cadeia com muitas ramificações e níveis de hierarquia. Para que ocorra a aprendizagem de uma informação nova, no cérebro do potencial aprendiz deve haver em algum subsunçor um ou mais conceitos que sirvam de base ao entendimento da nova informação (MOREIRA; MASINI, 1982).

Figura 1 - Estrutura do ensino dos conceitos de força e campo



Fonte: Moreira e Masini, editado (1982, p.47).

A **Figura 1** exemplifica como pode ser estruturada uma aula sobre força e campos de modo que haja hierarquia entre os conceitos. O conceito de força é mais primordial do que a ação à distância (então pode tornar-se um subsunçor para aprendizagem da **ação à distância**), e este é mais primordial que o conceito de campo (então **ação à distância** pode ser empreendido como um subsunçor para aprendizagem de **campo**), e assim sucessivamente. Com essa hierarquia é permitido que os novos conceitos a serem assimilados já tenham base para apropriada,

sem a necessidade de repetições exaustivas por exercícios ineficientes que têm um resultado aquém do obtido por métodos significativos.

Quando o docente, com atenção ao conhecimento prévio do discente, cria uma estrutura de aula que respeite a ordem de ensino dos conteúdos fundamentais para conteúdos fundamentados nestes (do menos para o mais complexo) e promove um ambiente que instigue o seu alunado a aprender, dizemos que esta sala de aula está propensa à aprendizagem significativa.

ENSINO-APRENDIZAGEM POR EXPERIMENTAÇÃO NA DISCIPLINA DE FÍSICA

Uma pesquisa fora realizada para coletar opiniões de graduandos e graduados nos cursos de Física e engenharias sobre as metodologias a que foram expostos na disciplina de Física em seus diversos níveis. A coleta de dados foi realizada e uma plataforma virtual por intermédio de duas questões de escolha dicotômica.

Tabela 1 - Dados da pesquisa sobre a experimentação na disciplina de Física

	SIM	NÃO
O conteúdo teórico da disciplina em seu curso é/foi embasado, na maioria das vezes, com demonstrações práticas (experimentos)?	11,1%	88,9%
Está/esteve satisfeito com a quantidade de aulas práticas nas aulas de Física do seu curso?	22,2%	77,8%

Fonte: os autores, 2020.

Os dados obtidos na **Tabela 1** informam que os experimentos estão pouco presentes no processo de graduação da referida disciplina. Além disso, os discentes estão conscientes dessa realidade e para eles ela tornou-se decepcionante. Esse sentimento é justificado visto que geralmente há a ingressão nos cursos de Física e engenharias como tentativa de ingressar no mercado de trabalho das respectivas áreas, nos quais há possibilidades de trabalho com projetos práticos e tangíveis, em desacordo com a realidade majoritariamente teórica presente no ambiente acadêmico.

No cenário de escassez experimental há a predominância da aprendizagem receptiva e escassez da aprendizagem concreta por descoberta. Logo que as instituições acadêmicas são locais nos quais há um contingente de pessoas que trilharam o caminho até o ensino superior educadas de maneiras diferentes por docentes que empregaram as mais diversas teorias pedagógicas, torna-se imprescindível que o ambiente acadêmico forneça o máximo de variedade nas possibilidades de absorção do conhecimento para abranger a heterogeneidade cognitiva disposta pelo alunado.

No relatório da consultoria produzido por Gioppo, Scheffer e Neves (1998) para a Secretaria de Estado da Educação do Paraná (voltado para as etapas fundamental e médio, mas descreve suficientemente a realidade atual do terceiro grau) estão presentes fundamentações que ligam os fracassos educacionais, em parte, à omissão estrutural ao método experimental. Os autores defendem que a efetividade do ensino é afetada quando a construção efetiva do conhecimento por intermédios experimentais é subjugada pela instrução expositiva que exige memorização.

Em corroboração, Piaget (2010) indica que a experimentação, utilizada como metodologia ativa no processo de ensino-aprendizagem é uma das melhores formas de fornecer um ambiente colaborativo de aprendizagem ativa no qual não só se aprende conhecimentos, mas também se aprende a aprender e a desenvolver atitudes críticas perante a novos dados. Logo, torna-se necessário não apenas que haja a presença experimental frequente em sala de aula, mas que ela tenha participação ativa dos discentes.

