

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANÁ  
CAMPUS DE PARANAVÁÍ  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E DA EDUCAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO  
FORMAÇÃO DOCENTE INTERDISCIPLINAR - PPIFOR**

**RODRIGO DA SILVA CARVALHO**

**UMA PROPOSTA STEAM NO CONTEXTO DA TEORIA DE  
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL**

**RODRIGO DA SILVA CARVALHO**

**PARANAVÁÍ  
2020**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANÁ  
CAMPUS DE PARANAVAI  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E DA EDUCAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO  
FORMAÇÃO DOCENTE INTERDISCIPLINAR – PPIFOR**

**UMA PROPOSTA STEAM NO CONTEXTO DA TEORIA DE  
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL**

**RODRIGO DA SILVA CARVALHO**

**PARANAVAI  
2020**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANÁ  
CAMPUS DE PARANAVÁI  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E DA EDUCAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO  
FORMAÇÃO DOCENTE INTERDISCIPLINAR - PPIFOR**

**UMA PROPOSTA STEAM NO CONTEXTO DA TEORIA DE  
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL**

Dissertação apresentada por Rodrigo da Silva Carvalho, ao Programa de Pós-Graduação em Ensino da Universidade Estadual do Paraná – Campus de Paranavaí, como um dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ensino. Área de Concentração: Formação Docente interdisciplinar.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dra. Shalimar Calegari Zanatta.

PARANAVÁI  
2020

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
(Biblioteca IFPR, Instituto Federal do Paraná – Campus Paranavaí)

C331p Carvalho, Rodrigo da Silva

Uma proposta STEAM no contexto da teoria de aprendizagem significativa de Ausubel / Rodrigo da Silva Carvalho.  
Paranavaí: Universidade Estadual do Paraná, 2020. 135 f.

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Shalimar Calegari Zanatta. Dissertação (Mestrado) apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino Formação Docente Interdisciplinar- PPIFOR, da Universidade Estadual do Paraná- UNESPAR, Campus Paranavaí, 2020.

1. STEAM. 2. Ciência – Ensino-Aprendizagem 3. Teoria da Aprendizagem Significativa - TAS. 4. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS. I. Zanatta, Shalimar Calegari. II. Universidade Estadual do Paraná. III. Título.

(23. ed.) CDD: 372.72

Bibliotecária Responsável/ Zineide Pereira dos Santos CRB9/1577

RODRIGO DA SILVA CARVALHO

**UMA PROPOSTA STEAM NO CONTEXTO DA TEORIA DE APRENDIZAGEM  
SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL**

**BANCA EXAMINADORA**

Profa. Dra. Shalimar Calegari Zanatta (Orientadora)  
UNESPAR – Campus de Paranavaí

Profa. Dra. Marcia Regina Royer  
UNESPAR – Campus de Paranavaí

Profa. Dra. Hercília Pereira Carvalho  
UFPR – Campus de Jandaia do Sul

Data de Aprovação:  
29/05/2020.

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, pois a ele, toda honra e toda a glória. A minha Família, a minha linda esposa e ao meu filho amado.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pelo dom da vida, pela fé e perseverança para vencer os obstáculos. A minha digníssima esposa e companheira Daiany pelo apoio e incentivo durante todo o processo de formação acadêmica; ao meu filho Rodrigo João por ser a minha motivação de querer melhorar sempre, e aos meus pais Rosenildo e Sônia, por tudo que me proporcionaram como cidadão e pessoa de bem, sendo um espelho de vida para mim. Ao meu irmão Rovane, meus sogros João e Marli que sempre acreditaram em mim e aos meus amigos que sempre estiveram ao meu lado.

À Professora Doutora Shalimar Calegari Zanatta, minha orientadora, que me possibilitou aprendizagens únicas, por meio do grande incentivo e orientação que me foram concedidos durante essa jornada, pela sua disponibilidade, interesse e receptividade com que me recebeu.

Um agradecimento à Professora Doutora Marcia Regina Royer pelo incentivo ao longo do curso e por todos os conselhos e aprendizados compartilhados.

À Professora Doutora Hercília Pereira Carvalho integrante da minha banca examinadora, por todas as correções e contribuições para este trabalho. À Professora Doutora Rosangela Jovino Alves, pela disposição em me ajudar com as correções ortográficas.

Agradeço aos colegas do mestrado e todos os professores do Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Formação Docente Interdisciplinar – PPIFOR, da UNESPAR, campus de Paranavaí, por tudo o que com eles aprendi e por partilharem a construção do meu estudo.

Enfim, sou grato a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para realização deste trabalho.

“A gravidade explica os movimentos dos planetas, mas não pode explicar quem colocou os planetas em movimento. Deus governa todas as coisas e sabe tudo que é ou que pode ser feito”. (Isaac Newton).

CARVALHO, Rodrigo Silva. **UMA PROPOSTA STEAM NO CONTEXTO DA TEORIA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL**. 135f. Dissertação (Mestrado em Ensino) – Universidade Estadual do Paraná – Campus de Paranavaí. Orientadora: Shalimar Calegari Zanatta. Paranavaí, 2020.

## RESUMO

O processo de ensino-aprendizagem em Ciências se constitui o maior desafio entre todas áreas do saber. Além das dificuldades inerentes aos processos de ensino e de aprendizagem, a Ciência, especificamente, está inserida no contexto do desenvolvimento tecnológico e, portanto, econômico, o que torna seus saberes intrincados numa rede mais complexa entre políticas fragmentárias e nem sempre explícitas. Assim, discutir o processo de ensino-aprendizagem em Ciências tem se tornado cada vez mais necessário. É nesse contexto que este trabalho se insere. Apresentamos uma discussão sobre temas considerados relevantes ao processo de ensino-aprendizagem de Ciências e, como resultado, apresentamos uma proposta didático-metodológica. Essa proposta tem o desafio de buscar o equilíbrio entre os papéis do aluno e do professor como agente transmissor do conhecimento no contexto da Educação STEAM (acrônimo formado pelas iniciais dos nomes, em inglês, das disciplinas Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática). A Educação STEAM foi divulgada inicialmente pelos Estados Unidos na década de 90 como a solução do processo educacional para o século XXI, em que a criatividade e autonomia do aluno são parâmetros importantes. A proposta didático-metodológica aqui desenvolvida está pautada na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel (TAS) e apresentada na forma de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) com 05 momentos didáticos, os quais incluem a construção de um carrinho de luz.

**Palavras-chave:** STEAM. UEPS. TAS.

CARVALHO, Rodrigo Silva. A STEAM PROPOSAL IN THE CONTEXT OF AUSUBEL'S SIGNIFICANT LEARNING THEORY. 135f. Dissertation (Master in Teaching) - Paraná State University - Paranavaí Campus. Advisor: Shalimar Calegari Zanatta. Paranavaí, 2020.

### **ABSTRACT**

The teaching-learning process in Sciences is the biggest challenge among all areas of knowledge. In addition to the difficulties inherent in the teaching and the learning processes, Science, specifically, is inserted in the context of technological and, therefore, economic development, which makes its knowledge intricate in a more complex network between fragmentary and not always explicit policies. Thus, discussing the teaching-learning process in Sciences has become increasingly necessary. It is in this context that this work is inserted. We present a discussion on topics considered relevant to the science teaching-learning process and, as a result, we present a didactic-methodological proposal. This proposal has the challenge of seeking a balance between the roles of the student and the teacher as an agent that transmits knowledge in the context of STEAM Education (acronym formed by the initials of the names, in English, from the disciplines Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics). STEAM Education was initially publicized by the United States in the 90s as the solution of the educational process for the 21st century, in which student creativity and autonomy are important parameters. The didactic-methodological proposal developed here is guided by David Ausubel's Theory of Meaningful Learning (TAS) and presented in the form of a Potentially Meaningful Teaching Unit (UEPS) with 05 didactic moments, which include the construction of a light cart.

Keywords: STEAM. UEPS. TAS.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação do organizador prévio como facilitador da ancoragem seletiva .....	49
Figura 2: Representação da aprendizagem significativa subordinada .....	51
Figura 3: Esquema do processo de dissociação em um determinado período da aprendizagem .....	52
Figura 4: Gráfico da variação da velocidade do motor com a intensidade de iluminação .....	64
Figura 5: VM1 construído com o kit eletrônico econômico .....	66
Figura 6: Formato do chassi de papelão .....	67
Figura 7: Colagem de canudinhos no chassi de papelão para a sustentação dos eixos .....	68
Figura 8: Colocação das rodas no chassi .....	68
Figura 9: Cortando e dobrando um CD para construção da hélice .....	69
Figura 10: O circuito eletrônico do VM1 .....	70
Figura 11: Montagem do circuito em ponte de terminais .....	71
Figura 12: Soldando os componentes na ponte de terminais .....	71
Figura 13: Soldando o suporte de pilhas .....	71
Figura 14: Soldando os fios do motor .....	72
Figura 15: Colando o suporte de pilhas .....	72
Figura 16: Fixação da ponte de terminais no chassi do veículo mecatrônico .....	72
Figura 17: O VM1 pronto e em funcionamento .....	73
Figura 18: Diagrama esquemático para a disposição dos elementos constituintes do material .....	74
Figura 19: Os sete Modelos de células unitárias dos arranjos cristalinos .....	75
Figura 20: Estrutura cristalina do cloreto de sódio (sal comum) .....	75
Figura 21: Os quatorze modelos de células unitária da rede de Bravais .....	76
Figura 22: Diagrama de Linus Pauling .....	77
Figura 23: Modelo de uma banda de energia.....	78
Figura 24: Diagrama esquemático para o salto de elétrons livres da banda de valência para a banda de condução.....	79
Figura 25: Representação das bandas de energia para os isolantes, metais e semicondutores .....	80

Figura 26: Modelo de ligações químicas de semicondutores .....	80
Figura 27: Desenho esquemático de uma impureza pentavalente adicionada a um cristal de Si ou Ge .....	82
Figura 28: Desenho esquemático de uma impureza trivalente adicionada a um cristal de Si ou Ge .....	83
Figura 29: Junção dos semicondutores P e N.....	83
Figura 30: Junção P e N Polarização direta .....	84
Figura 31: Junção P e N Polarização reversa .....	84
Figura 32: Representação do resistor LDR e seu símbolo elétrico .....	85
Figura 33: Esquema de como funciona a iluminação pública durante o dia .....	86
Figura 34: Esquema de como funciona a iluminação pública durante a noite .....	87
Figura 35: Representação de Transistores PNP e NPN .....	88
Figura 36: Símbolos de transistores: (a) PNP; (b) NPN .....	89
Figura 37: Diagrama esquemático para um transistor NPN: conduzindo e não conduzindo corrente elétrica .....	90
Figura 38: Modelo do transistor Darlington (TIP-122) .....	91
Figura 39: Esquema de uma UEPS .....	92
Figura 40: Ciclo da STEAM .....	93

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Conteúdos que podem ser trabalhados a partir do protótipo VM1 .....	65
Quadro 2: Lista dos componentes eletrônicos do veículo mecatrônico VM1 .....	67
Quadro 3: Características dos sete sistemas cristalinos .....	75

## LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
LDB	Leis de Diretrizes Básicas
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
PSSC	Physical Science Study Committee
TAS	Teoria da Aprendizagem Significativa
UEPS	Unidade de Ensino Potencialmente Significativa
STEAM	Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics
EF	Efeito Fotoelétrico
NFS	National Science Foundation
USP	Universidade de São Paulo
UFMT	Universidade Federal do Mato Grosso
REAMEC	Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática
LDR	Resistor Dependente de Luz
TBJ	Transistor Bipolar de Junção
BC	Banda de Condução
BV	Banda de Valência
GAP	Banda Proibida
VM1	Veículo de Propulsão por Hélice e Circuito Eletrônico com Transistor
VM2	Veículo de Propulsão por Engrenagem e Circuito Eletrônico com Transistor
VM3	Veículo de Propulsão por Polia e Circuito Eletrônico com SCR
PEF	Projeto de Ensino de Física
FAI	Física Auto Instrutiva
GRAF	Grupo de Reelaboração do Ensino de Física
USAID	United States Agency for International Development
MEC	Ministério da Educação e Cultura
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
USAID	United States Agency for International Development
MNR	Mostra Nacional de Robótica
IRS	Instituto Rogério Stenberg
NASA	National Aeronautics and Space Administration

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>20</b>
2.1 O ensino das Ciências no Brasil .....	20
2.1.2 Os projetos de ensino de Física .....	24
2.1.3 A formação do professor .....	26
2.2 A influência do Construtivismo no ensino das Ciências .....	27
2.3 A importância da Interdisciplinaridade no ensino .....	32
2.4 Educação STEAM .....	35
2.5 A aprendizagem significativa: Teoria de David Ausubel (TAS) .....	44
2.5.1 UEPS – Unidade de Ensino Potencialmente Significativa.....	56
<b>3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO .....</b>	<b>62</b>
3.1 Descrição do carrinho de luz.....	62
3.1.2 Metodologia de construção do carrinho de luz.....	66
3.2 Conteúdos das Ciências .....	74
3.2.1 Estruturas Cristalinas .....	74
3.2.2 Semicondutores, resistor LDR e o Transistor Darlington .....	76
<b>4. UMA PROPOSTA UEPS NO CONTEXTO STEAM .....</b>	<b>92</b>
4.1 Momentos Didáticos.....	94
4.1.2 Primeiro momento .....	94
4.1.3 Segundo momento .....	95
4.1.4 Terceiro momento .....	96
4.1.4 Quarto momento .....	98
4.1.5 Quinto momento .....	100
4.2 Análises e Discussões da proposta.....	103
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>108</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>111</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>120</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Neste trabalho, partimos da premissa de que o que o ensino das Ciências, no Brasil, é pouco eficiente, e isso pode ser atribuído a vários fatores, entre eles: a descentralização do papel do professor, sua má formação, metodologias ineficazes, crença de uma Ciência positivista, políticas públicas fragmentadas, entre outros. Não é possível, dentro do escopo deste trabalho, abordar todos esses temas, mas podemos apresentar alguns tópicos relevantes para melhor fundamentar sua motivação.

No Brasil, o ensino de Ciências foi negligenciado por muitos anos. Sua obrigatoriedade foi promulgada em 21 de dezembro de 1961, pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação – LDB nº 4.024 (BRASIL, 1961). Entretanto, antes de sua consolidação, devido ao golpe Militar de 1964, a escola deixou de se preocupar com a formação do cidadão em detrimento da formação do trabalhador, a qual valoriza a mão de obra específica, como ditada pelo modelo toyotista. Assim, os conteúdos foram fragmentados e a compreensão de um fenômeno natural ficou impossibilitada para o aluno.

Os investimentos na educação não acompanharam o aumento da demanda social, o que levou determinados órgãos governamentais brasileiros a recorrerem a parcerias com organizações internacionais, por exemplo a *United States Agency for International Development* (USAID). Grosseiramente falando, as parcerias influenciaram o processo educacional de tal forma que o ensino das Ciências (Química, Física e Biologia) chegou a ser trabalhado por projetos, nos quais os alunos seguiam instruções programadas, sem a necessidade do professor como agente transmissor do conhecimento.

Essa forma de “ensinar” Ciência está inserida no contexto da pedagogia comportamentalista, numa crença de que a Ciência se desenvolve pelo empirismo, que fundamenta o Método Científico (MOREIRA, 2000). Para Gaspar (1997), a expropriação do papel do professor como agente transmissor do conhecimento justifica, pelo menos parcialmente, o fracasso do processo de ensino-aprendizagem.

Na década de 80, de acordo com Rosa e Rosa (2012), cresce a defesa da necessidade do professor em promover a interdisciplinaridade. Sem que essa ação tenha um significado claro e unânime no processo, podemos dizer que se traduziu basicamente como uma ação sobre a escolha de conteúdos relacionados ao

cotidiano do aluno. Essas ações promoveram a relativização dos conteúdos e, conseqüentemente, o esvaziamento do currículo. No entanto, acreditamos, assim como Newton Duarte (2001), que o papel da escola é transmitir o conhecimento acumulado pela humanidade, objetivando a formação completa do cidadão na condição de ser humano. Essa linha de defesa vai na contramão da transmissão de conhecimento prático e aplicado para fins imediatos das soluções de problemas.

Na década de 90, surge o movimento 'Construtivista'<sup>1</sup> como consequência do escolanovista, ou neoescolanovista. Para Saviani (2010), 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 de vários países, incluindo o Brasil. Para o referido autor, encontra-se no Construtivismo a teoria que veio dar base científica para o lema pedagógico "aprender a aprender" e para os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), propostos pelo Ministério da Educação (MEC) em 1997.

A ideia central do movimento construtivista defende a importância da atividade mental do aprendiz nos processos de aquisição de conhecimento. "É, antes de mais nada, uma construção histórica e social, na qual interferem fatores de ordem cultural e psicológica" (BRASIL, 1997, p.37).

A primeira década de 2000 foi marcada pelas discussões sobre a necessidade de conteúdos significativos, interpretados como conteúdos do cotidiano do aprendiz, devido à interdisciplinaridade e a metodologias ativas (metodologias que viabilizam o aprendiz descobrir os conceitos científicos) em atendimento ao movimento construtivista.

Duarte (2001) nos alerta que o lema "aprender a aprender" deu novos significados ao papel da escola. Ao invés dela ser responsável pela transmissão do conhecimento acumulado pela humanidade, passou a ser responsável pela adaptação dos indivíduos a uma sociedade capitalista em constante mudanças.

Nesse sentido, podemos dizer que a expropriação do papel do professor como transmissor do conhecimento acumulado pela sociedade voltou à tona com um discurso diferenciado.

---

<sup>1</sup> Construtivista foi colocado entre aspas por se tratar de um tema amplo e não consoante. Não é escopo deste trabalho abordar este tema em sua íntegra. O utilizaremos apenas como um conceito empírico apresentado, utilizado nas escolas na década de 90.

Falando do ensino de Ciências, especificamente, a corrente filosófica positivista legitimou a pedagogia construtivista, centrada do aprendiz. Ou seja, legitimou o Método Científico pautado na observação, acúmulo de evidências, formulação de hipóteses, que afiança as metodologias didático-pedagógicas que colocam o aluno como responsável e balizador da sua aprendizagem.

Diante desse quadro, a retomada do professor como centro do processo de ensino só será possível com a melhoria do processo de formação do professor. É nesse processo que ele ganha elementos para avaliar criticamente toda complexidade envolvida no processo de ensino-aprendizagem.

Diante do exposto, nos preocupamos com a implantação, por si só, de metodologias inovadoras instauradas em outros países. A exemplo disso, a Educação STEAM, acrônimo formado pelas iniciais dos nomes, em inglês, das disciplinas Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática, tem sido uma promessa de eficiência para o ensino interdisciplinar das Ciências. A Educação STEAM valoriza o conhecimento interdisciplinar e os processos criativos do aluno para levar o conhecimento aprendido à sua aplicação tecnológica. Nesse sentido, utilizar a proposta da Educação STEAM num contexto adequado entre os limites do papel do professor e aluno, validado por conteúdos “poderosos”, traduzidos como aqueles acumulados pela humanidade, é um desafio.

É exatamente aqui que se insere nosso trabalho. Trata-se de uma proposta didático-metodológica, denominada Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), utilizando elementos da Educação STEAM nos pilares teóricos da Teoria da Aprendizagem de Ausubel, TAS.

Assim, na seção 2, apresentamos uma revisão bibliográfica para que o leitor possa compreender a motivação para o desenvolvimento deste trabalho. Para isso, apresentamos o processo histórico do ensino de Ciências no Brasil, as influências da interdisciplinaridade, do Construtivismo e da formação do professor para o processo de ensino-aprendizagem. Abordamos, também, o conceito da Educação STEAM e a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel.

Na seção 3, apresentamos os procedimentos metodológicos para a construção de um carrinho mecatrônico, ou carrinho de luz, objeto protagonista para o desenvolvimento da nossa UEPS. Além disso, apresentamos uma revisão dos conteúdos de Ciências possíveis de serem abordados, como: efeito fotoelétrico,

estrutura cristalina, semicondutores, propriedades elétricas do Resistor Livre de Luz (LDR) e do Transistor Bipolar de Junção.

Na seção 4, apresentamos nossa proposta didático-pedagógica, dividida em cinco momentos didáticos. Na sequência, por fim, apresentamos as considerações finais a que a elaboração desta pesquisa nos permitiu chegar. Como principal resultado, entendemos que a finalização deste trabalho não representa o término de uma discussão, mas contribui para alavancar novas discussões que contribuem para a formação do professor, que é o sujeito protagonista para o processo de ensino, enquanto o aluno é indiscutivelmente o protagonista do processo de aprendizagem. Essa simbiose didática deve respeitar limites e funções de cada protagonista envolvido: professor e aluno.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta seção trata de uma revisão bibliográfica, a qual justifica as motivações para a realização deste trabalho. Abordaremos de forma horizontal diferentes tópicos que configuram a complexidade do processo de ensino-aprendizagem em Ciências no Brasil.

### 2.1 O ensino das Ciências no Brasil

As Ciências, desenvolvidas por cientistas, buscam interpretar fenômenos da natureza, observáveis ou não, e descrever sua organização. Quanto ao ensino de Ciências, no Brasil, os objetivos nunca foram claros. Vagando entre a formação de cientistas e a formação de cidadãos conscientes, o ensino de Ciência nunca recebeu a devida atenção. Reflexo disso é que 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.

Antes que o Brasil pudesse encontrar novos caminhos para consolidar o processo de ensino-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<sup>2</sup>.

Nessa linha de conexão direta entre Ciência e Tecnologia, na década de 1960, o Brasil adotou a pedagogia dos “Projetos”, a qual enfatizava uma metodologia behaviorista em que o aluno deveria seguir a Instrução Programada. Apesar de essa dinâmica metodológica ter falhado em todos os países que a empregaram, no Brasil ela serviu para que os pesquisadores e professores discutissem o ensino de Ciências (Física, Química e Biologia). Assim, discutiu-se, por exemplo, a reprodução dos experimentos pelos alunos, como sugerido pelo material didático, a observação dos resultados e o preenchimento das lacunas ou

---

<sup>2</sup> Fixa Diretrizes e Bases para o ensino de 1º e 2º grau, e dá outras providências. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1970-1979/lei-5692-11-agosto-1971-357752-publicacaooriginal-1-pl.html>>. Acesso em: 27 dez. 2019.

dos questionamentos no caderno de atividades garantiriam, supostamente, a aprendizagem (MOREIRA, 2000).

Como tentativa de buscar melhorias para a qualidade do processo de ensino-aprendizagem, os intelectuais começaram a discutir a “escola ativa”, baseada nas ideias pedagógicas de Dewey. Nessa dinâmica, o aluno é o centro do processo de ensino-aprendizagem, e o professor é o mediador dos conhecimentos.

Essa crença metodológica é ressonante com as vertentes epistemológicas da Ciência, sendo esta o resultado de um processo empírico – indutivo, acumulativo, linear, invariável e universal, descrito pelo método científico. A união entre as crenças epistemológicas sobre as áreas científicas e as teorias da escola ativa resultou no “Ensino por Descoberta”, no qual os alunos aprendiam os conteúdos acadêmicos orientando-se pela observação ingênua dos fenômenos.

Na sequência, a tendência da Pedagogia Tecnicista passou a dominar, e o papel do professor foi substituído pelo livro didático, conforme aponta Libâneo (2007). O fracasso desse modelo impulsionou o surgimento do termo Professor Reflexivo e Pesquisador, conforme afirma Nóvoa (1992).

Assim, a prática reflexiva tornou-se uma proposta para enfrentar, por meio da reflexão e da pesquisa, a complexidade crescente da sala de aula. Perrenoud *et al.* (2005) ampliaram o conceito de formação reflexiva ao focalizarem o desenvolvimento das competências adquiridas pelos professores no exercício e na reflexão sobre sua prática como necessário para enfrentar os problemas da escola.

Para Duarte (2005), essas novas propostas eram de cunho construtivista e se tornaram modismo entre os educadores brasileiros. Nesse sentido, entendemos que a moda (ou modismo) “seria uma forma alienada da orientação da sociedade para o futuro” (HELLER, 1989, p. 89-90).