Na instrução por recepção que predomina no ensino superior das graduações referidas, há a possibilidade de assimilação por descoberta. Entretanto, visto que há uma enorme diversidade de estudantes, cada qual com sua forma de aprender, torna-se necessário o emprego da assimilação por contato com o concreto para que aqueles que não possuem sinergia com a aprendizagem receptiva também estejam propensos ao aprender significativo (GIANI, 2010). Com uma efetiva construção metodológica que envolva a TAS integrada ao ensino copresidido por experimentação e receptação do conhecimento, pode ser gerado um ambiente educacional potencialmente fértil e crítico para o processo de aprendizagem de uma grande variedade de modos de absorver informações, o que pode tornar as formações acadêmicas nas áreas da Física e engenharias mais inclusivas e enriquecidas pela efetividade pedagógica mesmo em vista à melhor equiparação entre o que o aluno estará exposto no curso e o que o aguarda no mercado de trabalho.

EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO MÉTODO NAS DISCIPLINAS DE FÍSICA III E ELETRO-MAGNETISMO

A hipotética aplicação apresentada nas próximas páginas deve ser seccionada em algumas aulas. Ela tem o objetivo de demonstrar os conceitos e aplicabilidade dos seguintes fundamentos para uma classe de graduação: carga elétrica; condução elétrica; resistência e resistividade; diferença de potencial e campos eletromagnéticos. Todos os aportes teóricos relacionados à Física presentes no atual tópico deste artigo são referenciados ao livro Fundamentos de Física – Eletromagnetismo (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012). Antes da demonstração, torna-se importante apresentar um conciso resumo dos tópicos referidos.

CARGA ELÉTRICA, RESISTÊNCIA, DIFERENÇA DE POTENCIAL E RESISTIVIDADE

A carga elétrica é uma propriedade das partículas fundamentais associada à existência particular. Sua presença é perceptível em dias secos, pois estes facilitam o surgimento de centelhas ao caminhar sobre um tapete e depois aproximar-se de uma maçaneta, por exemplo. A corrente elétrica pode ser interpretada como o fluxo de cargas em uma superfície.

Os materiais são classificados pela facilidade com que cargas elétricas se movem em seu interior. Há dois grupos principais: condutores e isolantes. Nos condutores, a presença de elétrons livres possibilita que as cargas fluam ordenadamente, enquanto nos isolantes não há meio propício para que isso ocorra. Há também os semicondutores, os quais possuem propriedades intermediárias; e os supercondutores, materiais nos quais há mobilidade elétrica sem resistência.

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (1)$$

A corrente elétrica (equação 1) pode ser quantificada com a divisão da variação do fluxo de cargas, em Coulombs (C) pela variação de tempo, em segundos (s). Sua unidade de medida é designada ampere (A). A resistência (R) pode ser definida como a condição de dissipação da corrente por interação com os átomos que constituem o condutor, enquanto a diferença de potencial, ou tensão elétrica (V), é a capacidade de deslocamento de uma carga propiciado pelo campo eletromagnético em que ela está inserida. A resistividade (ρ) figura como a resistência específica de determinado material por unidade de comprimento.

$$R = \frac{V}{I} \quad (2)$$

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A} \quad (3)$$

É possível obter o valor da resistência ao dividir a diferença de potencial pela corrente elétrica (I) (equação 2), ou então ao multiplicar a resistividade pela divisão entre o comprimento do condutor (L) e a área da sua seção transversal (A) (equação 3).

O padrão de medida do Sistema Internacional de Unidades (SI) para resistência é a letra grega maiúscula ômega (Ω), lê-se **ohm**. A resistividade é medida em Ωm (lê-se **ohm-metro**). O comprimento do condutor é aferido em metros (m) e a área da seção transversal em metros quadrados (m^2).

CAMPO ELETROMAGNÉTICO EM ESPIRAS

Aproximar um ímã de uma superfície metálica oferece evidências da interação eletromagnética, proveniente de campos eletromagnéticos, pois há uma atração entre ela e o ímã. Os campos podem ser produzidos pelo movimento de partículas carregadas eletricamente em filamentos condutores. A magnitude do campo magnético gerado nos arredores de uma espira pode ser calculada com o auxílio da seguinte equação:

$$B(z) = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot R^2}{2(R^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}} \quad (4)$$

Na equação 4, $B(z)$ representa o valor numérico do campo eletromagnético (aferido em Teslas (T)); μ_0 representa a constante de resistividade (sua unidade de medida é o Henry-metro (H/m)), I representa a corrente elétrica; R o raio da espira e Z a distância do ponto de aferimento até o centro da espira, ambos aferidos em metros.

Sempre que um campo eletromagnético passa pelo interior de uma espira, nela surge uma corrente elétrica. Michael Faraday descobriu que correntes e forças eletromotrices só podem ser induzidas com a variação do fluxo do campo. A lei de Faraday propõe que o módulo da força eletromotriz em uma espira condutora é igual a taxa de variação do fluxo eletromagnético com relação ao tempo.

Para um enrolamento de N espiras, a lei pode ser expressa na seguinte forma:

$$\varepsilon = N \cdot \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (5)$$

A força eletromotriz (ε) tem sua unidade **volt** no SI; o fluxo magnético é aferido em Webers (Wb), e N pode figurar como quaisquer dos componentes do conjunto dos números naturais, como exceção do zero.

Em uma espira plana e com um campo eletromagnético uniforme atuante perpendicularmente ao seu plano, o fluxo magnético pode ser calculado da seguinte forma:

$$\Phi_B = B \cdot A \quad (6)$$

Na equação 6, B figura como campo eletromagnético e A como a área circular formada pela espira, em m^2 .

APLICAÇÃO TEÓRICA - EXPERIMENTAL DO MÉTODO DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Os primeiros momentos da primeira aula devem ser utilizados pelo docente para expor as aplicações práticas e conceituais dos conteúdos na vida cotidiana do profissional que se formará na graduação em que estão matriculados os discentes. Fatos curiosos sobre o conteúdo podem ser citados de maneira a cativar o alunado, pois neste momento tende a ocorrer o primeiro contato que haverá com os conceitos que serão aprofundados e demonstra-se relevante que seja desenvolvido interesse pela aprendizagem.

Posteriormente, os conteúdos são expostos *à priori* para que os discentes estejam completamente cientes sobre o que será demonstrado experimentalmente. Cabe salientar que a explicação dos fenômenos pode ser, em sua maior parte, explicada ou lembrada junto à experimentação. Apenas o conteúdo básico deve ser apresentado de maneira primária.

A sequência é constituída da integração da teoria com a prática por meio da elaboração do experimento. O regente da turma deve optar entre permitir que nesta etapa os discentes realizem a construção experimental em grupos ou individualmente. Esta escolha deve ter respaldo na decisão do professor de desenvolver prioritariamente habilidades individuais ou cooperativas em sua classe.

Logo após, com o objetivo (ou objetivos) definido para as etapas experimentais, os materiais necessários para a confecção do aparato devem ser listados para todos. No presente exemplo, os objetivos são acionar três *leds* e uma calculadora apenas com o uso do campo eletromagnético gerado, sem contato direto com filamentos ou pilhas. Os materiais utilizados são: 01 calculadora (cuja alimentação seja originalmente permitida por pilhas de 1,5 V); 03 *leds* vermelhos; 01 transistor C1815; 01 interruptor de energia; 30 metros de filamento de cobre e equipamento básico de solda.

O professor deve realizar todo o processo de montagem junto à sua classe para que esta tenha facilitada a compreensão das etapas de construção e execução. Além do experimento que deve ser construído, o docente pode propor a realização de cálculos com hipotéticas variações dos parâmetros e componentes utilizados, deste modo haverá imersão e desenvolvimento de habilidades do alunado nas mais diversas nuances que o aproveitamento do conteúdo oferece.

Vale-se ressaltar que a metodologia proposta neste documento não se apoia em todos os vieses da perspectiva ausubeliana. A elaboração do arquétipo pedagógico foi embasada em um olhar crítico sobre o corpo teórico da Teoria da Aprendizagem Significativa, com menos enfoque na transmissão oral de conteúdo, a qual David Ausubel defende que predomine nas primeiras etapas de cada ciclo de ensino de cada conteúdo.

FUNCIONAMENTO EXPERIMENTAL

Sempre que uma corrente elétrica passa por um condutor, em seus arredores gera-se um campo magnético. Devido a isso, a primeira etapa do experimento realizado ocupa-se da confecção dos condutores a serem transpassados por uma corrente elétrica. Dessa forma, devem ser confeccionadas 40 espiras com o diâmetro de 12,5 centímetro (cm), compostas por um filamento de cobre revestido com seção transversal de $2 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2$. O enrolamento deve ter as extremidades livres para que os demais componentes a elas sejam conectados, além de uma conexão composta por material condutor na espira número 20, a fim de permitir duplicar a extremidade.