Sendo assim, os modelos de “professor pesquisador” ou de “professor prático reflexivo”, segundo Fosnot (1989), deveriam ser implementados nos cursos de formação de professor, reforçando o ideal construtivista, pois, de acordo com a autora, se entendia por “pesquisador” aquele sujeito que, durante sua prática de professor, desenvolvia novas formas e métodos para descobrir como o aprendiz construía o seu conhecimento, além disso buscavam descobrir quais mecanismos cognitivos estavam presentes no ato de construção e interpretação do mundo que o rodeia.

Portanto, para Duarte (2005), a situação exposta nos remete a uma discussão mais específica a respeito do termo “professor reflexivo”, conceito este incorporado por Fosnot (1989) ao movimento construtivista. Segundo a autora,

O trabalho de campo deve ser reflexivo, pois assim como o aluno não aprende lendo toneladas de livros que não vão ao encontro de suas necessidades práticas futuras, também o futuro professor não aprende desta forma. Suas necessidades e seus interesses devem estar sempre em primeiro plano (FOSNOT, 1998, p.238).

Deste modo, fica evidente o esvaziamento do conteúdo científico como proposto pelo movimento construtivista. A instrução, repetida exaustivamente aos quatro cantos, de que o professor deveria ensinar a partir do interesse do aluno e de acordo com a sua realidade cotidiana desqualificou o conteúdo como saber sábio acumulado pela humanidade ao longo de sua existência. Nesse contexto, o próprio professor ficou descompromissado com o saber sábio e suas preocupações se voltaram para o cotidiano do aluno.

Dessa maneira, a partir da segunda metade da década de 1980, esse ideário construtivista, pautado na teoria da epistemologia genética de Piaget, começou a ganhar simpatia e um grande número de seguidores que se mantém até os dias atuais. Posto isso, acreditamos que o Construtivismo estaria, ainda hoje, “arraigado” em nossas práticas educativas e no currículo acadêmico, influenciando veemente o ensino de Ciências que vem sendo praticado nas escolas brasileiras nas últimas décadas.

Na década de 90, a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura – UNESCO estabeleceu os 4 pilares da educação: ‘aprender a aprender’, ‘aprender a ser’, ‘aprender a conviver’ e ‘aprender a fazer’. Para Duarte (2001), esses pilares eximem a escola da tarefa de transmitir o saber adquirido pela humanidade ao longo de sua existência, mas impõem a ela o dever de preparar os indivíduos para aprenderem aquilo que o mercado exige.

No entanto, como nos alerta Duarte (1993; 1996), educar seria o ato de produzir, de forma planejada, inquietações e questionamentos cada vez mais elevados nos alunos e nos futuros professores, com o intuito de despertar nesses indivíduos o sentimento de luta contra a alienação produzida pelo cotidiano. Nesse caso, o papel da escola é justamente “colocar os alunos em contato com o não

cotidiano, através da transmissão daquilo de que mais elevado tenha sido produzido pelo gênero no campo da cultura intelectual” (DUARTE, 2005, p.59).

Para Duarte (2005), essa corrente construtivista foi aderida nos mais diversos campos das Ciências e da cultura. No processo de difusão desse pensamento no Brasil, com destaque ao ensino de Ciências, essas ideias foram criadas e projetadas na forma de uma ideologia, difundidas por inúmeros meios de comunicação e, conseqüentemente, provocaram um impacto nas reflexões e ações dos professores brasileiros. O autor salienta que o Construtivismo vem sendo empregado, atualmente, como estratégia de legitimação científica de uma série de políticas e propostas de reforma na educação em vários países no mundo. Por meio de um discurso de melhorias da qualidade de ensino, essa prática empobrece o currículo, secundariza a atuação do profissional da educação e deslegitima a escola da função de transmitir o conhecimento científico acumulado às futuras gerações.

Osborne (1993) faz uma crítica ao chamar a atenção para o fato de que o eixo central dos conceitos da Ciência moderna são representações simbólicas, e não experiências sensoriais. Para ele, grande parte das propostas de ensino construtivista coloca ênfase no valor da observação e da experimentação direta. Ou seja, “numa perspectiva empirista de aprender ciências e, não enfatizam suficientemente o processo de aquisição de novas estruturas para reinterpretar a experiência e transcender o pensamento de senso-comum” (OSBORNE, 1993, p. 4).

Melo (2005) alerta que a má formação dos professores os leva a adotarem as mesmas práticas, privilegiando um ensino que pouco contribui para a formação do indivíduo enquanto cidadão, ou melhor, pouco significativo no desenvolvimento de competências e habilidades para compreender o que os avanços científicos podem determinar para uma sociedade. Vamos discutir com mais propriedade sobre a formação do professor na seção 2.1.3.

Atualmente, o ensino das Ciências continua reduzido à apresentação de conteúdos e ao uso de termos, esquemas e conceitos, conduzindo a uma visão das Ciências de forma linear, fragmentada, descontextualizada, socialmente neutra e acumulativa, como afirmam Cachapuz *et al.* (2011).

O Construtivismo surgiu na Rússia no início do século XX, por meio do movimento estético-social, tendo como percursores os artistas Vladimir Tatlin, Aleksandr Rodchenko, El Lissitzky e Naum Gabo. Posteriormente, desenvolveu-se nos demais países, onde seu aparecimento estava atrelado ao desenvolvimento da

Ciência. Contudo, para fins didáticos, adotamos como exemplo dentre as Ciências a disciplina de Física, para demonstrarmos alguns modelos educacionais que foram testados ao longo dos anos e que serão apresentados no tópico seguinte.

### 2.1.2 Os projetos de ensino de Física

Tomando como exemplo específico o ensino de Física, o *Physical Science Study Committee* ou PSSC (traduzido por: Comitê de Estudos em Ciências Físicas) foi elaborado nos Estados Unidos da América (EUA) em 1956, sob o patrocínio da *National Science Foundation*<sup>3</sup> (NSF). Esse projeto estava centrado numa proposta que defendia que o aluno poderia aprender Ciência por si mesmo a partir da atividade experimental.

Estreitamente correlacionados, um guia de laboratório e um conjunto de aparelhos modernos e baratos, um grande número de filmes, testes padronizados, uma série crescente de publicações preparadas por expoentes nos respectivos campos e um extenso livro do professor, diretamente ligado ao curso (PSSC, 1963, p. 7).

A ideia central desse projeto era que o aluno aprendesse por meio das experiências e com elas, por intermédio das descobertas e das visualizações dos fenômenos físicos, teria a sensação de se tornar um cientista. As atividades eram todas mecanizadas com momentos demarcados para os alunos seguirem “cegamente”, sem a necessidade de ter o professor como principal interlocutor da ação. Entretanto, essa proposta tornou-se um marco para o ensino de Física porque levantou discussões entre os que concordavam e aqueles que não concordavam. A euforia dos projetos levou ao surgimento do Projeto Harvard (*Harvard Project Physics*) lançado em 1975.

Esse projeto era composto por uma diversidade de materiais de aprendizagem, dentre os quais o livro-texto. Havia também coletâneas de textos, compostas por manuais de atividades, guias para o professor, e principalmente os livros de instrução programada, além de filmes sem-fim *loop*, filmes de 16 mm,

---

<sup>3</sup> A National Science Foundation (NSF) é uma agência federal independente criada pelo Congresso norte-americano em 1950 para promover o progresso da ciência, a saúde nacional, a prosperidade, o bem-estar e para garantir a defesa nacional dos cidadãos. Para isto, a NSF apoia a pesquisa básica que cria conhecimento para transformar o futuro. Você pode visitar sua página na internet e conhecer alguns de seus projetos: <https://www.nsf.gov/about/glance.jsp>. Acesso em 18 de abril, 2019.

transparências, aparelhos e livros de teste (HOLTON; RUTHERFORD; FLETCHER, 1985).

A proposta metodológica do projeto Harvard era semelhante ao PSSC, porém com um enfoque mais humanista. Os alunos deveriam ver a Física como uma atividade humana e fundamental para estruturação da sociedade contemporânea, e o professor continuava ocupando uma função secundária.

A terceira proposta foi o projeto Nuffield, elaborado pelos ingleses. O objetivo era viabilizar ao aluno uma formação básica que o tornasse “quase um físico”, com formação voltada para o conhecimento futuro. Para Black e Ogborn (1975), as constantes mudanças do mundo moderno impunham um alto grau de incertezas com as quais os alunos deveriam saber lidar. Essa preocupação levava o ensino de Física a utilizar metodologias centradas no aluno, mais uma vez desprezando o papel do professor.

Esses três projetos descritos foram os mais importantes e foram adotados em vários países, mas não tiveram êxito.

O Brasil também desenvolveu seus próprios projetos. Um exemplo disso é o Projeto de Ensino de Física (PEF), elaborado pelo Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP) e composto por textos básicos, divididos em 04 fascículos: Mecânica 1, Mecânica 2, Eletricidade e Eletromagnetismo, material experimental simples e de guias para o professor. A experimentação era a principal metodologia de ensino para promover a compreensão dos conceitos físicos.

Um segundo projeto, brasileiro foi elaborado em meados da década de 1970, Física Auto Instrutivo, FAI. Gaspar (1997) faz um relato sobre sua experiência pessoal com esse projeto. Sua frustração fica evidente. Ele observou que, mesmo motivados, os alunos não apresentavam aprendizagem significativa. Depois de um curto período de tempo, quando questionados, os alunos não lembravam mais os conceitos e não apresentavam nenhuma mudança na estrutura cognitiva.

Um outro projeto desenvolvido no Brasil é chamado de GREF - Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. Criado em 1984 por um grupo de professores da USP em conjunto com professores da rede básica tem sido o mais utilizado, inclusive nos dias atuais. O GREF apresenta conteúdos e conceitos da Física pautados na observação do cotidiano do aluno como fator motivacional. A proposta do GREF segue a seguinte organização: o professor questiona seus alunos sobre os

fenômenos físicos observados cotidianamente como ponto de partida para o início do trabalho pedagógico. Propositura que valoriza a ação professor.

Assim sendo, muitos dos modelos educativos apresentados ao longo dos últimos cinquenta anos, para o ensino de Física, promoveram uma visão equivocada do papel do educador. Ao contrário do que tem sido feito até aqui, é preciso recolocar o professor no centro do processo educacional. Desse modo, no próximo tópico, abordaremos alguns aspectos relevantes que nortearam a formação do professor e a sua prática educativa.

### **2.1.3 A formação do professor**

É por meio da prática pedagógica que ocorre o desenvolvimento das capacidades cognitivas dos alunos. Assim, cabe ao professor planejar e comandar os processos de ensino para chegar à aprendizagem significativa<sup>4</sup>. De acordo com Libâneo (1994), o planejamento e a ação do professor são primordiais para garantir o processo de transmissão e de assimilação dos conteúdos acadêmicos.

O professor de Ciências deve atuar no centro do processo de ensino, com o objetivo de promover a alfabetização científica dos alunos, oferecendo-lhes condições para que possam tomar decisões conscientes sobre problemas de sua vida e da sociedade, relacionados aos conhecimentos científicos.

Vale ressaltar que os professores que atuavam no processo ensino-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, o que comprometia a formação do professor na graduação, já que ele não precisava necessariamente conhecer seu próprio conteúdo.

Para Duarte (2001), a essência do lema “aprender a aprender” está exatamente no esvaziamento do trabalho educativo escolar, na transformação deste em um processo sem conteúdo que pode representar a crise cultural da nossa sociedade. Para Martins e Duarte (2010), esse lema estabeleceu um relativismo epistemológico e cultural ditado pelas pedagogias contemporâneas ou pedagogias de negação à pedagogia tradicional.

---

<sup>4</sup> Que significa, que denota ou exprime com clareza. Emancipa o pensamento, de forma crítica e construtiva.

Nesse sentido, o papel do professor se limita a coordenar e motivar as construções individuais do aluno (AIRASIAN; WALSH, 1997). No entanto, é “através de nossa presença como facilitadores e mentores que podemos fornecer ambientes que são restritos e têm complexidade mínima, para que os alunos possam construir conhecimento conceitual e procedimental com pouco risco de falha” (ROTH, 1993, p. 168).

Matthews (2000) reforça que os alunos não descobrem, muito menos constroem, o que significa: genótipo, fenótipo, potência, aceleração, valência, força, massa, peso, oxidação e assim por diante; eles devem aprender o que esses termos significam. Sendo assim, a atuação do profissional de educação se torna indispensável. Exatamente aqui, o professor tem um papel claro e definido, a negociação dos significados, como dados pelos cientistas.

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, enfatizando o papel dos livros didáticos, nas modernas tecnologias de educação a distância e nas propostas de autoaprendizagem.

Dessa forma, para fugir desse caráter alienador, é preciso compreender a influência do Construtivismo no ensino das Ciências no Brasil e no mundo, o que discutiremos no próximo tópico.

## **2.2 A influência do Construtivismo no ensino das Ciências**

Primeiro, é importante salientar que o movimento construtivista é amplo e nem sempre consensual. O fato é que há equívocos na sua interpretação, tanto do significado, quanto dos métodos que o efetivem como proposta pedagógica. Para Duarte (2005), podemos definir o Construtivismo como um conjunto de diferentes vertentes teóricas que, apesar da desigualdade ou diversidade no seu objeto de pensamento, possuem como essência básica a epistemologia genética<sup>5</sup> de Jean Piaget.

---

<sup>5</sup> Conceito disponível em: <<http://maratavarespsictics.pbworks.com/w/file/attach/74473316/A%20EPISTEMOLOGIA%20GENETICA.pdf>>. Acesso em: 16 dez. 2019.

Bentley (1998) salienta que o Construtivismo não é apenas uma teoria sobre aprendizagem e meio de ensino, mas também se apresenta como uma teoria científica, como uma epistemologia que dialoga e interage com a natureza da Ciência.

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). Podemos afirmar que o Construtivismo está relacionado com o processo de ensino-aprendizagem em todas as dimensões: metodológicas, curriculares, epistemológicas, sociais, cuja propaganda tem poder de convencimento.

Segundo Matthews (2000), o Construtivismo tem uma grande influência no ensino de Ciências. Inicialmente, como uma concepção de aprendizagem que, com o passar do tempo, foi se tornando uma teoria de ensino. É nessa transição que acreditamos residir o maior equívoco, pois o Construtivismo deixou de ser uma teoria de aprendizagem do aluno para ser uma metodologia de ensino do professor.

Devido a esses e outros equívocos, o currículo sofreu um esvaziamento porque se limita a conteúdos significativos, como sinônimo de conteúdos do cotidiano do aluno. Para Martins e Duarte (2010), 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 vivenciais e, portanto, da própria definição de sua classe social.

Para esses autores, existe uma quase total hegemonia na enculturação das "pedagogias do aprender a aprender", sob o pretexto da ineficiência do ensino tradicional. Nesse 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. Os autores ainda citam 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 e DUARTE, 2010, p. 38).

O significado do Construtivismo foi sendo alterado com o tempo, de forma cada vez mais literal, até se 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), essas ações estão na contramão do processo de ensino-aprendizagem, porque o trabalho de planejamento é do professor. Este tem o papel de despertar nos alunos novos interesses, objetivando a ampliação dos seus horizontes, e não reforçar interesses preexistentes. Essa ideia de que o professor deve apontar novos caminhos para ampliar a consciência cognitiva do aluno está em acordo com os resultados obtidos por Dunning e Kruger (1999).

O efeito Dunning-Kruger relata a impossibilidade de as pessoas, em geral, terem consciência de sua própria ignorância. Assim, ele nada mais é do que a impossibilidade de perceber a ignorância sobre a ignorância (DUNNING, 2011).

Assim, como poderia o aluno definir suas prioridades ou suas necessidades de aprendizagem?

Metodologias ditas tradicionais, que priorizam a “decoreba” e a aprendizagem mecânica ao invés da aprendizagem significativa, como definida por Ausubel, não podem ser simplesmente substituídas por processos educacionais balizados no aluno. Segundo Laburú e Arruda (2002), esse modelo, também equivocado, está sendo praticado há mais de duas décadas, apoiado pelo movimento construtivista.

O pensamento disseminado pelo Construtivismo é que o aprendiz é construtor do seu próprio conhecimento (DRIVER, 1989). Na visão construtivista radical, o aluno é autoconstrutor de seu aprendizado, por meio de um processo individual, o qual coloca o conhecimento como resultado de uma tentativa pessoal e subjetiva.

Para o Construtivismo social, o conhecimento era produzido pelo aprendiz por intermédio de sua interação com o meio no qual estava subordinado. A construção do conhecimento não poderia ocorrer apenas pela ação singular do indivíduo, mas deveria ser norteadada pelo seu contexto social, ou seja, por meio de trocas de informações com outros sujeitos, no meio escolar e extraescolar.

A linha de pensamento construtivista radical impõe muita responsabilidade ao aluno na construção de significados e nas interpretações pessoais. Fica evidente a importância do aprendiz em chegar às respostas de maneira independente, sem a interferência do professor. “O professor é emancipado da difícil tarefa de motivar, desde que se entende que são próprios do aluno os caminhos da aprendizagem” (AIRASIAN; WALSH, 1997, p.446).

A teoria construtivista se mostrou insuficiente, o que seria esperado diante das referências apresentadas. O processo de aprendizagem envolve a apropriação de significados específicos que só podem ser aprendidos com transmissão de alguém que os domina.

O fato é que a aprendizagem é cognitivista. Ou seja, o aluno tem responsabilidades sobre ela, mas não sobre os processos de ensino. É a aprendizagem que é construtivista, e não o processo de ensino. Está claro que houve uma interpretação equivocada sobre o Construtivismo a nível mundial. No entanto, no Brasil, parece que esse equívoco impediu a melhoria na qualidade do processo de formação do professor.

Como aprendizagem cognitivista, Rowell (1983) defende que o processo de ensino deve promover o conflito cognitivo, utilizando como parâmetro as ideias prévias dos alunos. Durante um tempo, acreditou-se que essas ideias seriam superadas e substituídas por conceitos científicos mais coerentes.

O termo 'mudança conceitual' se tornou sinônimo de 'aprender ciência' (NIEDDERER; GOLDBERG; DUIT, 1991), o que não significa que haja um consenso acerca de seu significado, como ocorre com o 'Construtivismo', 'mudança conceitual' se tornou um argumento capaz de cobrir um grande número de visões diferentes, muitas vezes até inconsistentes.

O fato da aprendizagem ser um produto da interação entre concepções pré-existentes e novas experiências não implica, necessariamente, que as estratégias de ensino baseadas nesse modelo tenham que apresentar os mesmos passos no processo de instrução: explicitar as ideias prévias, clareá-las através de trocas e discussões em grupos, promover situações de conflito e construção de novas ideias, e, finalmente, efetuar a revisão do progresso no entendimento, através da comparação entre as ideias prévias e as recém-construídas (MILLAR, 1989, p. 588-589).

Mortimer (1996) salienta que várias estratégias baseadas no conflito cognitivo parecem não reconhecer que, muitas vezes, no processo de construção de uma ideia nova, a falta de informações para interpretar os resultados de um experimento é obstáculo maior que o conflito entre as ideias dos alunos. Frequentemente, o aluno permanece no plano dos esquemas, "procedimentos e rituais", como Edwards e Mercer (1987) defendem, e não passa para o plano superior das explicações.

Entretanto, os construtivistas sociais reconhecem que há um mundo repleto de heterogeneidades de ideias e conceitos, criados pela Ciência e pela cultura.

Desta forma, o indivíduo deve estar inserido nesse meio para que haja uma internalização de conceitos. O Construtivismo social defende que o mundo não pode ser descoberto de forma solitária e individual, identificando no social um meio “intransponível” para o desenvolvimento de um projeto de aprendizagem. Reconhece que a construção do conhecimento é coletiva, na qual ocorre a “enculturação” nos moldes da ciência tradicional. Em relação às atividades de ensino, ele aponta que, para que o processo de construção do saber se concretize, as ações de aprendizagem devem acontecer atreladas a grupos de discussões e na colaboração social.

Vale ressaltar que o Construtivismo social não consegue se libertar dos processos didáticos e pedagógicos defendidos pelo Construtivismo individual. Assim, trata-se de uma dificuldade para a estruturação do processo de intermediação dos conceitos sociocultural e científicos ao aluno.

Os construtivistas sociais valorizam o termo “negociar” como metodologia pedagógica para que o aluno possa alcançar o entendimento de determinado conteúdo de forma singular e individual. Ao professor, ou ao “expert”, cabe o papel de dar pistas e sugestões, mantendo sempre o cuidado para não revelar a resposta (LABURU; ARRUDA, 2002).

Apesar dessas convenções construtivistas, é insignificante o número de alunos que conseguem, por conta própria, descobrir e compreender fenômenos da Física, da Química e da Biologia como interpretados atualmente. Prova disso, temos os inúmeros problemas enfrentados no dia a dia em sala de aula, oriundos de um ensino fragmentado e da permanência de concepções equivocadas.

Matthews (2000) faz uma dura crítica sobre a dificuldade do Construtivismo em alinhar sua filosofia com sua metodologia didática para o ensino de Ciências. Se o conhecimento não pode ser transmitido, sendo apenas produto da construção pessoal, como seria possível as crianças alcançarem o conhecimento de esquemas conceituais complexos que demoraram centenas de anos para serem formulados? Partindo dessa problemática, Matthews salienta que muitos educadores querem descobrir como pode alguém, baseado em princípios construtivistas, ensinar uma gama de conceitos científicos, que em sua grande maioria são abstratos, para um indivíduo que não tem concepções prévias sobre aquele determinado conteúdo.

Jekins (2000) chama atenção a respeito do estudo de alguns conceitos como: meio ambiente, seres vivos, energia, gravidade ou massa, pois são mais comuns

aos alunos e possivelmente terão uma concepção prévia em relação a eles, que dificilmente será semelhante aos conceitos dados pelos cientistas. Diferentemente dos conceitos como: genes, cromossomos, íons, radiação eletromagnética, oxidação e equilíbrio químico, pois, por estarem mais distantes do dia a dia, se tornam destituídos de concepções prévias.

Então, todo o conhecimento pré-adquirido e o processo de construção dependerão da vida social do aluno. Nesse sentido, teremos uma gama de variações, tanto nos processos de construção quanto nos conceitos, o que torna a escola um espaço social desnecessário se acreditamos que é lá que se aprende a construir uma única linguagem.

Para Fishler e Lichtfeldt (1991), os estudos mais complexos, como o da genética ou da mecânica quântica, não devem ser feitos por meio de modelos intuitivos, simplificados e ilustrativos numa tentativa de aproximar os conteúdos das experiências diárias dos alunos, pois isso os descaracteriza. O ideal seria que os conceitos científicos fossem apresentados na sua essência, abstratos, não observáveis. O aluno deve compreender que nossas experiências são limitadas no tempo e no espaço.

Por fim, não é a metodologia que deve ser construtivista, mas sim o processo de cognição do aluno no momento da aprendizagem. A Ciência compartilha de significados e comportamentos que nem sempre são observáveis ou intuitivos. O papel da escola, por meio do professor, é transmitir esses significados que levaram milhares de anos para sua construção. Assim, não é aceitável que se acredite que o aluno, sozinho, consiga esses resultados durante sua vida escolar.

### **2.3 A importância da Interdisciplinaridade no ensino**

Em termos práticos, a interdisciplinaridade surgiu devido a uma necessidade: os alunos deveriam compreender os fenômenos observados no seu cotidiano por meio do conhecimento científico adquirido na escola. Veja que não é o cotidiano que deve ser o balizador dos conteúdos, mas a transferência de um conceito científico para a interpretação de um dado fenômeno observado.

Só para exemplificar, o aluno deve se apropriar do conhecimento científico sobre a existência da carga elétrica, o significado da diferença de potencial, condutividade elétrica, corrente elétrica, lei de Coulomb, entre outros. E, como

consequência disso, ele estará seguro e saberá como se comportar durante uma tempestade com raios e relâmpagos, por ser capaz de fazer, por si só, a transposição do conhecimento. Em vez de defendermos conteúdos ou métodos específicos, defendemos uma aprendizagem significativa. Falaremos sobre ela mais à frente.

Para Gadotti (2004), a interdisciplinaridade surge na segunda metade do século XX, com o lema de superar a fragmentação e o caráter de especialização do conhecimento, ambos causados por uma epistemologia de tendência positivista, fundamentada no empirismo, no naturalismo e no mecanicismo científico desde o início da modernidade.

Thiesen (2008) define a interdisciplinaridade como um movimento contemporâneo que surge na perspectiva da dialogicidade e da integração das ciências e do conhecimento, buscando romper com o caráter de hiperespecialização e fragmentação dos saberes.

O objetivo da interdisciplinaridade nunca foi o de criar novas disciplinas ou saberes, mas de utilizar as diferentes áreas do conhecimento para resolver um problema ou compreender um determinado fenômeno sob diferentes pontos de vista. “A interdisciplinaridade tem uma função instrumental. Trata-se de recorrer a um saber diretamente útil e utilizável para resolver às questões e aos problemas sociais contemporâneos” (BRASIL, 2002, p. 34). Desse modo, Tavares (1999) destaca que a prática interdisciplinar é ampla no seu contexto e nos revela um quadro que precisa ser redefinido e ampliado.

Por conseguinte, Ricardo (2004) esclarece que as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM) partilham da ideia de que contextualizar o ensino significa construir, em todo o processo de ensino-aprendizagem, uma relação entre sujeito e objeto do conhecimento. Para ele, contextualizar o ensino pode desencadear, por meio de abordagens interdisciplinares de conteúdos, uma interação construtiva entre as diferentes áreas do conhecimento e as disciplinas acadêmicas. Nesse sentido, a interdisciplinaridade aparece nas Diretrizes Curriculares Nacionais contrapondo-se à compartimentalização do ensino, estimulando a formalização do saber científico de forma holística.

De acordo com Freire (1987), a interdisciplinaridade é o processo metodológico de construção do conhecimento pelo sujeito com base em sua relação com o contexto, com a realidade, com sua cultura. Busca-se a expressão

interdisciplinaridade pela caracterização de dois movimentos dialéticos, que abarcam a problematização da situação, pela qual se desvela a realidade, e a sistematização dos conhecimentos de forma integrada.

[...] o processo que envolve a integração e engajamento de educadores, num trabalho conjunto, de interação das disciplinas do currículo escolar entre si e com a realidade, de modo a superar a fragmentação do ensino, objetivando a formação integral dos alunos, a fim de que possam exercer criticamente a cidadania, mediante uma visão global de mundo (LÜCK, 1995, p. 64).

O currículo escolar deve trabalhar principalmente as dimensões do trabalho da Ciência, da Tecnologia e da Cultura, de forma norteadora e coletiva, e não de forma isolada e fragmentada, como infelizmente vem acontecendo nos últimos anos no ensino brasileiro, sendo meramente pragmático técnico ou enciclopédico, sem abordar a formação integral do ser humano como um ser pensante, capaz de se relacionar de forma crítica em sociedade.

A interdisciplinaridade almeja garantir a construção de um conhecimento globalizante, rompendo com as fronteiras entre as disciplinas. Para isso, apenas integrar conteúdos não seria suficiente, salienta Gadotti (2004). Fazenda (1979) defende que é necessária uma atitude interdisciplinar manifestada no compromisso profissional do educador, no desenvolvimento dos projetos de ensino, além da busca constante de aprofundamento teórico e de uma postura ética diante das questões e dos problemas que envolvem o conhecimento.

Dessa forma, Thiesen (2008) explica que o professor precisa tornar-se um profissional com visão integrada da realidade, com a concepção de que o aprofundamento teórico apenas em sua área de formação não é suficiente para dar conta de todo o processo de ensino. Ele precisa apropriar-se também das múltiplas relações conceituais que sua área de formação estabelece com as outras Ciências.

Portanto, a interdisciplinaridade é um movimento importante de articulação entre o ensinar e o aprender, com o potencial de auxiliar os educadores e as instituições de ensino na ressignificação do trabalho pedagógico, em face de uma sociedade que está em constante transformação, onde as informações se renovam continuamente. Entretanto, a escola se vê cada dia mais distante da evolução social, praticando um ensino meramente reprodutor, influenciado pelo ideário construtivista, presenciando o desinteresse dos alunos crescer de forma acelerada, principalmente pelas disciplinas das áreas científicas.

## 2.4 Educação STEAM

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 disso, uma rápida pesquisa no Google Acadêmico, utilizando “Educação STEAM”, resultou em 16 trabalhos até março de 2020. Por outro lado, quando o mesmo procedimento utiliza o termo “STEAM Education”, nas mesmas condições e períodos, obtivemos 4.670 resultados.

Apesar da atual diferença entre os números de artigos disponíveis em português e em inglês, acreditamos na necessidade de ampliação dessa discussão. Isso porque o tema vem ganhando visibilidade a nível mundial e promete, como apontado pela literatura, ser uma possível solução para um problema que a educação formal tem enfrentado no século XXI: como capacitar o aluno a desenvolver novas tecnologias? Ou como utilizar adequadamente a escola a serviço do poder econômico? No Brasil, as relações entre o poder econômico e a escola nem sempre estão explícitas.

Por outro lado, de acordo com Sanders (2009), o “STEAMmania” foi fomentado pelas análises de Thomas L. Friedman quando mostrou, em seu livro: *“The World is Flat: A brief history of the twenty-first century”*<sup>6</sup>, a importância do domínio das tecnologias como forma de controle do poder econômico. Ou seja, a Educação STEAM é a expressão explícita das influências do poder econômico no interior dos muros escolares.

Assim, a justificativa para a Educação STEAM é de que os norte-americanos perceberam que, se os chineses exportarem produtos com rótulos “inventado na China” em vez de “feito na China”, isso colocaria o país na vanguarda do crescimento econômico. Temendo esse 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).

---

<sup>6</sup> Livro lançado em 2005 nos Estados Unidos e relançado em 2006/2007 pela Editora Objetiva Ltda.

Entretanto, de acordo com Wengao (2019), os chineses também perceberam esse 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 está se estendendo para todas as áreas do conhecimento ao redor do mundo, e a principal justificativa é a busca pelo poder econômico. A tímida divulgação e utilização no Brasil é uma questão de tempo. A Educação STEAM será adotada por aqui também e, como sempre, sem o devido respaldo político e econômico.

A história do ensino de Ciências, principalmente, tem mostrado que essa área do conhecimento sempre esteve em meio às disputas filosóficas e epistemológicas, sem ter encontrado sua identidade. Assim, é temerosa a implantação de qualquer inovação sem o adequado investimento na formação do professor como programa de Estado.

É aqui o centro de nossa preocupação, o que nos levou a desenvolver esta pesquisa. A Educação STEAM favorece as metodologias ativas, incentivadas pelo Construtivismo, e essa dinâmica não tem funcionado no processo educacional brasileiro. Assim, este projeto busca dar uma nova interpretação para a Educação STEAM, que possa ser utilizada no sistema educacional brasileiro com maior eficiência.

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) para qualquer programa ou prática de ensino que envolvesse uma ou mais áreas relacionadas às Ciências, Tecnologias, Engenharias e Matemática, afirma Bybee (2010).

Depois de alguns anos, a Arte foi incorporada para auxiliar o desenvolvimento da criatividade no processo de ensino-aprendizagem e hoje o STEAM configura uma forma de educação. Podemos definir a Educação STEAM como uma educação pautada num processo de ensino-aprendizagem com ênfase na criatividade e interdisciplinaridade, com metodologias que priorizam a solução de problemas reais.

Segundo Lopes *et al.* (2017), impulsionada pelo movimento Maker<sup>7</sup>, atrelada aos saberes correlacionados com a Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e

---

<sup>7</sup> O Movimento Maker é uma alusão à cultura do “Faça-Você-Mesmo” ou, em inglês, “Do-It-Yourself” (DIY). Este pensamento moderno tem em seu cerne o ideal de que pessoas comuns podem construir, consertar, modificar ou fabricar com suas próprias mãos os mais diversificados tipos de projetos.

Matemática, a STEAM surge como uma nova proposta de ensino, que se sustenta a partir de problemas reais, logo “faz com que os conteúdos disciplinares integrados a estrutura de conhecimento do indivíduo assumam significado em uma situação concreta” (LORENZIN, 2016, s/p).

Desse modo, Yakman (2008) salienta que a STEAM pode ser classificada sobre dois vieses. O primeiro pautado numa educação em que a Ciência, a Tecnologia, a Engenharia e a Matemática incluíam outras áreas, além dos seus próprios padrões. O segundo seria uma propositura educativa que integraria e incluiria propositalmente assuntos específicos de ensino. Para uma definição mais clara, a autora exemplifica um modelo dividido em cinco níveis, no qual a STEAM determina a classificação do nível de aprendizagem que deveria ser planejado ao longo da vida do aluno, definida conforme os conteúdos acadêmicos propostos de acordo com o grau de escolaridade apropriado.

Para Yakman (2008), o primeiro nível de aprendizagem seria o que acontece ao longo da vida. Nessa fase, ocorre o período de adaptação do indivíduo ao meio ambiente, no qual o aprendizado é identificado como contínuo, mas não intencional. O segundo nível é denominado aprendizagem integrativa. Nessa etapa, o sujeito aprende a construir uma visão genérica e básica de todos os campos acadêmicos e de como estão associados. Para ela, nesse momento, a melhor forma de conduzir o processo de formalização do saber seria por meio do uso de tópicos. Essa fase é apropriada para o equivalente à educação infantil e ao ensino fundamental.

Por conseguinte, no terceiro nível, deve ocorrer a aprendizagem multidisciplinar. Nesse estágio, o sujeito é capaz de aprender um campo específico e como ele está relacionado à vida real. Yakman (2008) testifica que o melhor método seria aprender por meio da utilização prática dos conhecimentos científicos estudados, tornando-se apropriado para o equivalente ao ensino médio. No quarto nível, acontece o aprendizado disciplinar, o qual se desenvolve em cada estágio educacional, sendo também apropriado para o ensino médio. No quinto nível, acontece a aprendizagem específica de conteúdo. Esse período aborda a pesquisa detalhada de cada campo do saber e é apropriado para ocorrer no ensino médio e/ou médio profissionalizante.

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 aluno a

aprendizagem e o desenvolvimento de habilidades de forma integrada. Ênfase é dada ao trabalho em conjunto, no qual cada aluno 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 esses autores, há sete princípios para a realização da Educação STEAM, que serão apresentados a seguir, sem que a ordem de apresentação seja um parâmetro relevante.

O primeiro princípio é a ocorrência da conexão, da combinação e da fusão entre os elementos formativos do conhecimento envolvido. Um segundo princípio é a ênfase que deve ser dada à criatividade em um contexto da engenharia e tecnologia. Para Park e Ko (2012), a junção ordenada entre os pilares da Educação STEAM, a educação geral e as atividades das inúmeras aplicações nas demais áreas é fundamental para a educação criativa.

O terceiro princípio refere-se à necessidade de os professores desenvolverem instrumentos construtivos, sendo importante a formalização de métodos inovadores que contribuam para experiências efetivas durante as aulas. O quarto princípio importante é a ênfase dada ao quadro geral, ou seja, a apresentação de todo panorama. Esse requisito vai de encontro à teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel quando define a diferenciação progressiva.

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

O sétimo princípio apresentado por Park e Ko (2012) defende que o conceito de modelo integrativo na engenharia é um instrumento valioso na Educação STEAM. Esse modelo, realizado em grupo de alunos, pode ser introduzido para fomentar aptidões que estimulem 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. Dessa forma, não

abrangerá apenas os futuros cientistas, tecnólogos ou engenheiros, mas também os futuros políticos e líderes sociais em diversas esferas.

Para Lopes *et al.* (2017), Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática poderiam ser classificadas como uma conexão sistemática e central do processo de produção e desenvolvimento.

Ball (2002) alerta que a reforma da educação não passa apenas pela reformulação técnica, metodológica e estrutural dos espaços de aprendizagem, mas também pela “reforma” do professor e do que significa ser professor. A escola precisa ser um espaço libertador que proporcione autonomia ao professor para conduzir o ambiente de ensino, no qual os alunos encontrem suporte teórico e pedagógico para que possam desenvolver e explorar a sua criatividade, questionar e buscar respostas, propor e resolver problemas, afirmam Hardoim *et al.* (2019). Para esses autores, o professor, dentro desse processo, seria como um arquiteto, sendo o sujeito que idealiza e planeja suas obras/aulas com o intuito de reconhecer e estimular o potencial de seus artistas/alunos, a fim de possibilitar o descobrimento de novos talentos que, muitas vezes, não haviam sido identificados por meio de atividades comuns.

Diante disso, o aluno é denominado semelhante ao artista, capaz de criar e mostrar suas obras de arte/produções. O resultado da produção seria sua obra de arte, instruída pelo arquiteto/professor, o qual ficaria no centro do processo de ensino, e seu artista/aluno ficaria no centro do processo de aprendizagem. Nesse contexto, a sala de aula é o espaço artístico, o qual permitiria averiguar os conhecimentos, sentidos e sentimentos dos alunos.

Por consequência, Hardoim *et al.* (2019) testificam que a STEAM pode ser considerada como um paradigma metodológico recente, que norteia e integra diferentes saberes, os quais contribuem para a educação científica. Além disso, é considerada uma propositura que preza pela interdisciplinaridade, a qual vem ganhando destaque nas discussões acadêmicas em diferentes partes do mundo, uma vez que há uma crescente necessidade de articular os diferentes conceitos das disciplinas na formação dos futuros professores.

Dessa maneira, a Educação STEAM poderia contribuir para alterar a visão compartimentada de como a Ciência vem sendo conduzida nos bancos escolares, pois proporciona a construção de um conhecimento interdisciplinar, entre outros processos sociais, além de ser de fundamental importância na análise e na

resolução dos problemas sócio-históricos e ambientais, considerando que sua característica básica é dada pela “intensidade das trocas entre os especialistas e pelo grau de integração real das disciplinas no interior de um mesmo projeto[...]” (JAPIASSU, 1976, p.74).

No entanto, Catterall (2017) alerta que alguns equívocos na interpretação do que vem a ser a Educação STEAM têm favorecido o comércio de livros, *kits*, materiais didáticos, devido ao baixo índice de publicações voltadas para essa área de pesquisa.

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 inseridas nesse contexto. A autora defende que a Educação STEAM deve desenvolver o *design thinking*, ou seja, um pensamento crítico e criativo por parte do aluno e, para isso, existem vários modelos.

Em sua proposta de trabalho, a autora apresenta um exemplo no Modelo de *Stanford*: empatia (levantamento dos interesses dos alunos), definição de problemas, ideação, prototipagem e testes, utilizado por uma professora de Espanhol que trabalhou a escassez de água limpa. Segundo a autora, o projeto foi um sucesso, pois 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*.

De acordo com as pesquisadoras Gulhan e Sahin (2018), essa nova propositura de ensino também foi testada na Turquia, na cidade de Istambul, em uma escola estadual, na turma da sétima série, durante o ano letivo de 2017 a 2018, com 30 alunos (16 meninas, 14 meninos) na classe. Os alunos foram divididos em seis grupos de acordo com seu nível de realização e gênero. A implementação das atividades durou cinco semanas (20 horas de aula), elas foram preparadas pelas pesquisadoras e tiveram a participação do professor da sala. Dentro da concepção da Educação STEAM, as atividades nortearam conteúdos da Ciência, Tecnologia, Engenharia, Matemática e dimensões artísticas. O tema geral do plano de atividades da unidade foi “Leonardo da Vinci e seus estudos ópticos”. De início, foram apresentados alguns modelos de projeto de Leonardo da Vinci, dos quais foram explicados os processos de design e de engenharia empregados para que, a partir disso, os alunos construíssem seus projetos.

Durante a implantação da atividade, foram apresentadas questões relacionadas ao tema espelho e sobre a absorção de luz. Ainda, foram propostos experimentos para diferenciação de espelhos planos e esféricos, além de animações gráficas referentes aos temas. Os alunos e o professor (pesquisador) projetaram e construíram alguns protótipos sobre a temática em estudo, por exemplo o caleidoscópio. O professor apresentou as ferramentas que seriam desenvolvidas com os alunos ao longo das aulas, com o auxílio de vídeos e tutoriais sobre os experimentos que seriam confeccionados a fim de apoiar na elaboração dos projetos.

Os mecanismos de avaliação empregados foram subsidiados por questões práticas relacionadas ao assunto. Os professores também avaliaram os produtos construídos pelos alunos, denominando “Avaliação de Produto (Design)”, estabelecendo quais critérios de pontuações seriam utilizados. Os comentários reflexivos dos alunos sobre o que fizeram e criaram durante as atividades também foram objetos de avaliação. Em conclusão desse trabalho, os autores apresentaram satisfação, haja vista que os alunos gostaram das atividades realizadas e alcançaram resultados positivos quanto ao processo de aprendizagem dos conceitos abordados.

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 sobre as experiências do professor que trabalha dessa forma.

No Brasil, além de escassos resultados sobre o papel do professor nessas metodologias, há um abismo entre os resultados de pesquisas acadêmicas e a prática do professor que trabalha no ensino básico. Apesar do crescimento observado para a pesquisa na área do ensino de Ciências e Matemática, esses resultados não são compartilhados ou utilizados pelos professores da educação básica.

### **Exemplos de aplicação STEAM no Brasil**

Conforme apontado, a Educação STEAM poderá ser utilizada como metodologia de ensino para a execução de projetos. Assim, a seguir, listamos alguns exemplos, como divulgados pela literatura.

I- A disciplina de “Instrumentação para o Ensino de Biologia II” do curso de Licenciatura em Biologia da Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT) Campus de Cuiabá desenvolveu um projeto baseado no STEAM (HARDOIM, *et al.*, 2019).

O projeto foi desenvolvido no zoológico da UFMT, em um período de três semestres, onde os alunos tiveram contato com alguns materiais tecnológicos, como programas de computadores, os quais possibilitaram aos alunos produzirem vídeos, games, QR Codes (Códigos de Barra de Resposta Rápida). Essas ferramentas permitiram criar ambientes virtuais com informações sobre as espécies biológicas observadas, fauna e flora. Também foram construídos modelos icônicos (fotografias, maquetes, desenhos, plantas etc.) para auxiliarem na construção do saber por quem desejar usar espaços extraescolares, como uma aula no zoológico.

Segundo os autores, a engenharia dos recintos dos animais levantou discussões sobre formas e número, por exemplo: cálculo do tamanho mínimo do recinto relacionado com o comportamento e requerimentos do animal no ambiente natural (ex. espaço necessário para uma onça se deslocar, caçar, reproduzir etc.); a adequação do espaço para sua proteção e segurança dos visitantes; o controle de ração e água por meio de automação, entre outros. Os resultados finais foram positivos, conforme avaliaram os autores, porque revelaram grande envolvimento dos acadêmicos.

II- Um segundo exemplo, como relatado por Cabral e Farias (2018), foi desenvolvido no Instituto Rogério Stenberg (IRS), localizado no Rio de Janeiro.

O projeto foi voltado para os jovens com altas habilidades/superdotação que elaboraram protótipos como: o medidor de consumo de energia, garra e esteira seletora e fechadura eletrônica. O referido instituto adota, desde 2016, práticas pedagógicas integrando o conceito da STEAM, às oficinas dos programas, aos currículos.

Segundo os autores, a implantação de metodologias STEAM foi um desafio para o Instituto, uma vez que precisou de investimentos financeiros para qualificação dos recursos humanos e para aquisição de materiais. Eles salientam que, nesses três anos de implantação da Robótica, foram obtidos diversos resultados positivos a partir das experiências dos alunos. Esse cenário multidisciplinar contribuiu para proporcionar resultados surpreendentes, como: i) o 1º lugar do IRS na categoria regional na Olimpíada Brasileira de Robótica da Mostra Nacional de Robótica, MNR; ii) exposição na NASA *SCIENCE DAYS*. Evento realizado no Rio de Janeiro, com a

presença da equipe de Educação da NASA, que reconheceu o projeto do IRS como referência nas categorias: inovação, tecnologia e benefícios para a comunidade.

III- O Colégio Bandeirantes de São Paulo relatou, em um evento em 2017, que houve um processo de reconstrução de sua matriz curricular, o qual originou uma disciplina chamada STEAM, com 2 aulas por semana de 100 minutos cada uma. Nessa disciplina, em um primeiro momento, os alunos eram guiados para explorar os conceitos que devem utilizar no desenvolvimento de seus projetos, como resultado de um segundo momento, denominado *Open Studio*. O trabalho descreve as etapas do procedimento da construção de uma máquina mecânica que envolve ao menos duas transformações de energia diferentes e representa uma metáfora de um processo químico, físico, biológico ou artístico (LORENZIN, ASSUMPÇÃO, RABELLO, 2017 s/p).

IV- Outra abordagem STEAM ocorreu como parte da disciplina de doutorado do Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática, da Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática – REAMEC. Como relata Lopes *et al.* (2017), a proposta se dividiu em várias etapas. De início, os alunos receberam orientações básicas sobre o método e as atividades a serem desenvolvidas na aula passeio, que aconteceria no Parque Mãe Bonifácia, localizado no coração da cidade de Cuiabá, considerado Unidade de Conservação de interesse desde 1992.

Durante a primeira visita, os alunos coletaram imagens e informações sobre aspectos físicos, estruturais, diversidades da flora, da fauna, microbiota e características gerais do parque.

A partir dos dados coletados, os alunos se organizaram em grupos e foram desafiados a desenvolver um aplicativo para celular, que identificasse, por meio da leitura dos QR Codes, as espécies observadas. Os alunos foram direcionados pelo professor durante a manipulação desse aplicativo. Após alimentar o programa com as informações coletadas sobre os elementos do parque (algumas seriam corretas, outras não), imprimiram etiquetas QR Code e colaram em pequenas placas de lona polivinílica. Estas foram anexadas aos seus elementos correspondes no parque. Com isso, o aluno, ao passear pelo parque, “caçaria” os espécimes identificados pelas placas. Ao localizar um desses elementos, o aluno apontaria a câmera do celular para o código QR Code, o aplicativo demonstraria algumas opções de informações sobre uma planta, por exemplo, e o indivíduo deveria selecionar quais informações apresentadas estavam corretas ou não. A cada acerto, os alunos

somavam pontos e, estando os smartphones conectados à Internet, puderam competir entre si.

Por meio do uso desse aplicativo, a partir dos dados coletados, os alunos conseguiram identificar e classificar as espécies da fauna e da flora, além de trabalhar as operações matemáticas e algébricas das formas geométricas de alguns elementos encontrados no parque, de forma dinâmica e construtiva. A ferramenta foi construída para ser utilizada com alunos de diferentes níveis de escolaridade.

A ideia por trás da Educação STEAM é romper barreiras entre disciplinas, promovendo uma educação interdisciplinar. Teoricamente, como propagado pela literatura internacional pertinente, ela permite ao aluno a mobilização de habilidades e saberes de forma integrada. Além disso, ênfase é dada ao trabalho em conjunto, que propicia, a cada aluno, o desempenho de funções e o desenvolvimento de suas habilidades e competências. Ademais, ela também incentiva o desenvolvimento do pensamento crítico dos alunos e a melhoria na capacidade para enfrentar a complexidade do mundo.

Como os autores supracitados observam, a Educação STEAM está inserida no contexto das metodologias ativas, conhecidas pelas denominações: *Maker*, *hands on* ou *Problem Basic Learning*. Ou seja, metodologias didáticas pedagógicas da filosofia do ‘aprender a aprender’.

Essa é nossa maior preocupação. No Brasil, essas metodologias expropriam o professor do seu papel de transmissor do conhecimento e o colocam como “mediador”, “orientador”, “organizador”. Nessa posição, como senso comum, o professor não precisa deter conhecimento do conteúdo a ser abordado. Chamaremos isso de equívoco educacional, no qual seria impossível desenvolver os princípios ou metodologias de ensino que vão ao encontro da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, sem que o professor tenha profundo conhecimento dos conteúdos.