Figura 2 - Enrolamento dos filamentos geradores de campo



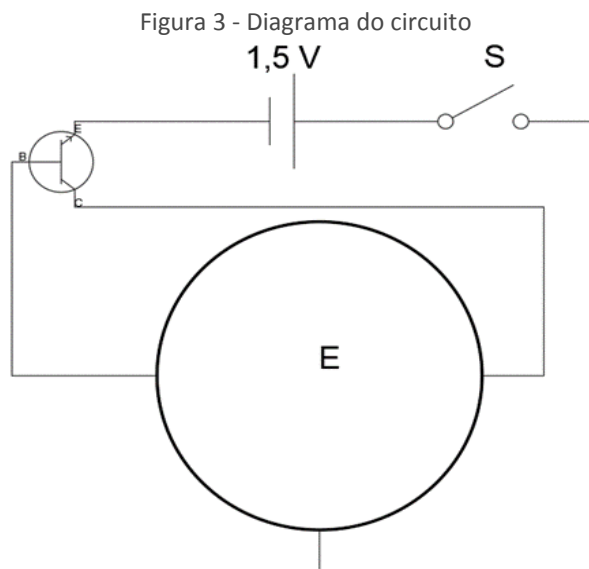
Fonte: Os autores, 2020.

Todas as extremidades e conexões devem ser previamente lixadas a fim de remover o revestimento do condutor. A fita isolante foi anexada para manter o enrolamento uniforme e compacto. Como fonte utiliza-se uma pilha alcalina de 1,5 V.

Para que o campo magnético se mantenha variável, implementa-se ao circuito um transistor do tipo C1815 que atua com pulsar de $300 \mu\text{s}$. Este dispositivo possui três conexões chamadas de base, coletor e emissor. Conecta-se o coletor na seção espiral transversal aparente (extremidade direita da **Figura 2**) enquanto insere-se o emissor no polo negativo da fonte. A base do transistor deve conectada à outra seção espiral aparente (extremidade esquerda). Posteriormente, conecta-se o polo positivo da fonte à espira de número 20.

Por praticidade, recomenda-se seccionar o condutor conectado ao polo positivo da fonte de modo a ser inserido um interruptor.

O funcionamento do circuito é garantido logo que, quando as cargas chegam à base do transistor, este é fechado e funciona como um condutor por permitir a passagem das correntes. A cada 300 μs , o transistor se abre e age como um isolante ao impedir a passagem de cargas. Logo após, o ciclo se repete n vezes.



Fonte: Os autores, 2020.

Na **Figura 3**, S representa o interruptor e E representa o enrolamento das 40 espiras.

Nas 40 espiras são utilizados aproximadamente 15,71 m de filamento. Definida a resistividade do cobre de $1,72 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}^2/\text{m}$, utiliza-se a equação 3 para determinar a resistência do sistema.

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A} = 1,72 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{15,71}{2 \cdot 10^{-7}} = 1,35 \Omega \quad (7)$$

Considera-se que a fonte de 1,5 V funcione de maneira ideal. Com os dados prévios que há com relação a ela (a resistência nominal calculada de 1,35 Ω), calcula-se a corrente com o uso da equação 2:

$$R = \frac{V}{I} \therefore I = \frac{V}{R} = \frac{1,5}{1,35} = 1,11 \text{ A} \quad (8)$$

Desta maneira, o componente principal do experimento está concluído.

Figura 4 - Dispositivo gerador de campo eletromagnético variável



Fonte: Os autores, 2020.

Logo que a espessura do enrolamento deve possuir cerca de 1 cm e o centro geométrico pode encontrar-se levemente deslocado, considera-se a distância ao ponto de cálculo do campo magnético como 1 cm. Dada a corrente $I = 1,11 \text{ A}$, o raio das espiras $R = 0,0625 \text{ m}$ e a constante de permeabilidade para o cobre igual a $1,257 \cdot 10^{-6} \text{ H/m}$, com o uso da equação 4 pode ser determinado o campo magnético gerado por 1 espira:

$$B(0,01) = \frac{1,257 \cdot 10^{-6} \cdot 1,11 \cdot 0,0625^2}{2(0,0625^2 + 0,01^2)^{\frac{3}{2}}} = 1,075 \cdot 10^{-5} \text{ T} \quad (9)$$

Logo que estão presentes 40 espiras, o campo eletromagnético total torna-se igual a: $4,3 \cdot 10^{-4} \text{ T}$ (pois $40 \cdot 1,075 \cdot 10^{-5} = 4,3 \cdot 10^{-4}$).

O intuito de gerar este campo eletromagnético alternado é de que ele atravesse um novo enrolamento de espiras, o que induz força eletromotriz suficiente para acionar uma calculadora científica comum de 1,5 V. Logo, o módulo do campo gerado deve ser suficiente para induzir a diferença de potencial necessária. Portanto torna-se necessário determinar o número de espiras para o segundo enrolamento e a suas respectivas áreas.

Devem ser consideradas as espiras como planas com um campo magnético uniforme atuante perpendicularmente ao plano espiral. A lei de Faraday enuncia que a força eletromotriz é proporcional ao fluxo eletromagnético, desde que a geometria das espiras não permita que se comportem como elementos retilíneos.