Sendo assim, para estruturarmos a Educação STEAM dentro de uma proposta que condiciona o professor no centro do processo de ensino e o aluno no centro do processo de aprendizagem, vamos apresentar os preceitos da TAS de David Ausubel.

## **2.5 Aprendizagem Significativa: Teoria de David Ausubel (TAS)**

Até aqui, de modo geral, apresentamos ao leitor teorias que defendem a aprendizagem efetiva como sinônimo da aprendizagem dos conteúdos do cotidiano, inseridos em ações interdisciplinares num processo construtivista. No entanto, apresentamos uma teoria de aprendizagem, denominada de Aprendizagem Significativa como um processo descritivo da aprendizagem cognitiva do aluno. Ou seja, a aprendizagem significativa é um conjunto de teorias que descreve o processo intrínseco de aprendizagem do aluno. Assim, propomos uma mudança de paradigma. Ao invés de buscar uma aprendizagem efetiva na seleção dos conteúdos ou nas ações metodológicas em si, buscamos uma ação metodológica que respeite o processo de aprendizagem significativa como descrita por David Paul Ausubel.

David Paul Ausubel nasceu nos Estados Unidos em 1918, porém sua família era de origem judaica. Formou-se na Universidade de Nova York e desenvolveu em seu país um importante trabalho profissional e teórico como psicólogo da educação escolar. Para Ausubel, as teorias e os métodos de ensino deveriam estar relacionados à atividade que ocorre na sala de aula e aos fatores cognitivos, afetivos e sociais que a influenciam.

O termo cognição, segundo Moreira e Masini (2006), é denominado como um processo do qual o mundo de significados tem origens de acordo com as experiências e os conhecimentos que o sujeito constrói ao longo de sua vida. Os conceitos produzidos podem ser entendidos como ponto de início para a reformulação de outras informações; constituindo-se como “pontos básicos de ancoragem”, estruturas cognitivas organizadas na mente do indivíduo, derivadas de outros aprendizados formalizados ao longo da vida.

O escopo da teoria de Ausubel sintetiza que o elemento de maior importância na construção do aprendizado do aluno é aquilo que ele conhece, basta identificar e dar início ao processo de aprofundamento e reconstrução do saber. Desse modo, a aprendizagem significativa ocorre quando uma nova informação se relaciona com os conceitos preexistentes na mente do indivíduo, denominados como conceitos subsunçores.

De acordo com Moreira (1999), a aprendizagem significativa pode acontecer de três formas diversificadas: cognitiva, afetiva e psicomotora. A cognitiva se caracteriza pelo processo de absorção que ocorre na mente do sujeito de um determinado aprendizado, esse armazenamento ocorre de forma organizada. A aprendizagem afetiva se manifesta por sinais internos no indivíduo e pode ser

identificada por meio de comportamentos durante uma prática pedagógica, como a manifestação de prazer e dor, satisfação ou descontentamento, alegria, ansiedade entre outros.

É importante ressaltar que a aprendizagem afetiva é concomitante com a cognitiva. No entanto, a aprendizagem psicomotora envolve as respostas musculares adquiridas por meio de treinos e práticas associadas à aprendizagem cognitiva em algumas situações. A teoria de Ausubel focaliza primordialmente a teoria da aprendizagem cognitiva. Ele é um representante do cognitivismo, o qual defende que o aprendizado significa organização e integração do material na estrutura cognitiva.

Como outros teóricos, Ausubel acreditava que existia uma estrutura na qual as ideias e informações se organizavam e se integravam no processo, pois a estrutura cognitiva, segundo ele, era interpretada como sendo o conteúdo total das ideias do sujeito e a sua organização.

Para Ausubel, segundo Moreira (1999), cabe ao profissional de educação investigar quais conhecimentos prévios seus alunos detêm e utilizá-los como ponto de partida para a construção de novos saberes. “As novas ideias e informações poderiam ser assimiladas e retidas na medida em que os conceitos relevantes e inclusivos estejam relativamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo”, salienta Moreira (1999, p.152), e assim serviriam como apoio para a construção de novas ideias e conceitos.

Essa teoria de aprendizagem também salienta que a experiência cognitiva não é restrita apenas aos conhecimentos prévios do sujeito sobre os componentes da nova aprendizagem, mas também aborda aspectos cognitivos pela influência do novo material.

Posto isso, esse processo de construção do conhecimento acontece por meio relação de uma nova informação com a estrutura cognitiva do aprendiz. De acordo com essa sistemática, a aprendizagem significativa ocorre quando uma nova informação se ancora em conceitos ou proposições relevantes, instaladas previamente na estrutura cognitiva do sujeito. Moreira (1999) destaca que as informações no cérebro humano são armazenadas de forma organizada, formando uma espécie de hierarquia conceitual, fazendo que os elementos mais específicos do conhecimento sejam acionados e assimilados por meio das experiências sensoriais do indivíduo.

No ensino de Física, se alguns conceitos prévios, como o estudo da força, do movimento, da aceleração, da energia, entre outros, existirem na estrutura cognitiva do aluno, ou seja, se eles forem conhecidos, mesmo que de forma superficial, dentro do senso comum, poderiam servir como subsunçores para a construção e a reconstrução desses conceitos propostos.

Ausubel nomeou esse processo de reconstrução do aprendizado por meio dos conhecimentos prévios de “ancoragem” de uma nova informação, que resultaria no crescimento e/ou modificação do conceito subsunçor. É importante citar que os conceitos subsunçores que estão alocados na base cognitiva do sujeito podem ser abrangentes e bem desenvolvidos, ou limitados e pouco desenvolvidos, pois dependerão da ocorrência dos estímulos a que o aluno é exposto para formalizar seu conhecimento prévio.

Portanto, em relação aos conhecimentos físicos demonstrados no exemplo como força e aceleração, Moreira (1999) explica que eles serviriam como suporte para novas informações, referentes aos tipos de força existente no planeta ou no universo, ou até mesmo relacionado a um corpo. Na medida em que os novos conteúdos são assimilados de maneira significativa, resultaria no crescimento intelectual e, ao mesmo tempo, na reelaboração dos conceitos iniciais. Desse modo, os conhecimentos sobre força e aceleração ficariam mais sintetizados, mais inclusivos e capazes de servir como subsunçores para novas informações da temática a ser estudada.

Entretanto, Ausubel, de acordo com Moreira (1999), faz crítica a uma aprendizagem que ele denomina como “mecânica” ou “automática”, que seria uma aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma interação com os conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva. Nesse modelo, a nova informação é absorvida pelo aluno e armazenada em sua mente de forma arbitrária, não havendo relação entre essa nova informação e outra armazenada, pois, nessa situação, não há evidências de subsunçores com a finalidade de se criar um elo com o novo conhecimento.

Moreira (1999) cita alguns exemplos da ocorrência desse ensino mecânico, como no aprendizado de sílabas sem sentido, em que o profissional de educação apenas reproduz uma sequência, separada por um traço, sem associar ou contextualizar com algo que o aluno conheça. Outro exemplo acontece na

memorização de fórmulas e leis no ensino de física em que não se problematiza com o conhecimento prévio do aluno.

No entanto, Ausubel, Novak e Hanesian (1978) não abordam a aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica como sendo uma dicotomia, mas como processo contínuo. Eles argumentam que essa distinção também não pode ocorrer entre as aprendizagens por descoberta e por recepção. Segundo os autores, na aprendizagem por recepção, o que deve ser aprendido é apresentado ao aprendiz em sua forma final. Na aprendizagem por descoberta, por outro lado, o conteúdo a ser aprendido deve ser descoberto pelo aprendiz. Vale ressaltar, entretanto, que a aprendizagem só será significativa se a nova ideia ou informação não for incorporada de forma arbitrária na base cognitiva do sujeito.

Moreira (1999) faz uma reflexão quando questiona como seria o processo ideal do aprendizado de um aluno. Quando os conceitos subsunçores não existirem, como poderia a aprendizagem ser significativa nesse caso? De onde vêm os subsunçores e como eles se formam? Uma das possibilidades, nesse caso, seria a aprendizagem mecânica quando um indivíduo for estudar um conteúdo de uma área nova.

Moreira (1999) salienta que outra possibilidade de aprendizado seria o que acontece na tenra idade, pois, na infância, os conceitos são construídos e desenvolvidos por meio de um processo conhecido como formação de conceitos, o qual envolve generalizações de instâncias específicas. Segundo essa teoria, as crianças, ao atingirem uma idade escolar, na maioria das vezes, possuiriam uma gama de conceitos formalizados que permitiria a aprendizagem significativa.

No entanto, essa aprendizagem “mecânica” servirá como ponto de partida, até que alguns elementos relevantes sejam construídos e passem a existir em sua estrutura cognitiva e, por fim, possam servir de base subsunçora, ainda que pouco elaborados. Consequentemente, ao dar continuidade ao trabalho pedagógico de forma significativa em processo de reelaboração constante, os subsunçores vão se tornando mais claros e com maior capacidade de “ancorar” novas informações.

Ausubel, Novak e Hanesian (1978) 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. Esse uso se torna uma estratégia para manipular a base cognitiva e colaborar com o processo de aprendizagem significativa. Esses

organizadores seriam uma espécie de material introdutório que é aplicado antes do conteúdo a ser trabalhado.

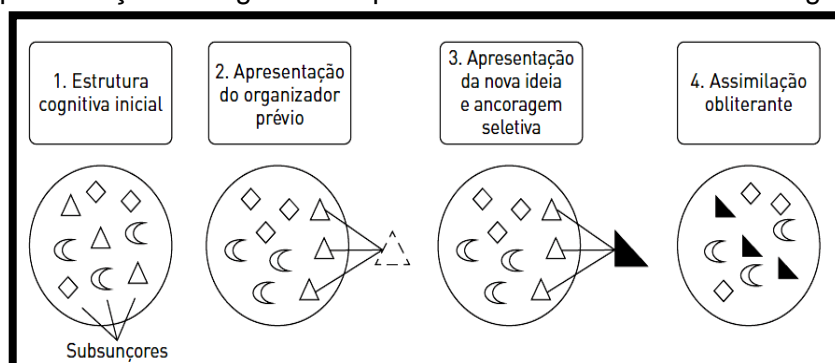
A principal razão de se propor os organizadores prévios seria que eles servissem de ponte entre o que o aluno sabe e o que ele ainda aprenderia, para que o material proposto seja compreendido e assimilado de forma significativa.

A essência do processo de aprendizagem significativa é que as ideias simbolicamente expressas sejam relacionadas de maneira substantiva (não-litera) e não arbitrária ao que o aprendiz já sabe, ou seja, a algum aspecto de sua estrutura cognitiva especificamente relevante para a aprendizagem dessas ideias. Este aspecto especificamente relevante pode ser, por exemplo, uma imagem, um símbolo, um conceito, uma proposição, já significativo (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1978, p. 41).

Nesse caso, os organizadores prévios são mais eficazes como recurso didático para explicitar a relação do novo material com conceitos subsunçores existentes na mente do aluno. Todavia, esses organizadores não antecipam conteúdos novos, mas facilitam tecer relacionamentos lógicos entre eles e a estrutura cognitiva existente.

Segundo Ribeiro, Silva e Koscianski (2012), o uso dos organizadores prévios se justifica pelo fato de que as ideias existentes na estrutura cognitiva do aprendiz não possuem informações suficientes para estabelecerem ligações com as novas ideias que seriam introduzidas pelo novo material. Diante disso, o organizador prévio faria o papel de mediador, preparando a estrutura cognitiva do indivíduo para os estudos posteriores. “Apresentam-se os organizadores a um nível mais elevado de abstração, generalidade e inclusão do que os novos materiais a serem aprendidos” (AUSUBEL, 2003, p. 11). A Figura 1 representa a função dos organizadores prévios na aprendizagem significativa.

**Figura 1.** Representação do organizador prévio como facilitador da ancoragem seletiva.



**Fonte:** Ribeiro, Silva e Koscianski (2012, p.171).

De acordo com Ribeiro, Silva e Koscianski (2012), a ancoragem seletiva funciona como uma associação entre alguns dos conhecimentos preexistentes na estrutura cognitiva do aluno e o novo material. Os organizadores prévios são divididos em expositivos e comparativos. Os expositivos, segundo os autores, são usados com conteúdo de uma área nova, relativamente desconhecidos, com o propósito de fornecer subsunçores relevantes.

Para Ausubel (2003), quando se trabalha com material de aprendizagem relativamente familiar, podem ser empregados organizadores prévios comparativos, os quais auxiliam na discriminação entre as ideias novas e as existentes. Moreira (2006) expressa que é bastante comum o uso de organizadores prévios na forma de texto, eles podem aparecer também como gravuras, mapas conceituais, filmes, debates, dramatizações e demonstrações em geral.

É evidente, de acordo com a proposta apresentada, que a aprendizagem significativa ocorre de fato quando o aluno consegue, de maneira não arbitrária e não literal, relacionar seu material de estudo com algum conceito prévio já construído em sua estrutura cognitiva. Um material pedagógico com a atribuição de fomentar uma aprendizagem significativa é denominado por Ausubel como potencialmente significativo.

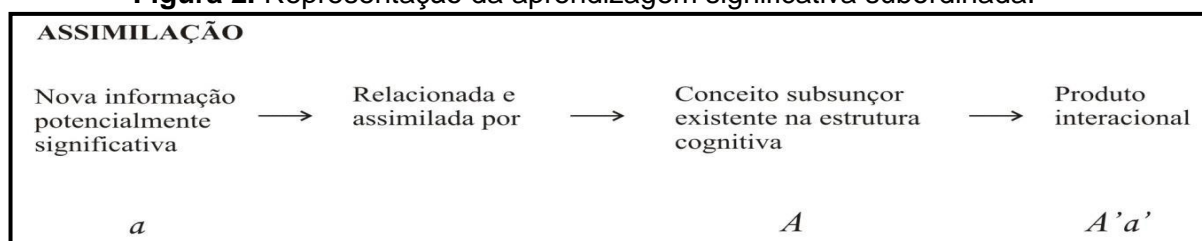
Ausubel, Novak e Hanesian (1978) distinguem três tipos de aprendizagem significativa: o representacional, o de conceitos e o proposicional. O primeiro é caracterizado pelo tipo mais básico de aprendizagem significativa, do qual os demais dependem. Como afirma Moreira (1999, p.157), “envolve a atribuição de significados a determinados símbolos (tipicamente palavras)”, no qual o aluno compreende e identifica em significado, em símbolo, os associando aos seus referentes como objetos, eventos e conceitos. Portanto, “os símbolos passam a significar para o indivíduo, aquilo que seus referentes significam” (MOREIRA, 1999, p. 157).

Aprendizagem de conceito se demonstra, de certa forma, como um aprendizado representacional, pois os conceitos estudados também são caracterizados por símbolos particulares, “porém eles são genéricos ou categóricos, representam abstrações dos atributos essenciais dos referentes e representam regularidades em eventos ou objetos” (MOREIRA, 1999, p. 157). Na aprendizagem proposicional, o objeto de estudo “não é aprender significativamente o que palavras isoladas ou combinadas representam, mas aprender o significado de ideias em forma de proposição” (MOREIRA, 1999, p. 157).

Nessa teoria, as palavras utilizadas para a construção das proposições representam também conceitos. Entretanto, o objeto final não é aprender apenas os significados dos conceitos, mas sim assimilar as ideias dialogadas verbalmente por meio desses conceitos inscritos em forma de proposição, buscando compreender aquilo que está além das somas dos significados das palavras.

Para tornar o processo de aquisição de conhecimento claro e organizado na estrutura cognitiva, Ausubel criou a “teoria da assimilação”, que demonstra “possuir um valor explanatório tanto para a aprendizagem como para a retenção” (MOREIRA, 1999, p. 157), ilustrada na Figura 2:

**Figura 2.** Representação da aprendizagem significativa subordinada.



**Fonte:** Moreira (1999, p.157).

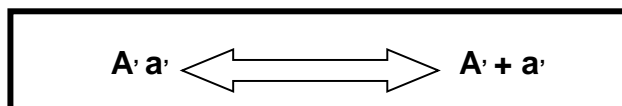
A Figura 02 expõe as etapas substanciais do processo de assimilação, no qual, ao se deparar com uma informação potencialmente significativa, o sujeito a relaciona com algum conceito subsunçor existente em sua base cognitiva e, ao compreender a informação, ele terá em sua estrutura cognitiva o seu modelo subsunçor modificado, sintetizando a construção de um novo conhecimento por meio do processo de ancoragem.

Moreira (1999) traz um exemplo importante em que esse esquema de assimilação pode ser utilizado, ao exemplificar que, durante as aulas de física, ao se trabalhar os conceitos de movimento uniforme e movimento uniformemente variado, por exemplo, com um aluno que previamente estudou os conceitos iniciais de movimento, de forma que ficou bem construído em sua base cognitiva, ele terá facilidade para associar e diferenciar esse conhecimento inicial acerca das modalidades de movimento, como: progressivo, retrógrado, acelerado e retardado.

Após esse processo, não somente os novos conceitos apresentados alusivos ao tema movimento serão construídos pelo aluno, mas o conceito inicial que ele conhecia também será modificado, tornando-se mais inclusivo em sua mente.

As novas informações, recentemente assimiladas, permanecem disponíveis durante o período de retenção; “ele admite que durante um período de tempo variável, eles permanecem dissociáveis como entidades individuais” (MOREIRA, 1999, p. 158), conforme a demonstração da Figura 3:

**Figura 3.** Esquema do processo de dissociação em um determinado período da aprendizagem.



Fonte: Moreira, (1999, p.158).

De acordo com Moreira (1999, p. 158), “o produto interacional  $A' a'$ , durante um certo período de tempo, é dissociável em  $A'$  e  $a'$ , favorecendo assim a retenção de  $a'$ ”. O autor argumenta que o processo de retenção é facilitado pelo processo de assimilação, pois o conhecimento construído ainda estará sujeito a uma tendência reducionista da organização cognitiva, uma vez que é mais fácil memorizar ideias e proposições gerais e estáveis que as novas informações assimiladas.

Contudo, após o processo de construção da aprendizagem significativa, inicia-se o segundo estágio de assimilação, denominado assimilação obliteradora. “As novas informações tornam-se espontânea e progressivamente menos dissociáveis de suas ideias-âncora (subsunçores), até que não estejam mais disponíveis”, e, portanto, não serão mais entidades individuais. “Atingindo um grau de dissociabilidade nulo e  $A' a'$ , reduzindo-se simplesmente a  $A'$ ”, como afirma Moreira (1999, p. 159). Por fim, o esquecimento é a fase de continuação temporal de assimilação.

Apesar de haver a ocorrência da assimilação obliteradora como uma continuação natural do processo de assimilação, os conceitos subsunçores não voltarão à forma original, pois o produto gerado ao final dessa fase é  $A'$ , uma vez que é o elemento mais estável do conjunto  $A' a'$ , no qual é um conceito subsunçor modificado.

A teoria de Ausubel até aqui descrita revela que as novas informações construídas ao longo do processo adquirem seus respectivos significados por meio da interação com os subsunçores na base cognitiva do sujeito, sintetizando uma relação de subordinação do novo material à estrutura cognitiva preexistente, sendo

denominada como “aprendizagem subordinada”. Dessa maneira, a aprendizagem significativa é considerada subordinada quando as novas informações, potencialmente significativas, adquirem significados para o sujeito que aprende por um processo de ancoragem cognitiva, interativa, com os conhecimentos prévios relevantes mais gerais e inclusivos existentes na sua estrutura cognitiva.

Outra forma abordada foi caracterizada como “aprendizagem superordenada”, que ocorre quando há uma proposição ou um conceito potencialmente significativo **A**, o qual é o mais inclusivo que os demais dados ordenados na estrutura cognitiva ( $a_1, a_2, a_3$ ), sendo constituídos a partir destes, que conseqüentemente também serão assimilados pelo novo conceito subsunçor elaborado. Segundo Moreira (1999, p. 159), “as ideias ( $a_1, a_2, a_3$ ) são identificadas com instâncias mais específicas de uma nova ideia superordenada **A**”, que se caracteriza como o novo conjunto de atributos essenciais formados, norteados também as ideias subordinadas.

Nessa situação, de acordo com Moreira (2012), suponhamos agora que o indivíduo não tivesse uma ideia ampla sobre o conceito de escola e fosse aprendendo de maneira significativa durante as aulas o que seria uma escola pública, uma escola aberta, uma escola confessional, uma escola militar, entre outras. Esse aluno poderia começar a fazer associações entre diferentes tipos de escola, buscando semelhanças e diferenças até chegar, por meio de um raciocínio indutivo, à construção de um conceito de escola, sintetizando, assim, o processo de aprendizagem superordenada.

A aprendizagem combinatória é mencionada por Ausubel, Novak e Hanesian (1978) como sendo um aprendizado de “menor escala”, pois tem uma relação de subordinação apenas com os conteúdos mais amplos e gerais existentes na base cognitiva do indivíduo. Como nesse modelo, não há relação de subordinação com proposições ou conceitos específicos, as novas proposições formadas nesse “molde combinatório” não serão assimiladas por outras consolidadas na estrutura cognitiva e nem poderiam assimilá-las também.

Quando há um processo de interação de ideias de forma significativa, posteriormente se chegará à fase de ancoragem dos conceitos subsunçores, que inicialmente abriram caminho para o aprendizado. A ocorrência desse processo de reconstrução dos conceitos subsunçores, uma ou mais vezes, leva à “diferenciação progressiva”, ocorrente na aprendizagem significativa subordinada. Moreira (2012) evidencia que a diferenciação progressiva é o processo de atribuição de novos

significados a um determinado subsunçor (um conceito ou uma proposição, por exemplo), resultante da sucessiva utilização desse subsunçor para dar significado a novos saberes.

Na aprendizagem superordenada ou na combinatória, as informações prévias existentes na base cognitiva do aluno podem ser reconhecidas e relacionadas por meio do estímulo de novas aprendizagens, corroborando para que os novos elementos existentes possam se organizar para construir novos significados. Essa combinação de elementos previamente existentes é denominada por Ausubel, Novak e Hanesian (1978) como reconciliação integrativa.

Ausubel, Novak e Hanesian (1978) explanam que a diferenciação progressiva é como um princípio programático de uma matéria de ensino, da qual as ideias e conceitos gerais a serem ensinados devem ser introduzidos no início do processo e posteriormente devem ser didaticamente diferenciados em detalhes e especificidade. Para sustentar essa proposta, os autores apresentam duas hipóteses:

- 1). É menos difícil para seres humanos captar aspectos diferenciados de um todo mais inclusivo previamente aprendido, do que chegar ao todo a partir de suas partes diferenciadas previamente aprendidas; 2) a organização do conteúdo de uma certa disciplina, na mente de um indivíduo, é uma estrutura hierárquica na qual as ideias mais inclusivas e gerais estão no topo e, progressivamente, incorporam proposições, conceitos e fatos menos inclusivos e mais diferenciados (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1978, p. 190).

A proposta apresentada anteriormente 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, partindo dos conceitos subsunçores existentes em suas bases cognitivas, pois é por meio de sucessivos processos de ancoragem que ele formalizará os conceitos mais específicos, sintetizando mais adiante na diferenciação progressiva.

Ao associar os conhecimentos preexistentes com as novas informações trabalhadas, concatenando as ideias e apontando as diferenças relevantes entre elas, promoverá a reconciliação integrativa. Ausubel cita que esses dois princípios tratados podem ser implementados por meio do uso de organizadores prévios; além da utilização de “mapas conceituais” (MOREIRA; BUCHWERTZ, 1993 s/p).

De acordo com Moreira,

A estrutura cognitiva pode ser influenciada de duas maneiras; 1) substancialmente pela apresentação ao aprendiz de conceitos e princípios unificadores e inclusivos, com maior poder explanatório e propriedades integradoras; 2) programaticamente, pelo emprego de métodos adequados de apresentação do conteúdo e utilização de princípios programáticos apropriados na organização sequencial da matéria de ensino (MOREIRA, 1999, p. 161).