Logo, para uma espira, a lei de Faraday (equação 5) pode ser escrita como:

$$\varepsilon = \frac{d\Phi_B}{dt} = \frac{dBA}{dt} \quad (10)$$

Como a área das espiras é constante, seu valor pode ser isolado da diferencial:

$$\varepsilon = A \cdot \frac{dB}{dt} \quad (11)$$

Para o exemplo apresentado, temos definidos os valores de campo magnético e de tempo. Sabe-se que o pulsar do transistor tem um período de $300 \mu\text{s}$ e que o

valor do campo eletromagnético é igual a $4,3 \cdot 10^{-4}$ T. Assim a equação acima pode ser resolvida como um quociente entre dois acréscimos.

Logo que dy/dx é um quociente diferencial, interpreta-se dx como um acréscimo em x . Isso caracteriza dy como um acréscimo na ordenada da reta tangente. Deste modo, o quociente $\Delta y/\Delta x$ pode ser interpretado de modo a ser o valor aproximado para a taxa de variação da função mediante a mudança de x para $x + dx$ (GUIDORIZZI, 2001).

Portanto, ao assumir que a corrente do circuito diminui em taxa constante, podemos enunciar dB/dt como $\Delta B/\Delta t$:

$$\varepsilon = A \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} \quad (12)$$

Considerando uma espira de 0,15 m de raio, ao determinar sua área circular como $\pi \cdot 0,15^2$, em m^2 , obtemos a força eletromotriz ao substituir os dados na equação:

$$\varepsilon = \pi \cdot 0,15^2 \frac{4,36 \cdot 10^{-4} - 0}{300 \cdot 10^{-6} - 0} = 0,1027 \text{ V} \quad (13)$$

Deste modo, 15 espiras com as especificações iguais a utilizada na fórmula acima são suficientes a obtenção de 1,5 V, valor preterido para o funcionamento do experimento ($\varepsilon = 15 \cdot 0,1027 = 1,54 \text{ V}$)

As espiras devem ser confeccionadas com pequenas sobras de filamento nas extremidades, estas destinadas à conexão da calculadora.

Figura 5 - Espiras a serem conectadas à calculadora.



Fonte: Os autores, 2020.

Com o dispositivo gerador de campo ligado e presente no interior do enrolamento representado na **Figura 5**, gera-se o campo magnético induzido.

Por fim, as extremidades do enrolamento externo de espiras devem ser ligadas aos conectores de energia da calculadora. Definido o sentido horário para o trajeto da corrente, o condutor do lado direito (em consideração ao arranjo presente na **Figura 6**) deve ser ligado ao conector negativo do dispositivo de cálculo, enquanto

o do lado esquerdo liga-se ao positivo. Ao acionar o interruptor e aproximar os enrolamentos, a calculadora pode ser ligada sem conexão material com a fonte de energia (o dispositivo gerador de campo).

Figura 6 - Teste de funcionamento da calculadora.

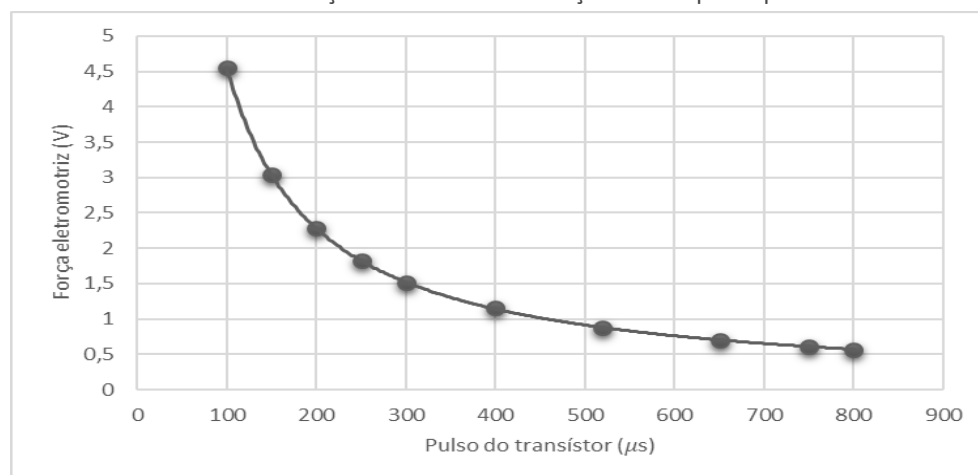


Fonte: Os autores, 2020.