Esses métodos pedagógicos são norteados por alguns princípios ausubelianos, que são a diferenciação progressiva, a reconciliação integrativa, a organização sequencial e consolidação. Na organização sequencial e consolidação, a aprendizagem significativa pode ser ampliada se as “ideias ancoras” comporem naturalmente as sequências didáticas do conteúdo proposto da disciplina de estudo, contribuindo para uma melhor compreensão do tópico abordado.

Contudo, os mapas conceituais são uma metodologia didático-pedagógica que são sugeridos como instrumentos úteis durante o processo instrucional do aprendiz. Nesse aspecto, Moreira (1988) afirma que

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, 1988, p.8).

Os mapas conceituais funcionam como uma 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. Os mapas conceituais, na concepção de Novak e Gowin (1984), são ferramentas que podem auxiliar o aprendiz durante o processo de aprendizagem significativa no ensino de ciências, pois são instrumentos que favorecem, para o professor, a identificação dos subsunçores e dos organizadores prévios essenciais para os conhecimentos sobre

determinado conteúdo, os quais estão formalizados na estrutura cognitiva de seus alunos.

Estamos falando de uma teoria de aprendizagem, a qual considera que a aprendizagem depende da construção do aluno. Nesse sentido, aspectos como motivação são relevantes para o aprendiz querer aprender. Essa ‘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), esse 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, que o aluno deveria ter em sua estrutura cognitiva para poder aprender significativamente este conteúdo.
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. É óbvio que, para isso, deve levar em conta não só a estrutura da matéria de ensino e organizar sua própria estrutura do aluno no início da instrução e adotar providências adequadas, se a mesma não for adequada (MOREIRA, 1999, p. 162-163).

Entretanto, durante sua teoria, Ausubel salienta que não importa o quanto potencialmente significativa seja a prática de ensino conduzida pelo professor, ou o material proposto por ele, se o aluno não tiver a intenção de se apropriar do conhecimento de forma significativa propondo-se apenas a memorizar o conhecimento de forma arbitrária e literal.

### **2.5.1 UEPS – Unidade de Ensino Potencialmente Significativa**

Segundo Moreira (2011), a Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS é uma proposta de sequência metodológica, norteadas por algumas teorias de

aprendizagem, principalmente pela TAS. Com isso, temos nas teorias de aprendizagem outras formas de abordagem que direcionam a um novo “olhar didático”, o qual propõe novas vertentes educacionais que prezam por reorganizar uma nova forma de aprender e de ensinar, contrapondo aos métodos clássicos que são praticados nos estabelecimentos de ensino.

As UEPS são sequências pedagógicas referenciadas na teoria de aprendizagem significativa. Para Moreira (2011), o aspecto mais marcante das UEPS são seus oito passos que, de maneira sucinta, exercem vários princípios relevantes de teorias de aprendizagem de diferentes autores, de maneira clara e concisa. Assim, o seu objetivo é esquematizar os procedimentos para facilitar a aprendizagem significativa de tópicos específicos de diferentes conhecimentos declarativos ou procedimentais.

Apesar disso, essas abordagens e as diversas pesquisas que vêm sendo realizadas no âmbito do ensino não chegam até as salas de aula. Diante desse contexto, Moreira (2011) explana que isso ocorre não por culpa dos psicólogos educacionais, educadores, pesquisadores, professores e alunos, mas pelo simples fato de o modelo de instrução aceito por todos ser o da narrativa e da aprendizagem mecânica, que, segundo o autor, é uma grande perda de tempo.

No processo de elaboração de uma UEPS, o educador deve ter em mente que o seu papel dentro do processo de ensino seria o de provedor de situações-problema cuidadosamente selecionadas e de organizador do ensino, além de ter pleno domínio do conteúdo que ministrará para instrumentalizar a captação de significados por parte do aluno. Todas essas ações direcionam para uma aprendizagem significativa e construtiva.

As situações-problema, na visão de Moreira (2011), dão sentido a novos conhecimentos. Segundo Vergnaud (1990), elas devem ser criadas para despertar a intencionalidade do aluno para a aprendizagem significativa e podem funcionar como organizadores prévios. Além disso, devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade frente a uma nova situação. Assim sendo, o primeiro passo para resolvê-la é construir, na memória de trabalho, um modelo mental funcional que seja um análogo estrutural dessa situação, conforme salienta Johnson-Laird (1983).

Em vista disso, a diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação devem ser levadas em conta na organização do ensino, como afirma Ausubel (1968; 2000). A avaliação da aprendizagem significativa deve ser feita em

termos de buscas de evidências de forma progressiva, em que o professor seria o provedor de novos desafios, organizador do ensino e responsável pela transposição de significados ao aluno, segundo afirmam Vergnaud (1990) e Gowin (1981).

A interação social e a linguagem são fundamentais para a captação de significados, salientam Vygotsky (1987) e Gowin (1981). Além disso, o ensino envolve uma relação triádica entre aluno, professor e materiais educativos, cujo objetivo é levar o aluno a captar e compartilhar significados que são aceitos no contexto da matéria de ensino. Entretanto, Gowin (1981) afirma que essa relação pode se tornar “quadrática” na medida em que o computador, por exemplo, for usado como material educativo mediador da aprendizagem e não apenas como uma ferramenta que auxilie o aluno durante esse processo. Nesse sentido, a aprendizagem deve acontecer de maneira significativa e crítica, não mecânica, sendo estimulada pela busca de respostas (questionamento) ao invés da memorização de respostas conhecidas, afirma Moreira (2002; 2005; 2006).

Diante do exposto, com a intenção de contribuir para amenizar, pelo menos em parte, as mazelas recorrentes nos estabelecimentos de ensino, no tocante ao processo de ensino e aprendizagem, Moreira (2011) propôs a construção da UEPS, na qual está fundamentada na aprendizagem significativa, não mecânica, que pode estimular ainda mais a pesquisa aplicada em ensino, aquela voltada especificadamente à sala de aula. Assim, ele desenvolveu alguns critérios, divididos em oito passos, para a elaboração de uma proposta de ensino:

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

2 - É preciso criar ou propor situações, discussões, questionários, mapas conceituais, mapas mentais<sup>8</sup>, situação-problema, que levem 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 - Dessa maneira, é importante propor situações-problema, em nível introdutório, levando em conta o saber prévio do aluno, com o intuito de “preparar o terreno” para a introdução do conhecimento (declarativo ou procedimental) que se

---

<sup>8</sup> 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.

pretende ensinar. Esses desafios podem funcionar como organizador prévio, pois promovem situações que permitem a estruturação de novos conhecimentos. Entretanto, para que isso aconteça, o aluno deve percebê-los como obstáculo a ser superado e, assim, deve ser capaz de modelá-los mentalmente, uma vez que os modelos mentais são funcionais para o aprendiz, resultando da percepção e dos conhecimentos prévios construídos por ele. Essas situações-problema podem ser propostas por meio de simulações computacionais, demonstrações, vídeos, problemas do cotidiano, representações veiculadas pela mídia, problemas clássicos da matéria de ensino etc., mas sempre de modo acessível e problemático, e não como exercício de aplicação rotineira.

4 - Ao serem trabalhadas as situações iniciais, é necessário apresentar ao aluno 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. Como exemplo de estratégia de ensino que poderia ser aplicada, pode ser utilizada uma breve exposição oral seguida de atividade colaborativa em pequenos grupos que, por sua vez, deve ser seguida de atividade de apresentação ou discussão em grande grupo.

5 - Ao dar continuidade na atividade proposta, o professor deve retomar os aspectos mais gerais e estruturantes daquilo que ele efetivamente pretende ensinar, relativo ao conteúdo da unidade de ensino, por meio de uma nova apresentação, que pode ser constituída de outra breve exposição oral, de um recurso computacional, de um texto etc. Todavia, nesse momento, a prática pedagógica deve ser trabalhada com um nível mais alto de complexidade em relação à primeira apresentação; em que as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade. 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. Após essa segunda apresentação, é importante propor alguma outra atividade colaborativa que leve os alunos a interagirem socialmente, negociando significados, tendo o professor como gestor. Essa 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 e a atuação professor.

6 - Desse 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. Isso deve ser feito por meio 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. O importante não é a estratégia em si, mas o modo de trabalhar o conteúdo da unidade. Após essa terceira apresentação, novas situações-problema devem ser propostas e trabalhadas em níveis mais altos de complexidade em relação às situações anteriores. Essas situações devem ser resolvidas em atividades colaborativas e depois apresentadas e/ou discutidas em grande grupo, sempre com a articulação do professor.

7 - O processo avaliativo da aprendizagem por meio da UEPS 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, evidenciem a assimilação de significados e também alguma capacidade de transferência por parte do aluno. No entanto, essas questões/situações deverão ser previamente validadas por professores experientes na matéria de ensino. Portanto, a avaliação do desempenho do aluno na UEPS deverá estar baseada, em pé de igualdade, tanto na avaliação formativa (situações, tarefas resolvidas colaborativamente, registros do professor) como na avaliação somativa.

8 - Portanto, 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, não em comportamentos finais.

Esses aspectos sequenciais auxiliam no planejamento, na organização, na aplicação e na avaliação das sequências didáticas fundamentadas teoricamente na

TAS, uma vez que, sem uma organização, como propõe as UEPS, não seria possível pôr em prática todos os princípios norteadores elencados por Moreira.

Dessa maneira, a UEPS é uma opção crítica e construtiva para os profissionais de educação que desejam romper com a prática demasiada da narrativa, visando a um aprendizado dinâmico e holístico, que promova o desenvolvimento integral de seu aluno. Sendo assim, essa unidade de ensino poderia ser fomentada nos cursos de formação de professores de diferentes áreas, com o objetivo de formar profissionais com uma nova visão educacional, preparados para exercerem uma práxis educativa de qualidade.

### **3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO**

Primeiramente, fizemos uma vasta pesquisa bibliográfica sobre o processo de ensino-aprendizagem de Ciências. Assim, observamos que existem várias vertentes defendendo um ou outro ponto de vista. As diferentes vertentes são tão fragmentadas quanto as políticas públicas que têm sido impostas como mecanismos de interferências. De acordo com Lima (2004, p.38), “[...] a pesquisa bibliográfica é a atividade de localização e consulta de fontes diversas de informações escritas, orientada pelo objetivo explícito de coletar materiais mais genéricos ou mais específicos a respeito de um tema”.

Após uma ampla varredura na leitura de livros, artigos científicos, monografias, dissertações e teses, percebemos a necessidade de propor uma proposta didático-metodológica efetiva para discutir o processo de ensino-aprendizagem de forma prática. Devido ao tempo disponível para a execução de uma pesquisa em nível de mestrado, não aplicamos nossa proposta. Portanto, nossa pesquisa é de cunho qualitativo. A abordagem qualitativa, segundo Bogdan e Biklen (2010), é caracterizada pela aquisição de dados descritivos, obtidos no contato direto dos pesquisadores com a situação estudada, com ênfase maior no processo e preocupação centrada na compreensão da perspectiva dos sujeitos participantes. O método utilizado para coletar os dados ocorreu por meio de leituras e análises das obras relacionados ao tema da pesquisa.

Como parte da nossa proposta didático metodológica, construímos um carrinho de luz, objeto didático protagonista para motivar os alunos, como estabelecido pela Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. Para Ausubel, a motivação é um parâmetro importante para o aluno realizar a aprendizagem significativa.

#### **3.1 Descrição do carrinho de luz**

O carrinho de luz ou veículo mecatrônico ou, ainda, carrinho mecatrônico criado por Braga (2019) foi considerado, por ele, como um dos mais interessantes projetos desenvolvidos no ensino médio, nos cursos técnicos e até mesmo nos primeiros anos dos cursos de engenharia. É importante destacar que os primeiros protótipos foram elaborados a partir do ano 2000.

A construção do carrinho foi adotada como metodologia didático-pedagógica primeiramente com alunos do Colégio Mater Amabilis, localizado no município de Guarulhos, em São Paulo. Braga cita que o sucesso viabilizou sua construção em outras escolas.

O trabalho foi publicado em revistas técnicas e no livro *Mehatronics for the Evil Genius* nos Estados Unidos, com traduções para o russo e chinês. O projeto completo também existe em forma de apostila em três versões, fomentadas a partir de 2002.

Há três modelos de carrinhos: o de Propulsão por Hélice e Circuito Eletrônico com transistor (VM1), Propulsão por Engrenagem e Circuito Eletrônico com transistor (VM2) e Propulsão por Polia e Circuito Eletrônico com SCR do inglês (*Silicon Controlled Rectifier*), denominado VM3. Esses modelos são compostos por sistemas eletrônicos diferentes e mecanismo de propulsão diverso, o qual possibilita fazer uma combinação que nos leva a cinco protótipos de veículos.

O modelo VM1, a primeira versão que foi construída, é impulsionado por uma hélice. O circuito usa um sensor LDR que, ao ser iluminado por uma lanterna ou pela luz ambiente, dispara o motor, fazendo que o carrinho parta em alta velocidade rumo à linha de chegada. O transistor faz que o motor só funcione quando o sensor for iluminado, desligando quando ele deixar de receber luz.

No modelo VM2, a propulsão é acionada por engrenagem. E o modelo VM3 utiliza propulsão por polias.

Neste trabalho, construímos o modelo VM1, por ser mais viável economicamente. A seguir, elencamos os materiais necessários para sua montagem:

- Micromotor de corrente contínua de 3V a 6V;
- Sensor de luz do tipo LDR;
- 4 pilhas AA de 1,5 Volts cada;
- Suporte para as pilhas;
- Uma barra/ponte de terminais com cinco vias;
- Um transistor Darlington;
- Uma hélice que pode ser confeccionada com materiais recicláveis;
- Um resistor de filme de carbono com resistência de 47M (4700000Ω), com potência de 1/4 Watt e tolerância de 5%;

- 4 rodinhas;
- Materiais recicláveis para a montagem da carcaça.

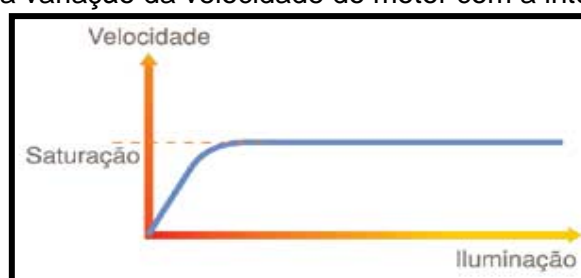
A montagem desse protótipo utiliza uma ponte de terminais de cinco vias, onde são soldados os componentes eletrônicos, conforme demonstraremos na seção 3.1.2. Ele possui uma hélice acoplada a um motor de corrente contínua que é controlado por um circuito eletrônico.

O mecanismo de funcionamento acontece quando a luz visível incide sobre o resistor LDR, no qual aciona o sistema elétrico do protótipo, fazendo que ele saia do estado de repouso e entre em movimento. No entanto, como o LDR não pode controlar sozinho a corrente intensa do motor, é usado um transistor Darlington de potência. Esse transistor atua como uma chave que “liga” quando o LDR recebe luz e conduz a corrente.

Ao ligar o transistor Darlington, ele alimenta o motor que na sequência aciona a hélice. Assim, ao instalar o sensor de luz, é preciso desenvolver uma pequena cápsula para usar como “tampa do sensor”, de modo que ele receba luz apenas no momento planejado e, diante disso, possamos controlar o sistema do carrinho. Entretanto, a velocidade máxima do motor não depende da intensidade da luz quando ela ultrapassa um certo valor. A Figura 4 ilustra o gráfico da variação da velocidade do motor com a intensidade de iluminação.

Com a luz forte, a corrente aumenta até um ponto em que, por mais intensa que a incidência seja, a corrente se estabiliza em um determinado valor sistêmico. Dessa forma, não adiantaria ter uma lanterna excessivamente “forte” ou aproximá-la demasiadamente do LDR.

**Figura 4:** Gráfico da variação da velocidade do motor com a intensidade de iluminação



**Fonte:** Braga (2019).

A velocidade do carrinho dependerá da sua aerodinâmica, da leveza dos materiais utilizados, da forma da hélice, da presença da força de atrito e da

intensidade luminosa. Ou seja, além dos conceitos físicos e químicos evidentemente envolvidos, há um leque de possibilidades na construção de um protótipo que vai interferir diretamente no desempenho do carrinho.

Braga (2019) aponta que, por meio da construção do carrinho, o aluno poderá ser capaz de desenvolver diversos conceitos relacionados ao funcionamento dos motores elétricos, da propulsão por hélice, de algumas propriedades do sensor LDR por meio da operação com a fotocélula, inclusive visualizar e testar o controle de chaveamento usando um transistor Darlington, e de como melhorar o desempenho de um veículo reduzindo o atrito, além de possibilitar ao professor explorar conteúdos interdisciplinares.

O quadro 1 apresenta algumas de nossas sugestões sobre os conteúdos que podem ser abordados. Apesar de estarmos mais focados nos alunos do Ensino Médio, salientamos que é possível adaptar os conteúdos para qualquer nível de ensino.

**Quadro 1:** Conteúdos que podem ser trabalhados a partir do protótipo VM1

<b>Disciplina</b>	<b>Conteúdos</b>	<b>Conceitos que podem ser explorados</b>
<b>Química</b>	Estrutura dos sólidos	Reconhecer as diferenças entre os sólidos cristalinos e amorfos e suas principais características.
<b>Química</b>	Ligações químicas	Reconhecer as ligações químicas estabelecidas entre íons, formados por metais e ametais. Reconhecer os modelos para constituição das substâncias dos compostos iônicos e suas representações. Explicar as propriedades das substâncias metálicas, tais como a condução de calor e eletricidade por meio da ligação metálica.
<b>Química e Meio Ambiente</b>	Ciclo dos materiais no ambiente, seu uso pelos humanos e as consequências para o planeta.	Reconhecer as propriedades dos materiais recicláveis, tais como plásticos, metais, papel e vidro. Relacionar o tempo de durabilidade com as ligações químicas. Identificar a constituição de diferentes materiais orgânicos, tais como, polímeros naturais e sintéticos.
<b>Física e Meio Ambiente</b>	A energia solar fotovoltaica e os benefícios para o meio ambiente.	Reconhecer que a energia solar fotovoltaica é a conversão direta da radiação solar em energia elétrica, sendo uma fonte de energia alternativa. Identificar como acontece essa conversão pelas células fotovoltaicas, compostas por material semicondutor, normalmente o silício.
<b>Química</b>	Modelos atômicos	Reconhecer o modelo atômico de Bohr em detrimento do modelo atômico de Rutherford. Identificar a natureza quântica da matéria.
<b>Química e Física</b>	Processos de oxidação e redução e corrente elétrica	Relacionar o movimento de elétrons e de íons com a condução de corrente elétrica. Classificar os processos químicos, como oxidação ou redução, de acordo com a variação de carga elétrica das espécies. Identificar corrente elétrica contínua e alternada.
<b>Física</b>	Leis de Newton	Relacionar os conceitos de força, inércia, movimento,

		referencial inercial, entre outros.
<b>Física</b>	Eletricidade e Eletromagnetismo	Identificar como funcionam os motores elétricos. Conhecer as propriedades físicas dos circuitos elétricos, seus principais componentes e suas respectivas grandezas.
<b>Física</b>	Condução de eletricidade nos sólidos	Identificar as propriedades elétricas dos sólidos. Identificar as principais características dos isolantes elétricos e dos metais condutores.
<b>Física</b>	Semicondutores	Reconhecer as propriedades físicas dos semicondutores. Reconhecer o funcionamento do diodo retificador, do resistor (LDR) e do transistor de junção.

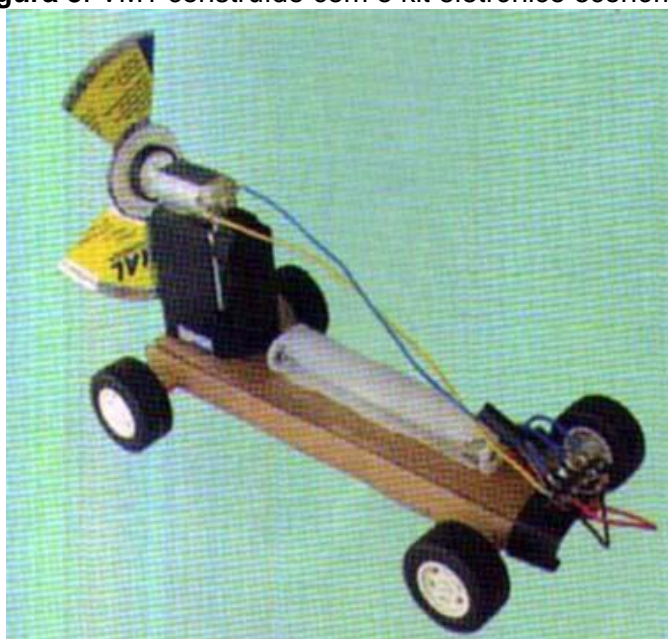
Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.1.2 Metodologia de construção do carrinho de luz

O projeto do veículo mecatrônico, conforme apresentado na Figura 5, é um empreendimento que permite explorar diversos conceitos das áreas de Ciências. Esse projeto possui como base um chassi de papelão (ou outro material leve), composto por rodinhas de brinquedo adquiridas em lojas ou até mesmo reaproveitadas de carrinhos fora de uso, além de uma hélice de propulsão, que pode ser construída por meio do uso de objetos leves e por um kit de componentes eletrônicos, conforme o quadro 2.

A aquisição do material para montagem deste protótipo é mais acessível que o análogo oferecido pelo grupo Lego.

**Figura 5:** VM1 construído com o kit eletrônico econômico



Fonte: Braga (2019).

**Quadro 2:** componentes eletrônicos do veículo mecatrônico VM1 em janeiro de 2020

Qtd.	Descrição	Valor unitário	Valor Parcial
1	Transistor TIP122 NPN	R\$ 1,37	R\$ 1,37
1	Resistor 4M7 5% (1/4W)	R\$ 0,12	R\$ 0,12
1	LDR 10MM	R\$ 2,08	R\$2,08
1	Barra/Ponte De Terminais 20 Vias	R\$ 4,63	R\$ 4,63
1	Micromotor DC 3V a 6V 200mA 65g.cm	R\$ 9,43	R\$9,43
1	Suporte para 4 Pilhas Pequenas AA (2 Lados) Preto	R\$ 1,66	R\$1,66
			<b>Valor Total: R\$ 19,29</b>

**Fonte:** Soldafria. Disponível em: <<https://www.soldafria.com.br>>. Acesso: 22 jan de 2020.

### 3.2.1 Montagem do Veículo

O chassi pode ser de papelão, plástico ou madeira, com o formato mostrado na Figura 6.

**Figura 6:** Formato do chassi de papelão

**Fonte:** Elaborado pelo Autor.

Verifica-se que as dimensões são múltiplas: o comprimento pode variar de 20 a 25 cm, com largura de 4 a 6 cm e altura do chassi de 0,5 a 2,5 cm. Dessa forma, deve ser escolhido um material leve e que seja fácil de moldar ao formato desejado. Dando sequência à construção do protótipo, para a fixação dos eixos, podem ser utilizados canudinhos de refresco, que precisam ser cortados de acordo com o comprimento dos eixos das rodas para desenvolverem um movimento uniforme junto ao sistema de carroceria. Os canudinhos deverão ser colados no chassi com cuidado para que tenham um alinhamento perfeito, pois o veículo deve se mover em linha reta, o que é importante numa competição. Na Figura 7, é ilustrado como eles devem ser colados.

Para efetuar a colagem, podem ser usados alguns tipos de cola de secagem instantânea, como: cola superbonder, cola superciano etc. Como foi salientado, as rodas podem ser obtidas de carrinhos de brinquedo fora de uso.

Portanto, realize testes com rodas revestidas de plástico ou borracha bem lisas e depois avalie quais delas apresentaram menor atrito, contribuindo para a performance do veículo. Vale ressaltar que o diâmetro da roda deve ter de 2 a 5 cm, e a distância entre os eixos de 6 a 12 cm. Contudo, deve-se evitar o uso de rodas pesadas, pois elas influenciam no desempenho do protótipo. Assim sendo, na Figura 8, temos a colocação das rodas no experimento.

**Figura 7:** Colagem de canudinhos no chassi de papelão para a sustentação dos eixos



Fonte: Elaborado pelo Autor.

**Figura 8:** Colocação das rodas no chassi

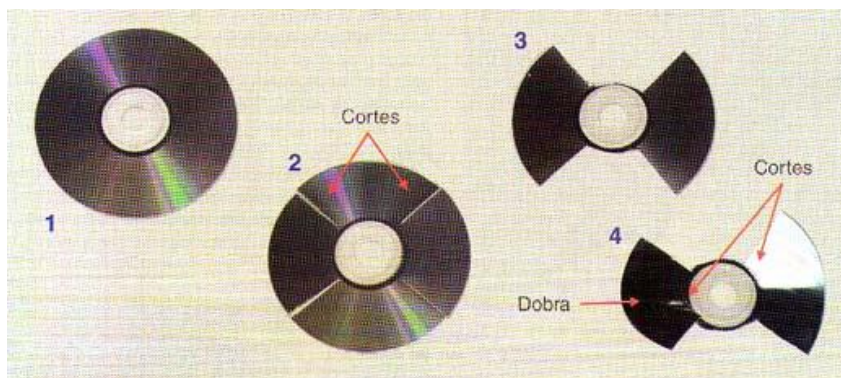


Fonte: Elaborado pelo Autor.

O suporte para a instalação do motor pode ser construído a partir de uma caixinha de papelão, plástico, isopor ou mesmo um objeto leve com o formato apropriado, por exemplo uma pequena caixa, confeccionado com um material leve e altura máxima recomendada de até 6 cm, sendo que as outras dimensões, como largura e comprimento, dependerão da área do chassi elaborado. O suporte de pilhas deve ser colado no chassi, o circuito eletrônico, do mesmo modo, deve ser fixado com fita adesiva ou outro tipo de recurso que o aluno deseje empregar.

Para a hélice propulsora, existem diversas opções de materiais, como a ventoinha de uma fonte de alimentação ou até mesmo de computadores que não estão mais em uso, pois, devido ao seu formato, proporciona uma aerodinâmica satisfatória, contribuindo para um bom desempenho do protótipo. Contudo, cabe a cada indivíduo descobrir o melhor objeto e o formato que proporcione uma aerodinâmica satisfatória, além de avaliar a melhor inclinação das pás que resulte numa melhor propulsão. Desse modo, na Figura 9, é ilustrada a construção da hélice fazendo uso de um CD.

**Figura 9:** Cortando e dobrando um CD para construção da hélice



**Fonte:** Braga (2019).

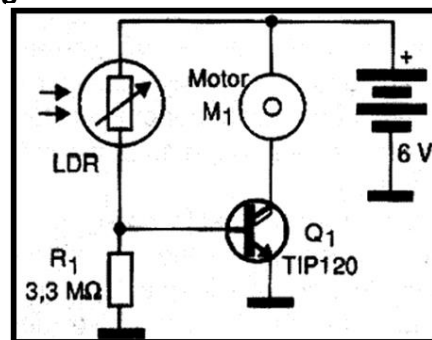
Os CDs são moles e podem ser cortados com uma tesoura e dobrados com cuidado para não quebrar. Para facilitar a dobra, é importante, após o recorte, colocar o CD sobre a chama de uma vela ou sobre o bico de Bunsen, caso haja laboratório com esse equipamento. Na hélice, deve ser colada uma rodinha de carrinho de plástico, em que o orifício desta tenha a mesma espessura que o eixo do motor, de modo que se ajuste a ele perfeitamente. Na sequência, é preciso inserir uma gota de cola no eixo para fixar bem essa hélice para que ela não “patine” quando o motor girar. Para uma competição, é interessante limitar o tamanho da

hélice, por exemplo diâmetro de no máximo 13 cm, para que todos os veículos estejam norteados pelo mesmo padrão de aerodinâmica.

O circuito eletrônico tem um fotossensor (LDR) que deve ficar posicionado no modo que veremos mais adiante, e este sensor deve estar protegido por um pedaço de canudinho de plástico de aproximadamente 1,5 cm com fita isolante em sua volta para evitar a luz lateral. A pintura e o aspecto final do carrinho ficam por conta das equipes de alunos que podem fazer um modelo único de pintura ou até montar uma carroceria usando materiais leves como o papelão, plástico, etc.

O circuito receptor tem como por base um resistor LDR (foto-resistor) que aciona um transistor Darlington de potência, o qual tem como carga um motor de corrente contínua, no qual o LDR (*Light Dependent Resistor*) é um componente cuja resistência elétrica depende da quantidade de luz que incide na sua superfície sensível feita de sulfeto de cádmio. Esse tipo de componente é usado em equipamentos eletrônicos, como alarmes, nos postes de iluminação pública para acender as luzes ao anoitecer e em muitas outras aplicações. O mapa do circuito é mostrado na Figura 10.

**Figura 10:** O circuito eletrônico do VM1



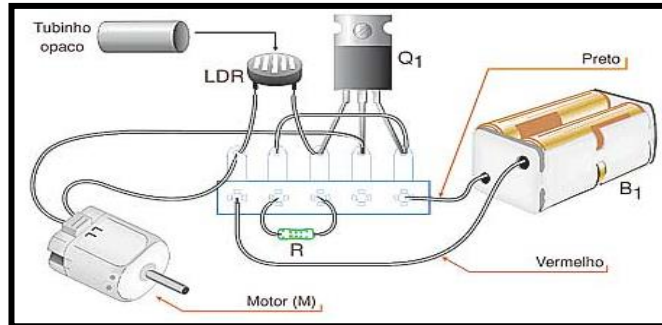
**Fonte:** Braga (2019).

O processo de funcionamento do carrinho é bem simples, pois, no instante em que o LDR é iluminado, ocorre o efeito fotoelétrico, do qual origina uma corrente que flui por esse componente polarizando a base do transistor. Com isso, o transistor conduz e deixa passar a corrente elétrica que impulsiona o motor.

A montagem do circuito se dá por meio do uso de uma ponte de terminal composta por cinco terminais, a qual pode ser obtida a partir de aparelhos antigos, ou mesmo em lojas de equipamentos eletrônicos, onde serão soldados os componentes. Essa montagem pode ser desenvolvida junto a alunos com baixo ou nenhum conhecimento sobre eletrônica, pois não necessita de recursos especiais e

proporciona uma experiência dinâmica e construtiva. O esquema de montagem em ponte é demonstrado na Figura 11.

**Figura 11:** Montagem do circuito em ponte de terminais



**Fonte:** Braga (2019).

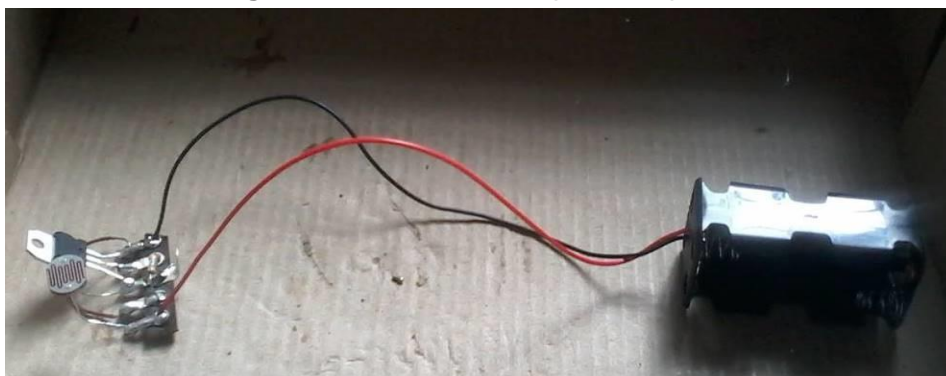
Nas Figuras 12, 13, 14, 15, e 16, mostramos a sequência da montagem do circuito eletrônico passo a passo:

**Figura 12:** Soldando os componentes na ponte de terminais



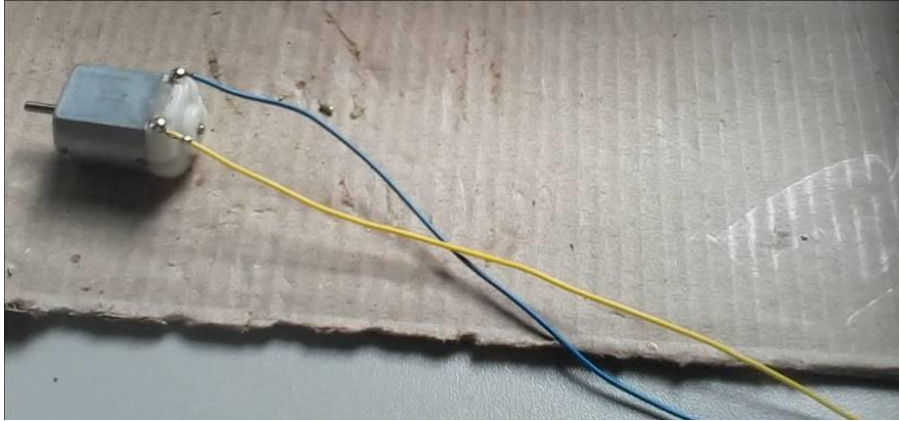
**Fonte:** Elaborado pelo Autor.

**Figura 13:** Soldando o suporte de pilhas



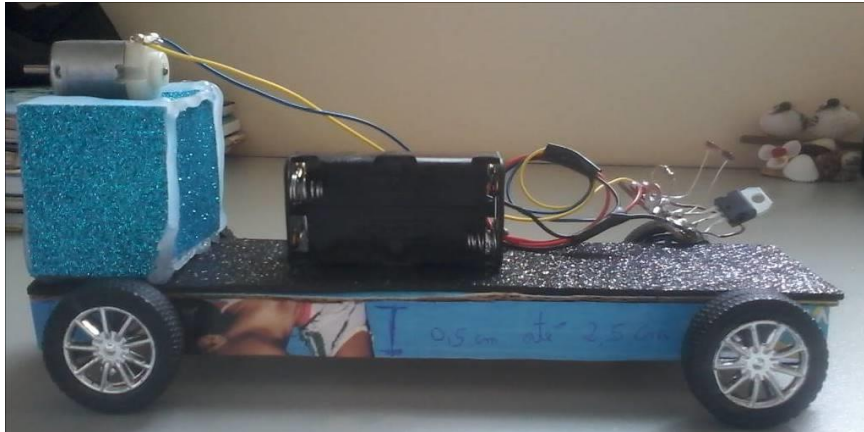
**Fonte:** Elaborado pelo Autor.

**Figura 14:** Soldando os fios do motor



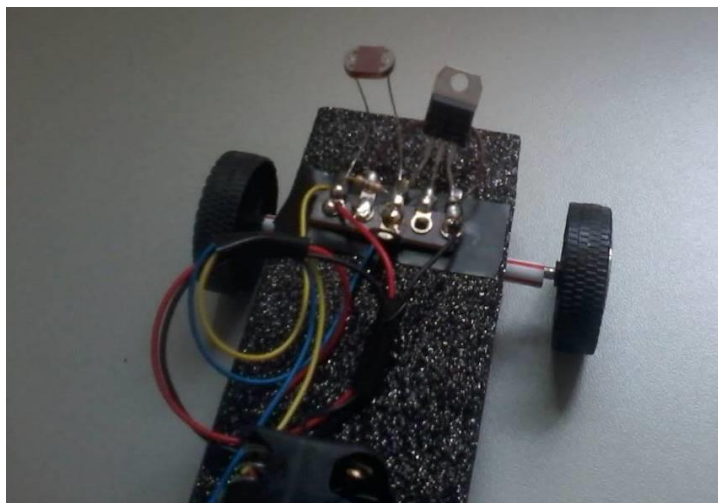
Fonte: Elaborado pelo Autor.

**Figura 15:** Colando o suporte de pilhas



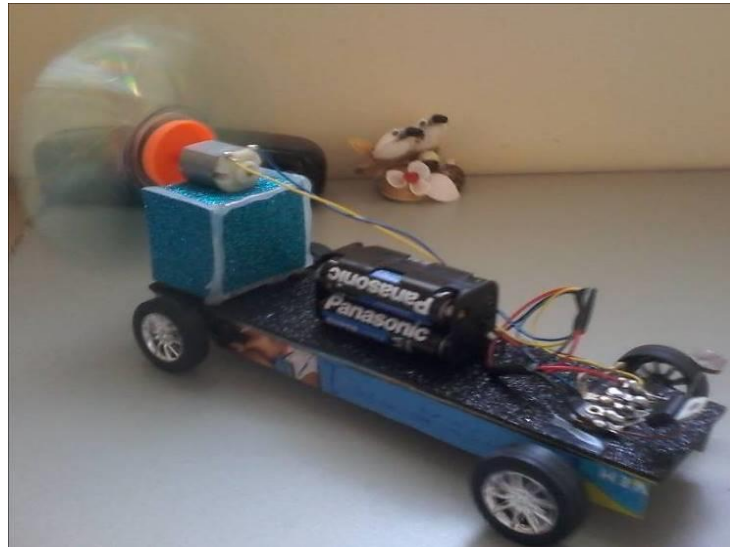
Fonte: Elaborado pelo Autor.

**Figura 16:** Fixação da ponte de terminais no chassi do veículo mecatrônico



Fonte: Elaborado pelo Autor.

**Figura 17:** O VM1 pronto e em funcionamento



**Fonte:** Elaborado pelo Autor.

Na montagem, tenha os seguintes cuidados: observe a polaridade dos fios do suporte de pilhas (cores), a posição do transistor, tenha cuidado na soldagem do LDR, pois é um componente delicado, e coloque sobre esse componente um pedaço de canudinho encapado com fita isolante ou adesiva escura para que não permita a passagem da radiação da luz.

Entretanto, antes de fixar com cola os componentes eletrônicos no protótipo, é preciso simular seu funcionamento. Para realizar o teste, primeiramente mantenha coberto o sensor LDR de modo que ele não receba luz; coloque as pilhas no suporte e a seguir destampe o sensor para que sua superfície receba luz ou a ilumine com uma lanterna. Ao fazer isso, o motor deve começar a girar. Todavia, se o motor não girar, retire as pilhas e as recoloque no suporte de modo a melhorar seu contato. Comprovado o funcionamento, cole o motor, o suporte de pilhas e o circuito no chassi, com o LDR devidamente posicionado.

Coloque a hélice e, depois da cola secar, se for possível, teste o circuito em local com pouca iluminação de modo que ela não acione indevidamente o circuito. Para fazer isso, use a lanterna; se não for possível, mantenha coberto o sensor até o momento ideal para o teste. Se a hélice girar “ao contrário”, jogando o ar para frente, e não para trás, basta inverter os fios do motor para resolver o problema. Desse modo, comprovado o funcionamento, os alunos devem procurar obter o máximo de desempenho do seu carro, alterando ou modificando seus elementos, os quais contribuem para uma melhor performance do protótipo.

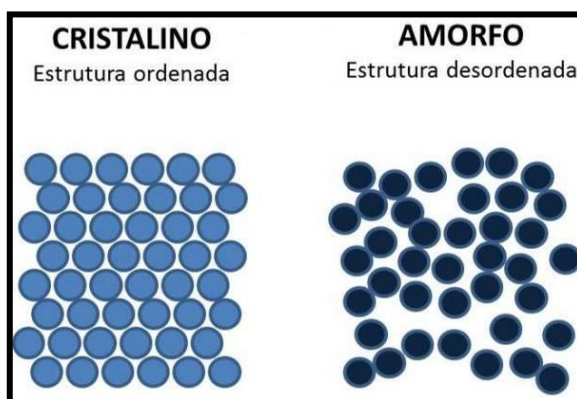
## 3.2 Conteúdos das Ciências

Nesta subseção, apresentamos os principais conteúdos das Ciências envolvidos na explicação do funcionamento do carrinho. Eles podem ser abordados na UEPS, dependendo da série.

### 3.2.1 Estruturas Cristalinas

Os materiais sólidos podem ser classificados em cristalinos ou não cristalinos, conhecidos por amorfos. Essa classificação define a organização de longo alcance de seus elementos constituintes, átomos<sup>9</sup>, moléculas ou íons<sup>10</sup>. A Figura 18 representa um desenho esquemático para esses dois tipos de sólidos.

**Figura 18:** Diagrama esquemático para a disposição dos elementos constituintes do material.



**Fonte:** Magmattec, Disponível em: < <https://www.magmattec.com.br/materiais-magneticos-e-aplicacoes/o-que-sao-materiais-nanocristalinos> >. Acesso em: 30/10/2019.

Neste trabalho, vamos discutir mais detalhadamente os sólidos cristalinos. Eles apresentam organização de longo alcance e podem ser descritos por unidades repetidoras, definidas por célula unitária.

De acordo com Askeland e Wright (2014), célula unitária é descrita como a menor parte constituinte do cristal, responsável pela conservação das propriedades originais deste e se repete ao longo de toda sua extensão. No decorrer do século XX, o cientista francês Auguste Bravais percebeu que todos os sólidos poderiam ser descritos com a utilização de sete sistemas cristalinos básicos, conforme o Quadro 03 e a Figura 19.

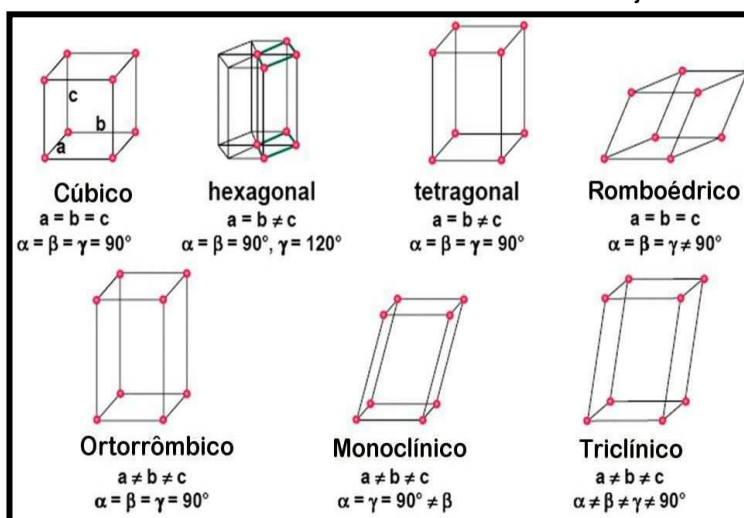
<sup>9</sup>Átomos são unidades elementares que constituem a matéria.

<sup>10</sup> Íons é o nome dado quando um átomo perde ou ganha elétrons. Um íon pode ser positivo ou negativo. No primeiro caso, o átomo perde elétrons, no segundo caso, ganha elétrons.

**Quadro 03:** Características dos sete sistemas cristalinos

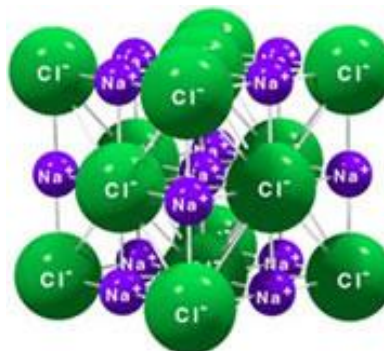
SISTEMAS	EIXOS	ÂNGULOS ENTRE OS EIXOS
<b>CÚBICO</b>	$a=b=c$	Todos os ângulos = $90^\circ$
<b>TETRAGONAL</b>	$a=b \neq c$	Todos os ângulos = $90^\circ$
<b>ORTORRÔMBICO</b>	$a \neq b \neq c$	Todos os ângulos = $90^\circ$
<b>MONOCLÍNICO</b>	$a \neq b \neq c$	2 ângulos = $90^\circ$ e 1 ângulo $\neq 90^\circ$
<b>TRICLÍNICO</b>	$a \neq b \neq c$	Todos ângulos diferentes e nenhum igual a $90^\circ$
<b>HEXAGONAL</b>	$a_1=a_2=a_3 \neq c$	3 ângulos = $90^\circ$ e 1 ângulo = $120^\circ$
<b>ROMBOÉDRICO</b>	$a=b=c$	Todos os ângulos iguais, mas diferentes de $90^\circ$

**Fonte:** Askeland; Wright (2014, p. 52).

**Figura 19:** Os sete Modelos de células unitárias dos arranjos cristalinos

**Fonte:** Laboratório de Física Moderna - Instituto de Física "Gleb Wataghin". Disponível em: < <https://sites.ifi.unicamp.br/lfmoderna/conteudos/difracao-de-raio-x/> >. Acesso em: 30/10/2019.

A Figura 20 mostra um exemplo particular para o sal de cozinha como um sólido cristalino cúbico de corpo centrado, com célula cristalina conhecida abreviadamente por CCC.

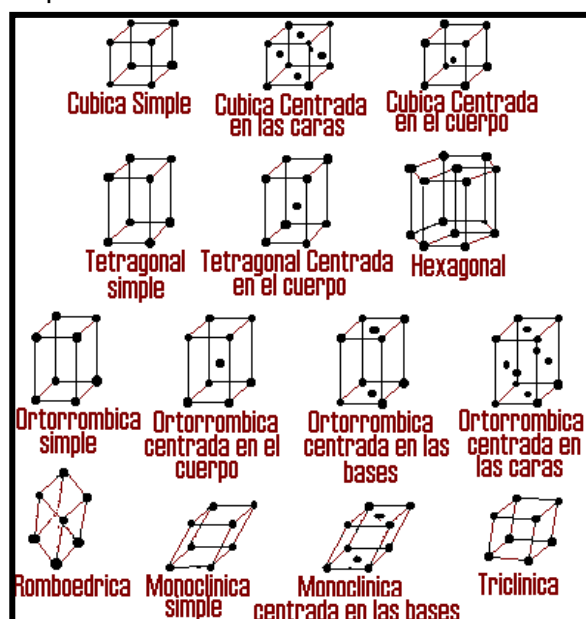
**Figura 20:** Estrutura cristalina do cloreto de sódio (sal comum)

**Fonte:** Mundo Educação. Disponível em: < <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/cloreto-sodio.htm> >. Acesso em: 20/02/2020.

Quando os parâmetros de simetria são levados em consideração, as 7 redes de Bravais podem ser representadas por 14 células unitárias, como mostra a Figura 21.

As propriedades dos sólidos cristalinos dependem de suas ligações químicas, as quais definem a distância e a distribuição espacial de seus átomos ou íons (MOFFAT; PEARSALL; WULFF, 1972).

**Figura 21:** Os quatorze modelos de células unitária da rede de Bravais



**Fonte:** Química del Estado Sólido. Disponível em:

<<https://quimicadelestadosolido.wordpress.com/2012/12/05/redes-de-bravais/redes-bravas/>>. Acesso dia 20/02/2020.

Pereira (2019) salienta que sólidos cristalinos podem apresentar diferentes fenômenos, como piezoeletricidade, semicondutividade, piroeletricidade, ferroeletricidades, magnetização, entre outros.

Neste trabalho, focalizaremos nossa atenção nos materiais que apresentam a semicondutividade, os chamados semicondutores. Esses materiais são importantes para o campo tecnológico contemporâneo.

### 3.2.2 Semicondutores, resistor LDR e o Transistor Darlington

Antes de definirmos cientificamente as principais propriedades dos semicondutores, é importante dizer que os sólidos cristalinos que oferecem pouca resistência ao deslocamento da carga elétrica são chamados de condutores,

enquanto os que oferecem alta resistência são chamados de isolantes. Os semicondutores são materiais que apresentam resistência intermediária.