PARÂMETROS DE GRANDE INFLUÊNCIA NO FUNCIONAMENTO

O número de espiras e a área formada por elas são evidentemente dois pontos muito impactantes na geração do campo magnético e da força eletromotriz. A escolha do modelo do transistor, bem como da distância entre os dispositivos, oferece significativa variação na voltagem fornecida. O **Gráfico 1** evidencia a variação de força eletromotriz gerada com diferentes tempos de pulsar, com os demais parâmetros experimentais mantidos idênticos ao experimento respaldado. A proposição da variação dos parâmetros pode ser proposta como fator pedagógico e passível de teste teórico e experimental pelo alunado.

Gráfico 1 - Força eletromotriz em função do tempo de pulso



Fonte: Os autores, 2020.

As consequências pertinentes da variação da distância vertical entre os centros do gerador de campo magnético e das espiras de indução podem ser observadas na **Tabela 2**.

Tabela 2 - Força eletromotriz em função da distância

Distância (cm)	Campo magnético (T)	Força eletromotriz (V)
0,1	$4,46 \cdot 10^{-4}$	1,58
0,5	$4,42 \cdot 10^{-4}$	1,56
1	$4,30 \cdot 10^{-4}$	1,52
1,5	$4,11 \cdot 10^{-4}$	1,45
2	$3,86 \cdot 10^{-4}$	1,36
3	$3,27 \cdot 10^{-4}$	1,16

Fonte: Os autores, 2020.

Deve ser denotado que, em situações reais, sempre haverá distância entre os enrolamentos de espiras e o gerador de campo magnético, mesmo que ambos sejam colocados em uma superfície plana, devido a diferença de espessura entre eles, bem como a própria irregularidade do formato, moldado manualmente.

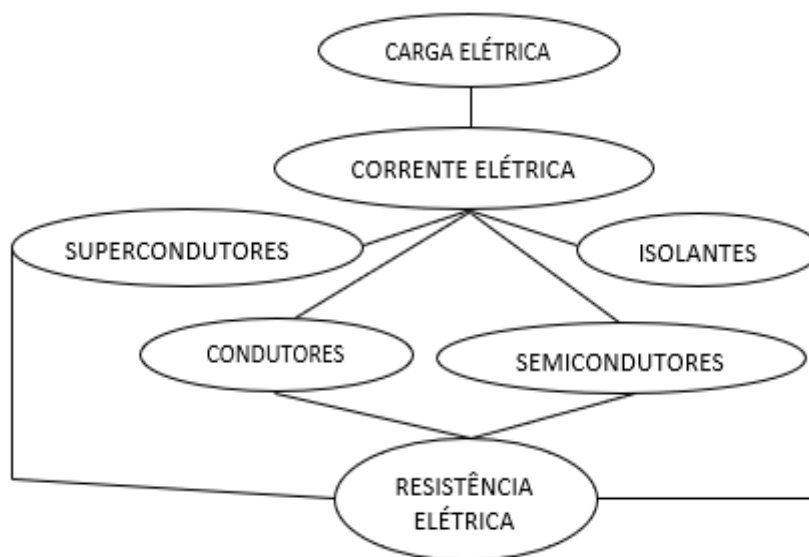
Deve ser ressaltado que não há limite de dispositivos a utilizarem o campo magnético gerado. Este fato pode ser comprovado experimentalmente ao elaborar um novo enrolamento, desta vez menor, para acionar alguns *leds*. As espiras responsáveis por acender os *leds* e as que fornecem energia à calculadora compartilham do campo magnético, bem como, quantos mais dispositivos/enrolamentos sejam adicionados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estrutura sequencial das aulas hipotéticas pode ser exposta em dois mapas conceituais (figuras 7 e 8), similarmente à estruturação apresentada na **Figura 1** (p.3 desse trabalho). Esses mapas conceituais representam uma das possibilidades da sequenciação de conteúdos das aulas de modo que ocorra uma estruturação coincidente do conteúdo para com os subsunçores da TAS. O professor pode optar por ordenar de modo diferente, com a apresentação de conceitos que serão necessários para a compreensão de uma formulação, antes de apresentar ou após apresentar ela à classe, por exemplo.

Os mapas conceituais podem ser apresentados para o alunado no início das aulas para que possam atuar como organizadores prévios e para que os discentes se sintam ainda mais ativos em seu processo de aprendizagem e possam acompanhar o ritmo real do trabalho em sala de aula.