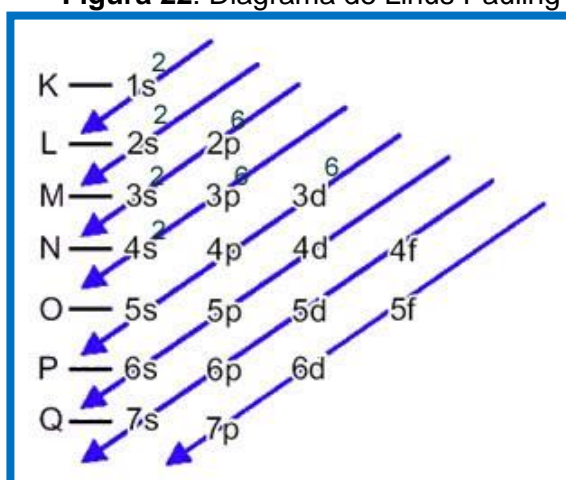
A quantificação da resistência é dada pela resistividade, simbolizada pela letra  $\rho$ , cuja unidade no Sistema Internacional ou SI é o ohm-metro ( $\Omega\text{m}$ ), também denominada resistência elétrica específica. Quanto mais baixa for a resistividade, mais facilmente o material permite a passagem da carga elétrica.

Para compreendermos melhor esse comportamento elétrico dos sólidos, vamos imaginar um átomo constituído por um núcleo e seus elétrons girando ao redor em diferentes camadas, seguindo a distribuição energética como definida por Linus Pauling, dada pela Figura 22. Ou seja, os elétrons em camadas mais próximas ao núcleo apresentam maior energia de ligação. Essa energia vai diminuindo com o afastamento do elétron em relação ao núcleo. Assim, em um átomo isolado, os elétrons ocupam níveis de energia descontínuos e só trocam de camada quando ganham ou perdem energia.

No cristal, devido ao grande número de átomos, os elétrons de um determinado nível energético se aproximam dos outros elétrons no mesmo nível de energia. Essa aproximação modifica ligeiramente os níveis de energia de cada camada, formando bandas de energia, constituídas com camadas muito próximas umas das outras.

Halliday, Resnick e Walker (2012) confirmam que, devido à proximidade entre as camadas de energia nas bandas de energia, os elétrons transitam pela banda como se apresentassem energia contínua.

**Figura 22:** Diagrama de Linus Pauling

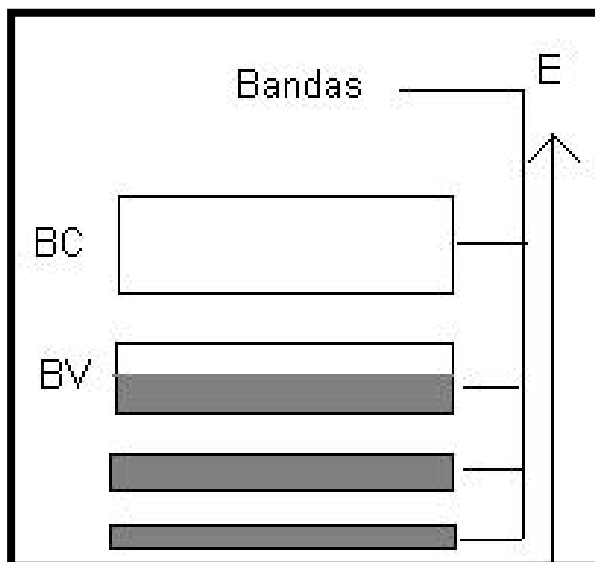


**Fonte:** Brasil Escola. Disponível em:

<<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/distribuicao-eletronica-ions.htm>>. Acesso em: 21/02/2020.

Dependendo do comportamento dos elétrons nessas bandas de energia, elas recebem o nome de bandas proibidas (Gap), bandas de condução (BC), ou bandas de valência (BV). As características de cada uma estão ilustradas na Figura 23:

**Figura 23:** Modelo de uma banda de energia



**Fonte:** Infoescola. Disponível em:

<<https://www.infoescola.com/fisica/semicondutores/>>. Acesso em: 22/02/2020.

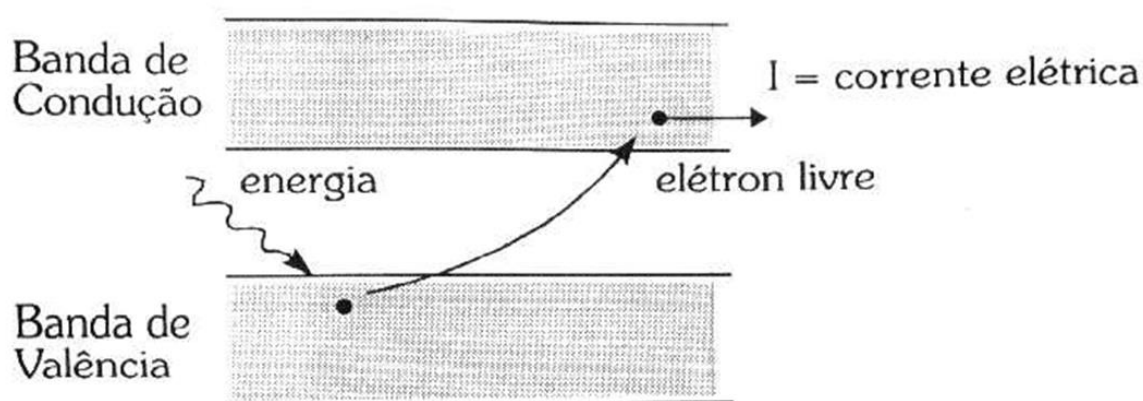
As bandas BC e BV são separadas por Lacunas, ou seja, pela banda proibida, ou *Gap*, do inglês. Para o elétron sair da banda de valência, parcialmente preenchida, e saltar para a banda de condução, onde poderá se mover livremente, ele precisa de energia suficiente para saltar pelo *Gap*.

Quando um material é aquecido ou exposto a um campo eletromagnético, os seus elétrons podem adquirir energia para sair da banda de valência e ir para a banda de condução, sendo promovidos a elétrons livres. O ganho de energia e o conseqüente salto estão representados esquematicamente na Figura 24.

Todavia, quando o intervalo de energia entre uma banda e outra é maior que a energia que o elétron ganha pelo aquecimento ou pela incidência de ondas eletromagnéticas, o salto não pode ser observado. São os materiais isolantes elétricos. Quando as bandas estão próximas ou até mesmo se sobrepõem, o material é dito condutor. Os semicondutores apresentam energia intermediária entre a banda de valência e a banda de condução. Isso corresponde ao *Gap* da ordem de 1,1 eV (elétron – volt) para o silício e 0,72 eV para o germânio. Para valores maiores, o material é considerado um isolante elétrico.

Halliday, Resnick e Walker (2012) explicam que a estrutura de bandas de um semicondutor é parecida com a de um isolante, a diferença está apenas no valor da energia de *Gap*. Como exemplo disso, o diamante, considerado um isolante elétrico, apresenta um *Gap* de 5,5 eV.

**Figura 24:** Diagrama esquemático para o salto de elétrons livres da banda de valência para a banda de condução



**Fonte:** IFRN. Disponível em:

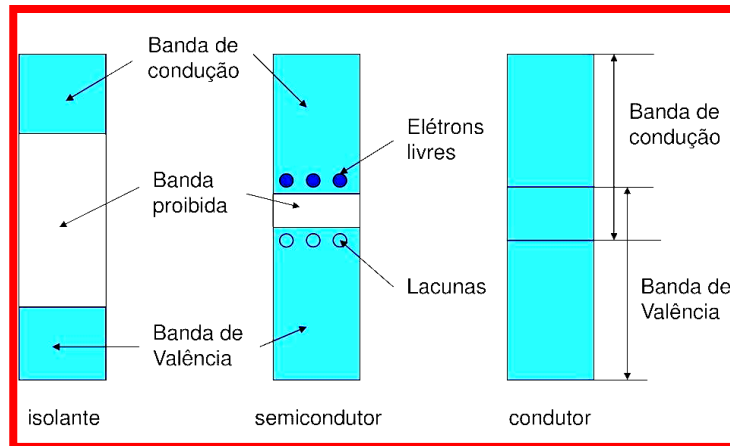
<<https://professor.ifrn.edu.br/jonathanpereira/disciplinas/eletronica-analogica/aula-2-teoria-de-semicondutores>>. Acesso em: 22/02/2020.

Segundo Halliday, Resnick e Walker (2012), para que exista uma corrente elétrica, é necessário que a energia cinética média dos elétrons do material aumente e, para isso, alguns elétrons devem passar para um nível mais alto de energia. Sendo assim, dizemos que uma substância é isolante se a aplicação de uma diferença de potencial à substância não produz uma corrente elétrica. Nesses materiais, para que exista passagem de energia, é necessário que a energia cinética média dos elétrons do material aumente. Nos isolantes, a banda de maior energia constituída por elétrons está totalmente ocupada, e o princípio da exclusão de Pauli impede que elétrons sejam transferidos para níveis ocupados.

Portanto, nos materiais com propriedades isolantes, os elétrons tendem a ocupar sempre os estados de menor energia. Assim, Mello e Biasi (1975) explanam que as bandas permitidas mais baixas (banda de valência) estão sempre cheias. Nesse caso, os elétrons, quando submetidos a um campo elétrico, não podem se propagar, pois qualquer movimento aumentaria sua energia, colocando-os dentro da banda proibida. Desse modo, a largura dessa banda (*Gap*) define o comportamento elétrico do material, conforme a Figura 25.

Nessa situação, os elétrons da banda, inteiramente ocupada do isolante, não têm para onde ir. Halliday, Resnick e Walker (2012) exemplificam tal fenômeno como se algum indivíduo tentasse escalar uma escada estreita com uma pessoa parada em cada degrau; por falta de degraus vazios, a pessoa não conseguiria subir.

**Figura 25:** Representação das bandas de energia para os isolantes, metais e semicondutores

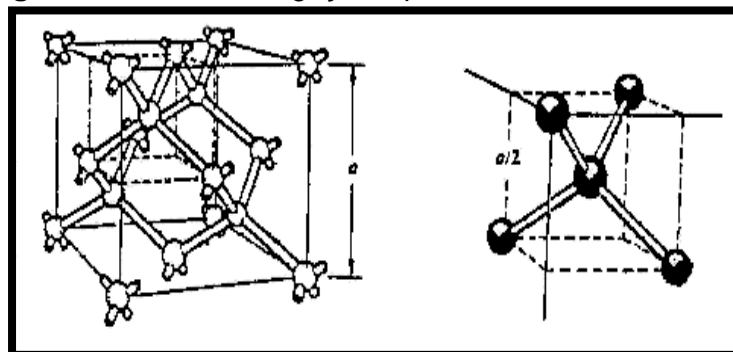


**Fonte:** Halliday, Resnick e Walker (2012, p. 271,272 e 279) (adaptado).

Mello e Biasi (1975) afirmam que se, por outro lado, os elétrons enchem apenas parcialmente uma das bandas permitidas (valência e/ou de condução), os elétrons podem mover-se com facilidade sob a ação de campos elétricos, passando para estados de energia ligeiramente maiores.

Dessa maneira, os semicondutores possuem 4 elétrons na camada de valência e precisam de mais 4 para se tornarem estáveis (conforme dita a regra do octeto). Assim, por meio da ligação covalente entre os elétrons de átomos vizinhos, eles formam uma ligação firme e estável, como representado esquematicamente pela Figura 26.

**Figura 26:** Modelo de ligações químicas de semicondutores



**Fonte:** Swart (2008).

Os sólidos cristalinos silício e germânio são os principais semicondutores usados na indústria para a fabricação de componentes eletrônicos. Atualmente, o transistor de germânio não é mais utilizado, tendo sido substituído pelo de silício, que possui características condutoras melhores. Quando um semicondutor não contém impurezas em quantidade suficiente para alterar suas propriedades, dizemos que ele é um semicondutor intrínseco (puro).

É importante ressaltar que, no Brasil, não temos tecnologia para a obtenção desses materiais com alta pureza, por isso materiais com pureza de 99,999% são importados dos Estados Unidos da América. A falta de investimentos na pesquisa brasileira produz esses percalços tanto na produção de componentes eletrônicos quanto no desenvolvimento tecnológico de ponta.

Mello e Biasi (1975) explicam que, em um semicondutor intrínseco, o número de elétrons é igual ao número de buracos (prótons), pois um par elétron-buraco é gerado ou eliminado no processo a cada vez que uma ligação covalente é rompida ou formada. Segundo os autores, a adição de pequenas quantidades de outras substâncias (esse processo de dopagem é controlado) a um semicondutor pode alterar de forma considerável as propriedades do elemento, transformando-o em um material extrínseco (não-puro). Essas impurezas podem substituir os átomos da rede cristalina (impurezas substitucionais) ou ocupar posições vagas entre os átomos da rede (impurezas intersticiais).

Convencionalmente, as propriedades dos semicondutores são controladas por meio da adição de algumas impurezas em concentrações minimamente calculadas. Posto isso, as substâncias químicas substitucionais mais usadas são os elementos pentavalentes, como: arsênio, fósforo, antimônio; e os trivalentes, como: boro, alumínio, gálio, índio.

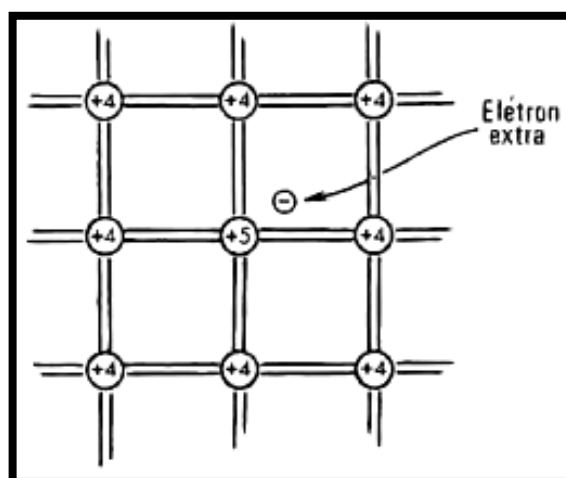
Diante do exposto, temos semicondutores extrínsecos de dois modelos, os do tipo N e os do tipo P. Dizemos que um semicondutor é do tipo N, quando foi dopado com impurezas pentavalentes, ou seja, com átomos que possuem cinco elétrons na última camada. Um exemplo típico, segundo Mello e Biasi (1975), é quando acrescentamos a um semicondutor puro, por exemplo o silício, uma pequena quantidade de uma impureza pentavalente, como o fósforo.

Nessa situação, o átomo do fósforo só tem quatro átomos vizinhos de silício para estabelecer ligações covalentes e, desse modo, apenas quatro átomos de valência do fósforo ficariam conectados nessas ligações. O elétron que sobraria

ficaria livre para ‘passear’ pelo cristal, e assim fazer companhia aos outros elétrons livres existentes. Na Figura 27, apresentamos um desenho esquemático para mostrar o que ocorre no interior do cristal.

Dessa maneira, como os átomos das impurezas pentavalentes cedem elétrons ao cristal, essas impurezas são chamadas de impurezas doadoras ou impurezas tipo N (a letra N é a inicial de negativa, referindo-se à carga do elétron).

**Figura 27:** Desenho esquemático de uma impureza pentavalente adicionada a um cristal de Si ou Ge

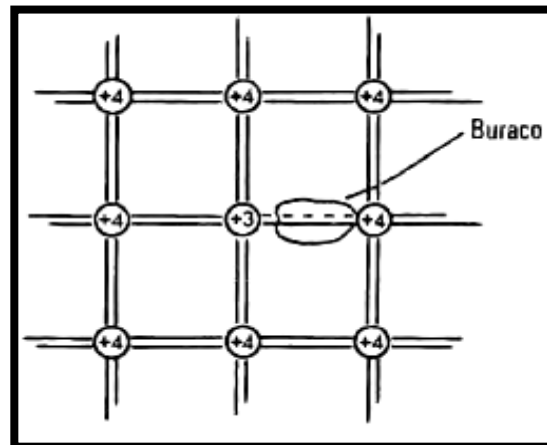


Fonte: Mello e Biasi (1975, p. 55).

Por conseguinte, quando acrescentamos ao silício uma impureza trivalente, como o alumínio, ocorre exatamente o oposto, pois, como cada átomo de alumínio só possui três elétrons na camada de valência, ele não pode estabelecer ligações covalentes com os quatro átomos vizinhos de silício, pois, conseqüentemente, uma dessas ligações ficaria incompleta, uma vez que faltaria um elétron para se tornar estável. Sendo assim, a “falta” de um elétron numa ligação covalente pode ser considerada como a presença de um “buraco”, ou seja, uma lacuna. A Figura 28 ilustra esse efeito.

Portanto, como os átomos das impurezas trivalentes cedem buracos ao cristal (retiram elétrons do cristal), esses elementos são chamados de impurezas aceitadoras ou impurezas tipo P (a letra P é a inicial de positiva, referindo-se à carga do buraco). Nesse contexto, os elétrons livres e os buracos de um semiconductor são chamados de portadores de carga.

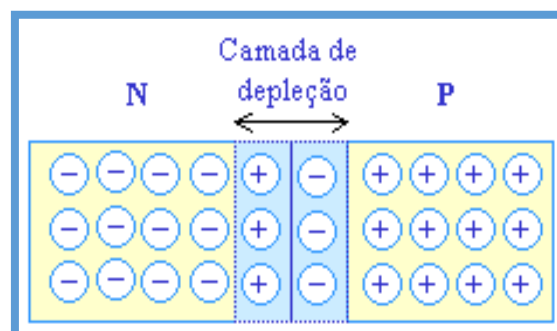
**Figura 28:** Desenho esquemático de uma impureza trivalente adicionada a um cristal de Si ou Ge



Fonte: Mello e Biasi (1975, p. 55).

Dessa maneira, Halliday, Resnick e Walker (2012) salientam que, quando ocorre a união dos semicondutores do tipo P e N, o excesso de elétrons da parte N são atraídos pela ausência na região P, isso provoca recombinações de pares de elétrons-lacunas. Podemos dizer que o movimento de cargas elétricas (buracos são vistos como carga elétrica) estabelece uma corrente elétrica. Como consequência disso, no lado N, aparecerão íons positivos não neutralizados e, no lado P, íons negativos não neutralizados, ocasionando a formação de uma região que não possui cargas livres, denominada camada de depleção ou barreira de potencial, demonstrada na Figura 29.

**Figura 29:** Junção dos semicondutores P e N



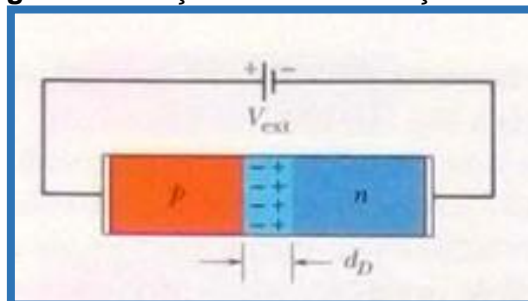
Fonte: Halliday, Resnick e Walker (2012 p. 284) (adaptado).

A região de depleção cria um campo elétrico em seu interior impedindo que os elétrons livres continuem se difundindo através da junção. Em semicondutores de silício, essa barreira será de aproximadamente 0,7 Volts e, nos de germânio, essa

barreira será de aproximadamente 0,3 Volts. Para terem utilidade na indústria eletrônica, é necessário juntar os cristais dopados do tipo P e N. Um exemplo típico é o diodo retificador, componente eletrônico que permite a passagem da corrente elétrica somente em um sentido.

No diodo retificador, quando a junção P e N é submetida a uma diferença de potencial proveniente de uma fonte de energia externa, por meio da polarização direta, ocorre o bombardeio dos elétrons livres do semiconductor tipo N, de forma a aumentar seu nível de energia. Se essa energia for maior que a barreira de potencial, o diodo conduzirá corrente elétrica, fazendo que essa corrente ideal atravesse a junção, conforme a Figura 30:

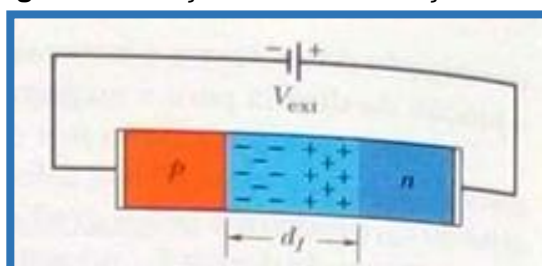
**Figura 30:** Junção P e N Polarização direta



**Fonte:** Halliday, Resnick e Walker (2012 p. 286).

Contudo, no diodo retificador, quando a junção P e N é submetida a uma diferença de potencial proveniente de uma fonte de energia externa, por meio da polarização reversa, ocorre o bombardeio das lacunas presentes no lado P. Isso aumenta os pares de elétrons – lacuna e, conseqüentemente, a região de depleção aumenta, não permitindo a passagem da corrente elétrica. Assim sendo, o semiconductor agiria como um isolante no circuito elétrico, conforme a Figura 31:

**Figura 31:** Junção P e N Polarização reversa



**Fonte:** Halliday, Resnick e Walker (2012 p. 286).

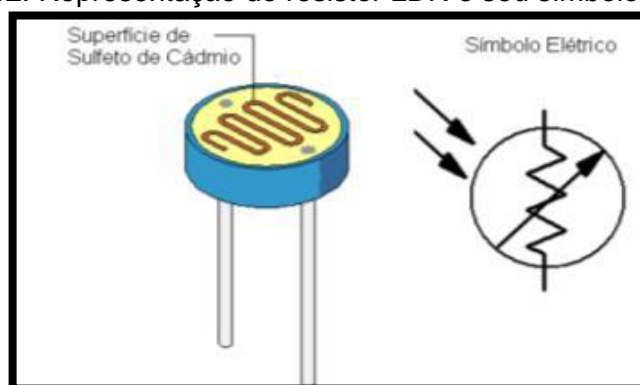
Outro modelo de semiconductor bastante utilizado é o Resistor Dependente de Luz (LDR), que, como o próprio nome sugere, tem resistência elétrica dependente da luz. A sigla LDR vem do inglês (*Light Dependent Resistor*), e seu funcionamento é explicado pelo efeito fotoelétrico<sup>11</sup>.

Segundo Ghellere (2009), o efeito fotoelétrico é observado, por exemplo, quando uma superfície metálica ou semicondutora é iluminada com luz, cuja frequência tem energia suficiente para retirar o elétron da superfície. Nesse caso, elétrons ligados aos átomos constituintes do metal são promovidos a elétrons livres, capazes de conduzir corrente elétrica. A explicação do efeito fotoelétrico foi dada por Einstein, que recebeu o prêmio Nobel em 1921 e inaugurou a Física Quântica.

A ilustração de um resistor LDR está representado na Figura 32. O principal material para a construção de um desses resistores é o Sulfeto de Cádmio (CdS), também chamado de cápsula de Sulfeto de Cádmio.

Dessa maneira, o LDR é um dispositivo semiconductor eletrônico que possui dois terminais com resistência linearmente dependente da quantidade de luz incidente, não polarizado. Ou seja, a corrente pode fluir em ambos os sentidos.

**Figura 32:** Representação do resistor LDR e seu símbolo elétrico



Fonte: Wendling (2010, p. 10).

Ghellere (2009) explica que, quando o LDR é exposto a um feixe luminoso, elétrons começam a saltar, sua resistência diminui e, conseqüentemente, ele se comporta como um condutor. Para compreendermos esse fenômeno, é necessário compreendermos o efeito fotoelétrico. Esse efeito foi explicado por Einstein em

<sup>11</sup>O efeito fotoelétrico ocorre quando há emissões de elétron num determinado material. Geralmente, esse efeito é produzido em materiais metálicos os quais são expostos a uma radiação eletromagnética, como a luz. Quando isso acontece, essa radiação arranca os elétrons da superfície. Dessa maneira, as ondas eletromagnéticas envolvidas com esse fenômeno transferem energia aos elétrons.