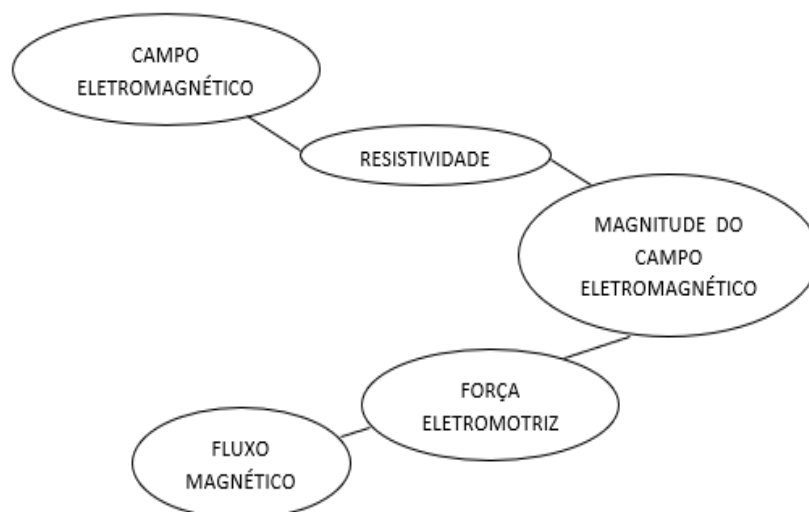
Figura 7 - Primeira parte da sequenciação significativa dos conteúdos



Fonte: os autores, 2020.

O processo de aprendizagem significativa permitida pela aplicação da TAS claramente traz uma melhoria no processo de ensino. A integração da metodologia experimental com a TAS apresenta potencial de eficiência maior do que cada qual em separado, pois assimila a sequenciação lógica e facilitadora dos conteúdos e o reconhecimento do conhecimento prévio do alunado com a aprendizagem ativa e possibilitadora de maior emprego dos sentidos. Com isso, um número grande de técnicas eficazes para o aprimoramento de ensino que cooperam integram uma só metodologia.

Figura 8 - Segunda parte da sequenciação significativa dos conteúdos



Fonte: os autores, 2020.

CONCLUSÃO

As problemáticas apresentadas desde a introdução até o referencial bibliográfico são a deficiência da efetividade do ensino puramente expositivo ou teórico e a falta de equiparação entre a realidade vivida pelo estudante de Física ou das engenharias no ambiente acadêmico e o que o mercado de trabalho oferece nas referidas áreas.

A metodologia pedagógica proposta que combina a TAS e o ensino por experimentação tem potencial teórico para resolver ou atenuar as problemáticas mencionadas. O exemplo apresentado demonstra-se eficaz para o ensino-aprendizagem e abordou propositalmente conceitos de Física III e Eletromagnetismo, pois tópicos destas disciplinas costumam gerar confusões e falsas assimilações ou constatações nos estudantes devido a serem tópicos nos quais costumam ser exigidos muito exercício teórico e de imaginação do alunado. Portanto, se a metodologia apresenta potencial de efetividade em algumas das disciplinas mais temidas pelos estudantes, para com as demais matérias certamente a probabilidade de sucesso tende a ser igual ou superior.

Entretanto, como fora citado anteriormente, a metodologia proposta requer a integração de uma ou mais técnicas de avaliação para que o corpo teórico fique mais completo. Ademais, torna-se necessário que a metodologia seja aplicada em diversas oportunidades para que o seu grande potencial de eficácia seja comprovado.

Coercion of the Meaningful Learning Theory and experimental teaching as a methodology for teaching Physics in higher education

ABSTRACT

The Physics discipline assumes a prominent role for presenting great possibilities for experimental application, and precisely for this reason it becomes an attraction for students to enter the universe of exact and technological sciences. However, the experimental practice is often suppressed in the academic environment due to the expository methodologies adopted by many professors, underutilizing laboratory structures in universities and can cause a great unproductiveness in learning the discipline. This work aims at conceiving a methodological model aimed at mitigating the mechanization of physics teaching, through active methodologies, in the search for solid learning through the immersion between theory and experimentation guided by the Meaningful Learning Theory, which is based on the concept of that learning occurs through the cognitive hierarchical association of information. This document presents an example of the pedagogical methodology focused on the discipline of Physics III or Electromagnetism, in which, together with theoretical learning, knowledge occurs through experimentation, through the construction of an experimental prototype aimed at the generation and use of an alternating magnetic field capable of to induce an electromotive force sufficient to activate a common scientific calculator and a set of LEDs. The proposed pedagogical methodology provides the design of a classroom permissive to meaningful learning, which makes students active subjects in their training. The model induces the possibility of significant improvements in the assimilation of the content, which brings with it the ability of the students of these graduations to build an effective and conscious social fabric.

KEYWORDS: Meaningful learning; University education; Experimentation; Induction.

Coerción de la Teoría del Aprendizaje Significativo y la enseñanza experimental como metodología para la enseñanza de la Física en la educación superior

RESUMEN

La disciplina Física presenta grandes posibilidades de aplicación experimental, por lo que se convierte en un atractivo para que los estudiantes ingresen al universo de las ciencias exactas y tecnológicas. Sin embargo, la práctica experimental a menudo se suprime en el ámbito académico debido a las metodologías expositivas adoptadas por muchos profesores, infrautilizando las estructuras de laboratorio en las universidades y provocando así una improductividad en el aprendizaje de la disciplina. Este trabajo tiene como objetivo concebir un modelo metodológico orientado a mitigar la mecanización de la enseñanza de la física a través de metodologías activas en la búsqueda de aprendizajes sólidos a través de la inmersión entre la teoría y la experimentación guiada por la Teoría del Aprendizaje Significativo, que se sustenta en el concepto de que el aprendizaje ocurre a través de la asociación jerárquica cognitiva de información. Este documento presenta un ejemplo de la metodología pedagógica centrada en la disciplina de Física III o Electromagnetismo, en la que, junto con el aprendizaje teórico, el conocimiento se da a través de la experimentación mediante la construcción de un prototipo experimental dirigido a la generación y uso de un campo magnético alterno capaz de inducir una fuerza electromotriz, en un devanado de espirales de metal, suficiente para activar una calculadora científica común y un conjunto de LED. La metodología pedagógica propuesta proporciona el diseño de un aula permisiva al aprendizaje significativo, que convierte a los estudiantes en sujetos activos en su formación. El modelo induce la posibilidad de mejoras significativas en la asimilación de los contenidos, lo que trae consigo la capacidad de los alumnos de estas graduaciones para construir un tejido social efectivo y consciente.

PALABRAS CLAVE: Aprendizaje significativo; Enseñanza superior; Experimentación; Inducción.

REFERÊNCIAS

GIANI, K. **A experimentação no Ensino de Ciências**: possibilidades e limites na busca de uma aprendizagem significativa. 2010. 190 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ensino de Ciências, Universidade de Brasília, Brasília, 2010. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/fevereiro2013/ciencias_artigos/dissertacao_experimentacao_2010_KellenGiani.pdf. Acesso em: 13 out. 2020.

GIOPPO, C; SCHEFFER, E. W. O; NEVES, M. C. D. O ensino experimental na escola fundamental: uma reflexão de caso no paraná. **Educar em Revista**, [S.L.], n. 14, p. 39-57, dez. 1998. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0104-4060.180>. Acesso em: 10 dez. 2020.

GUIDORIZZI, H. L. **Um Curso de C culo**. 5. ed. São Paulo: Ltc, 2001. 652 p.

HALLIDAY, D; RESNICK, R; WALKER, J. **Fundamentos de Física**: Eletromagnetismo. 9. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2012. 388 p.

MOREIRA, M. A; MASINI, E. S. **Aprendizagem Significativa**. 2. ed. São Paulo: Centauro, 1982. 112 p.

PELIZZARI, A. *et al.* Teoria da Aprendizagem Significativa Segundo Ausubel. **Revista Pec**, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 37-42, jul. 2002. Disponível em: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/materiais/0000012381.pdf>. Acesso em: 11 out. 2020.

PIAGET, J. **Para onde vai a educa o?** São Paulo: José Olympio, 2010. 128 p.

ROSA, C. W. da. Concep es Teórico-metodológicas no Laboratório Didático de Física na Universidade de Passo Fundo. **Ensaio**, Belo Horizonte, v. 5, n. 2, p. 94-108, out. 2003. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4008/2572>. Acesso em: 10 dez. 2020.

SANTIAGO, Paulo Eduardo de Souza. Ensino Superior e Mercado de Trabalho: a dificuldade dos profissionais do ensino superior para entrar no mercado de trabalho. **Revista Multidisciplinar em Educa o e Saúde da Faculdade Regional Jaguari bana**, Alto Santo, v. 1, n. 1, p. 42-49, nov. 2016. Disponível em: <https://www.faculdadepius.edu.br/wp-content/uploads/2016/11/06-Artigo-ENSINO-SUPERIOR-E-MERCADO-DE-TRABALHO.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2020.

Recebido: 15 de novembro de 2020.

Aprovado: 11 de dezembro de 2020.

DOI:

Como citar: COLAÇO, M.; AIOLFI, E. B.. Coação da Teoria da Aprendizagem Significativa e do ensino experimental como metodologia para o ensino de Física no ensino superior, **Revista Brasileira de Física Tecnológica Aplicada**, Ponta Grossa, v. 7, n.2, p. 54-72, dez. 2020.

Contato: Moisés Colaço: moises.colaco.15@outlook.com

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