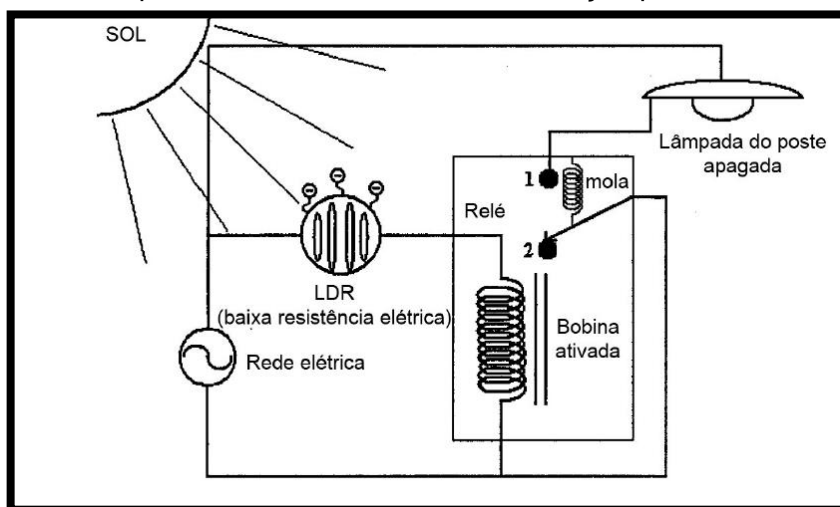
1905, dando a ele o prêmio Nobel em 1921. Einstein compreendeu que, ao contrário do que se acreditava na época, a luz não se comporta como um fluxo contínuo de energia, mas como um fluxo de pacotes discretos de energia, denominados de quantum. Cada fóton tem um quantum de energia. A palavra fóton é utilizada para representar partículas com massa de repouso nula, capazes de viajar na velocidade da luz. O fóton tem energia igual a uma constante multiplicada pela frequência da luz. A constante foi chamada de constante de Planck e vale  $h = 6,6 \times 10^{-34}$  j.s. Ou seja, quanto maior a frequência da luz, menor seu comprimento de onda, maior sua energia.

Para um feixe de luz de baixa frequência, haverá poucos fótons disponíveis. Assim, poucos elétrons serão retirados do material. Nesse caso, o LDR age como isolante elétrico. O inverso também é verdadeiro. Se houver incidência de luz, com frequência de energia suficiente para retirar elétrons do material, haverá uma corrente elétrica denominada de fotovoltaica.

De acordo com Silva (2006), os LDRs são utilizados nos circuitos elétricos com configurações que demandam o uso de divisores de tensão. Eles elementos, quando têm sua tensão (ou corrente) alterada por meio da incidência de luminosidade, poderão ativar ou desativar uma determinada carga do sistema.

Um exemplo do uso do LDR é o sistema de iluminação pública. A luz acende ao entardecer e apaga com o clarear do dia, conforme se observa no esquema da Figura 33.

**Figura 33:** Esquema de como funciona a iluminação pública durante o dia

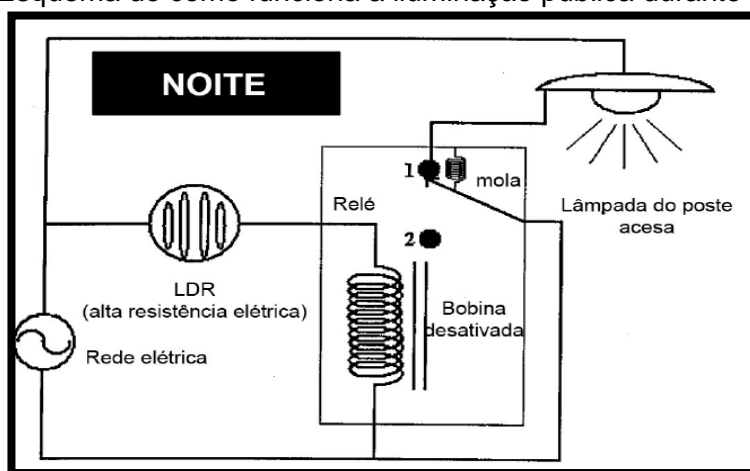


Fonte: Ghellere (2009, p.766)

Ghellere (2009) explica que, durante o dia, a luz solar promove no LDR elétrons livres, e a resistência elétrica desse componente fica mais baixa. A corrente elétrica gerada atravessa a bobina, gera um campo magnético e atrai o relê para a posição 2, impedindo que a corrente elétrica passe pelo filamento da lâmpada.

Quando há ausência de luz, a resistência elétrica do LDR é alta, a bobina deixa de atuar como ímã e a chave do relê vai para a posição 1. O circuito com a lâmpada se fecha. Veja diagrama esquemático na Figura 34.

**Figura 34:** Esquema de como funciona a iluminação pública durante a noite



Fonte: Ghellere (2009, p.767)

Outro componente elétrico obtido por semicondutores é o transistor de junção. Temos dois tipos: os unipolares e os bipolares. Entretanto, neste trabalho, abordaremos apenas os bipolares do tipo BJT, que são os mais utilizados atualmente. O transistor bipolar de junção (TBJ) foi o primeiro tipo de transistor a ser produzido em larga escala. A abreviação TBJ, transistor bipolar de junção (em inglês, BJT – *bipolar junction transistor*), é normalmente aplicada a esse dispositivo de três terminais.

Santos (2009) explica que o termo bipolar vem do fato de que buracos e elétrons participam do processo de injeção no material com polarização oposta, pois, se apenas um portador é empregado (elétron ou buraco), o dispositivo é considerado unipolar. Nesse caso, o seu funcionamento dependeria apenas de um tipo de carga, sejam de elétrons livres ou lacunas. Essa configuração serve para que o dispositivo seja capaz de proporcionar um grande ganho de corrente dentro do circuito no qual está inserido.

O TBJ é um semiconductor portador de três regiões semicondutoras: coletor, emissor e a base. Geralmente, são utilizados para algumas aplicações específicas. Um exemplo é o chaveamento eletrônico, que é ativado por meio do fluxo de corrente que passa pela base do componente, no qual atuará como uma chave que liga ou desliga um determinado circuito, de acordo com a presença ou não de eletricidade. Além disso, também é bastante utilizado como amplificador de corrente, de sinais elétricos, de rádio, entre outros.

De acordo com Mello e Biasi (1975), a estrutura do TBJ está representada de forma esquemática na Figura 35. Como podemos observar na ilustração, o transistor bipolar de junção é um bloco de material semiconductor que consiste em três regiões distintas. Existem dois tipos de junção. No primeiro, junção do tipo PNP, a região central é do tipo N e as regiões externas são do tipo P. No segundo, junção do tipo NPN, a região central é do tipo P e as regiões externas são do tipo N. Concordante com Tavares (2018), a estrutura dos transistores se assemelham a dois modelos de "sanduíches", ou seja, se temos um "sanduíche" de material N entre duas fatias de material P, temos um transistor PNP; se temos um "sanduíche" de material P entre duas fatias de material N, temos um transistor NPN.

Não há diferença de funcionamento entre os dois tipos de transistores. No entanto, o sentido da corrente será invertido, pois, no tipo PNP, a corrente vai entrar pelo coletor e sairá pela base e pelo emissor. Contudo, no tipo NPN, a corrente entra pelo coletor e pela base e sai pelo emissor. Didaticamente falando, adotando o modelo NPN, o transistor funcionaria como uma espécie de torneira, em que o cano de entrada de água seria o coletor, a saída seria o emissor e o registro seria a base. Com isso, a base (registro) irá controlar o fluxo de água (corrente) que vai sair do coletor para o emissor. A corrente de controle da base normalmente é uma corrente de baixa intensidade.

**Figura 35:** Representação de transistores PNP e NPN

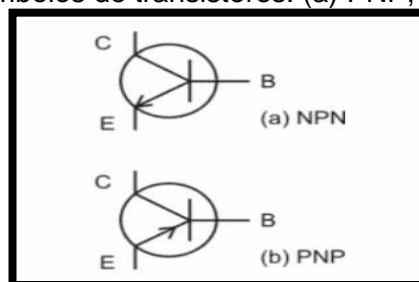


**Fonte:** Eletrônica PT. Disponível em: < <https://www.electronica-pt.com/componentes-eletronicos/transistor-tipos>>. Acesso em: 22/02/2020.

Santos (2009) afirma que o emissor, altamente dopado, tem a função de emitir elétrons. A base possui camadas mais finas e é pouco dopada, e o coletor possui uma dopagem menor que a do emissor, porém maior que da base, cuja função é coletar elétrons. As camadas externas laterais (emissor e coletor) possuem larguras maiores que a camada interna (base), sendo que a dopagem da camada da base é menor comparada com as demais.

Esse nível de dopagem reduz a condutividade e conseqüentemente aumenta a resistividade desse material, limitando o número de portadores “livres”. Segundo Markus (2008), emissor é indicado por uma seta que aponta para dentro do transistor se o componente for PNP, ou para fora do dispositivo se for NPN. Veja Figura 36.

**Figura 36:** Símbolos de transistores: (a) PNP; (b) NPN



Fonte: Santos (2009, p.796)

Santos (2009) explica que o funcionamento de um transistor é bastante simples. O controle da corrente coletor-emissor é feito injetando corrente na base. O emissor é o polo positivo, o coletor é o polo negativo, a base é quem controla o estado do transistor, o qual pode estar ligado ou desligado.

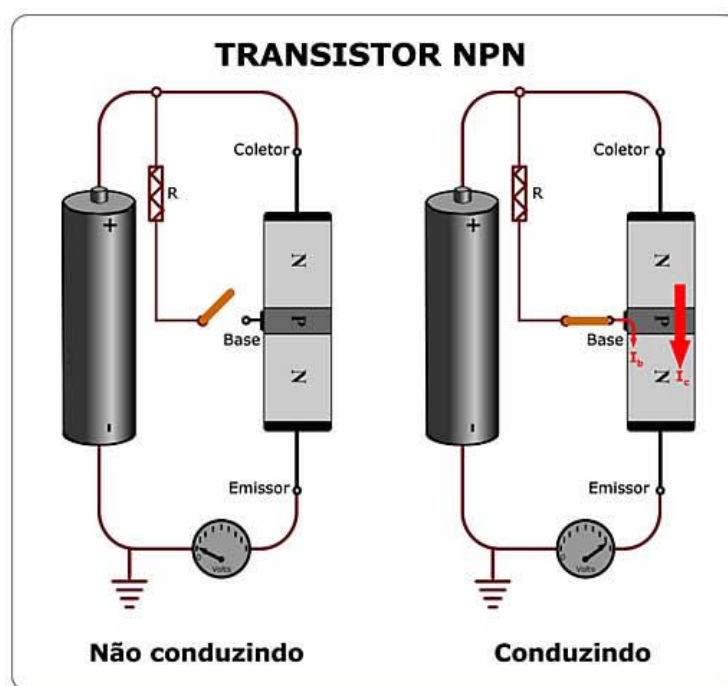
Segundo Piropo (2008), no exemplo de funcionamento do transistor NPN, exemplo da Figura 37, o emissor está ligado ao polo negativo da bateria, e isso repele os elétrons livres do material N, empurrando-os para perto da junção emissor-base.

No lado oposto, o coletor está ligado ao terminal positivo da bateria, o que atrai os elétrons, levando-os para longe da junção coletor-base. Portanto, nenhuma corrente flui através do transistor, que nesse momento funciona como um isolante, como uma “chave”, ou como um interruptor aberto.

Piropo (2008) explica que, quando aplicamos à base uma pequena tensão positiva, o diodo formado pela junção base-emissor será polarizado diretamente e, quando um diodo está polarizado, conduz eletricidade. Essa corrente proveniente da

base, embora de pequena intensidade, injeta cargas positivas na região do material P. Essas cargas positivas se difundem através da base e, devido à pequena espessura do material P, logo a saturam, acumulando-se nas proximidades da junção base-coletor. Esse acúmulo de cargas positivas acaba por atrair os elétrons livres da região do material N do coletor.

**Figura 37:** Diagrama esquemático para um transistor NPN: conduzindo e não conduzindo corrente elétrica.



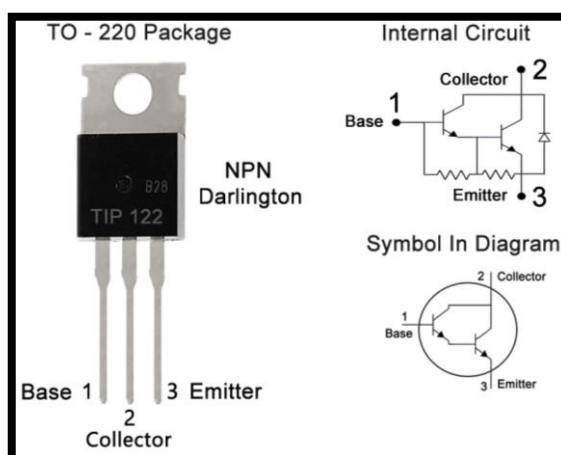
Fonte: Piropo (2008).

O resultado disto é que a resistência da junção base-coletor é vencida e uma corrente elétrica é estabelecida entre o coletor e a base. Desse modo, em virtude do elevado fluxo de elétrons originários do coletor, essas cargas começam a se concentrar na região da base, provocando uma corrente de grande intensidade devido à elevada tensão aplicada ao coletor. Como consequência, essa corrente atravessa a base e se propaga para o emissor, percorrendo, assim, todo o transistor, que passa a conduzir energia, funcionando como um condutor, como uma “chave”, ou como um interruptor fechado.

Portanto, o transistor funciona como uma espécie de interruptor, que pode estar ligado ou desligado, ou, conforme o exemplo acima, como uma torneira que pode estar aberta ou fechada, ou mesmo uma válvula, controlando a corrente que vai do coletor para o emissor através do fluxo de corrente da base.

Existem diferentes modelos desses dispositivos, demonstraremos, neste trabalho, o exemplo do transistor Darlington (TIP-122), que é um dispositivo semicondutor que combina dois transistores bipolares no mesmo encapsulamento (às vezes chamado par Darlington). Conforme pode-se visualizar na Figura 38.

**Figura 38:** Modelo do transistor Darlington (TIP-122)



**Fonte:** Components Info, Disponível em: <<https://www.componentsinfo.com/tip122-pinout/>>. Acesso em: 09/11/2019.

Santos (2009) explica que a configuração do transistor Darlington, originalmente realizada com dois transistores separados, foi inventada pelo engenheiro Sidney Darlington. Essa configuração, segundo ele, serviu para que o dispositivo fosse capaz de proporcionar um grande ganho de corrente. Desse modo, por estar todo integrado em único componente, requer menos espaço que os demais transistores normais na mesma configuração. O ganho total do Darlington é resultado do produto do ganho entre os transistores individuais. Assim, esse dispositivo poderá proporcionar um ganho de corrente de 1.000 vezes superior ao circuito que estiver inserido.

Devido a essas propriedades apresentadas, entre outras, os semicondutores estão presentes em praticamente todos os aparelhos eletrônicos utilizados pela sociedade moderna, porém seu funcionamento continua sendo um mistério para grande parte da população. Nesse sentido, concordamos com as correntes construtivistas que os alunos devem se apropriar dos conceitos científicos que explicam o funcionamento dos equipamentos tecnológicos, aproximando os conteúdos escolares do cotidiano do aluno.

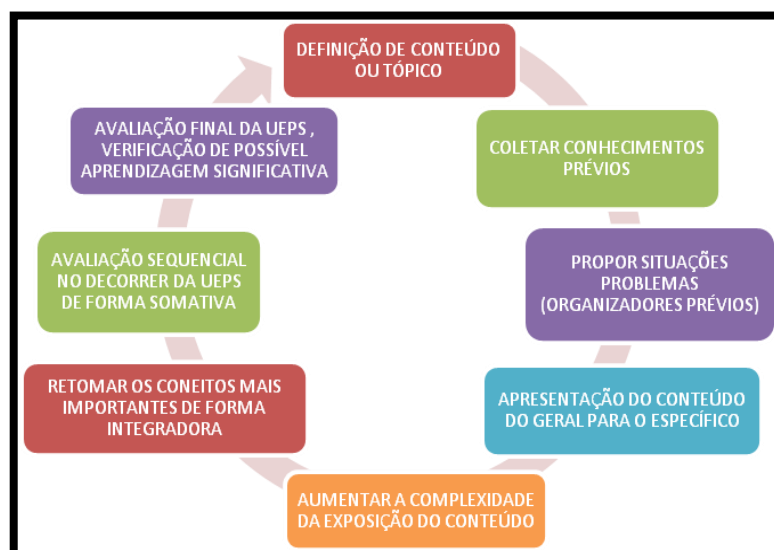
#### 4. UMA PROPOSTA UEPS NO CONTEXTO STEAM

Somando a UEPS e a Educação STEAM, propomos uma sequência de atividades em cinco momentos. Cada momento representa um período de tempo necessário para cumprir uma etapa, não vinculado, necessariamente, a uma unidade de tempo de aula.

Considerando que as disciplinas de Ciências são fragmentadas e em pequenas quantidades, o ideal seria o envolvimento de professores de Química, Física, Matemática e Artes para a execução dessa proposta na forma de projeto.

Para atender nossas prerrogativas, foram pensadas várias estratégias didáticas e mecanismos para analisar se a aprendizagem significativa estaria ocorrendo. O esquema didático para a implementação da UEPS está demonstrado na Figura 39.

**Figura 39-** Esquema de uma UEPS.

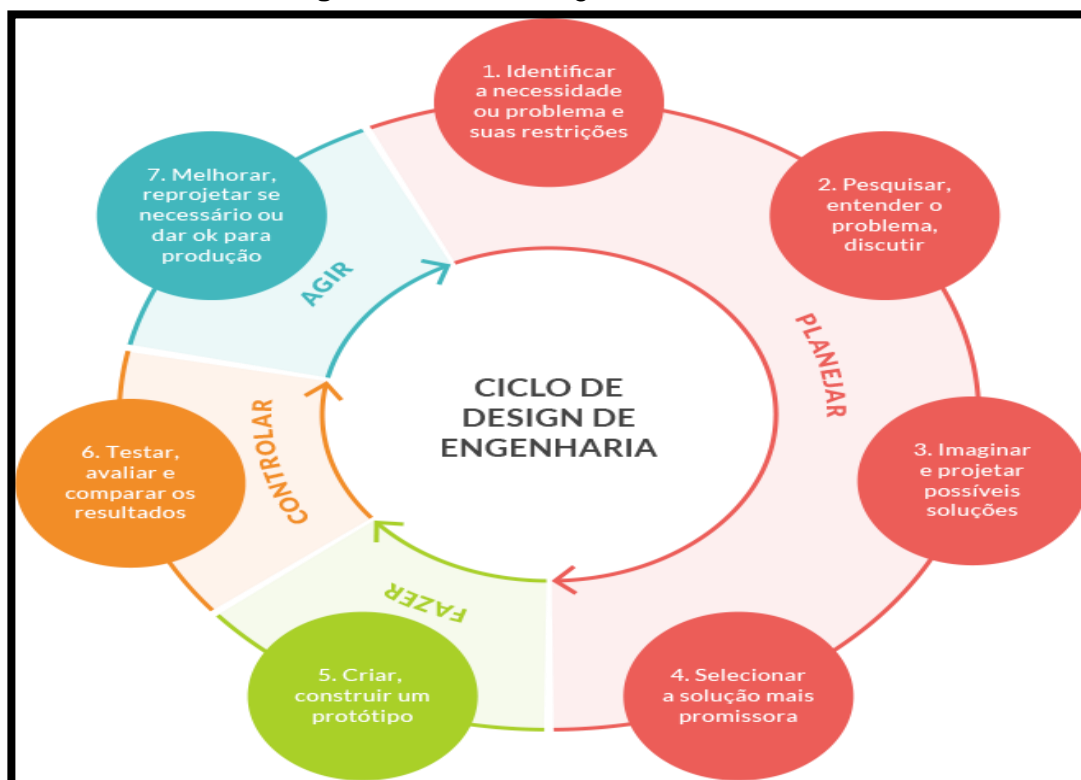


Fonte: (MERLIM *et al.*, 2019, p.286).

De acordo com Ausubel, o professor deve avaliar o conhecimento prévio do aluno para então expor os conteúdos de forma integrada. O professor deve apresentar no início seus objetivos e suas ideias mais gerais e mais inclusivas para depois ir desenvolvendo progressivamente. Essa ideia está de acordo também com os princípios da Educação STEAM. De acordo com Park e Ko (2012), uma das principais qualificações da STEAM seria o cultivo da capacidade de ver o quadro geral, ou seja, ter uma visão do todo, atentando-se para suas partes. A partir disso,

possibilitar o processo da diferenciação progressiva na estrutura cognitiva dos alunos, referente aos novos conteúdos ensinados. O ciclo integrativo da STEAM está ilustrado na Figura 40.

**Figura 40** – Ciclo integrativo da STEAM



**Fonte:** Doctor STEM, Disponível em: <<http://doctorstem.com.br/metodologia/>>. Acesso em: 21/01/2020.

Posto isso, Madden *et al.* (2013) salientam que o ensino de Ciências e as Tecnologias devem acompanhar o desenvolvimento das habilidades e do pensamento criativo por meio da arte e do *design*. Dessa forma, a incorporação da disciplina de Artes ajuda a desenvolver a maioria das habilidades propostas na STEAM. Os autores defendem que essa disciplina utiliza uma abordagem divergente, enquanto a Ciência, a Tecnologia e a Engenharia são mais convergentes. O pensamento convergente consiste em seguir um processo para alcançar uma solução única para um problema, enquanto o pensamento divergente envolve explorar muitas soluções possíveis para o mesmo problema.

Stohlmann, Moore e Roehrig (2012) e Shernoff *et al.* (2017) destacam que a integração disciplinar (ou educação integrativa) implica na solução de problemas complexos, os quais envolvem o conhecimento, processos e habilidades de

diferentes disciplinas. Um dos propósitos da Educação STEAM é reviver a criatividade e a inovação dos alunos, afirma Daugherty (2013).

#### 4.1 Momentos Didáticos

Nossa proposta agrupa atividades para cinco momentos de aula sem estar, necessariamente, vinculada a uma unidade de tempo específica. Para facilitar nossa organização, vamos descrever a proposta enfatizando os conceitos físicos mais evidentes no processo de funcionamento do carrinho.

##### 4.1.1 Primeiro momento

**Tempo estimado** – 3 aulas consecutivas (150 minutos).

**Objetivos** – Apresentar o projeto e diagnosticar os possíveis subsunçores.

**Subsunçores esperados:**

- i- Transporte de carga elétrica em materiais condutores e isolantes, corrente contínua e alternada, unidades de tensão, potência, resistência, corrente, caráter dual onda-partícula da onda eletromagnética, energia.

**Conteúdo** – Apresentação do projeto, avaliação diagnóstica dos possíveis subsunçores e construção de um mapa conceitual.

##### Metodologia

- i- Apresentação dos objetivos da proposta de ensino e do cronograma que será desenvolvido ao longo das aulas, além do processo de avaliação.
- ii- Exposição e manuseio do carrinho de luz pelos alunos e professor.
- iii- O Professor apresentará um questionário para os alunos responderem individualmente.

1) Qual o combustível do carrinho?
2) Se fosse no período da noite e tivesse apenas iluminação da lâmpada, o carrinho também funcionaria?
3) Qual a natureza da luz? Onda ou partícula?
4) Como a corrente elétrica contínua é obtida e a alternada?
5) Se não houver pilha, o carrinho também funciona? Por quê?
6) Faça um diagrama esquemático dos componentes eletrônicos que

fazem parte do carrinho.
7) Quais são as grandezas físicas utilizadas para descrever um circuito elétrico?
8) Descreva as formas de conversão de energia observadas no carrinho de luz.

Esses primeiros questionamentos servirão para que os alunos tomem consciência de seu conhecimento. Podemos dizer que essa ação funciona como organizador prévio.

- iv- O professor apresentará modelos e projeções de mapas conceituais. Um mapa conceitual é uma ferramenta utilizada para avaliar o conhecimento hierárquico do aluno sobre um tema geral e suas relações com temas subordinados.
- v- Os alunos serão incentivados a construir seus próprios mapas conceituais, individualmente e a partir do questionamento: **O que faz o carrinho andar?**
- vi- Os mapas e o questionário devem ser identificados e recolhidos pelo professor, que os utilizará para avaliar o progresso do aluno no término da UEPS.

#### 4.1.2 Segundo momento

**Tempo estimado** – 3 aulas consecutivas (150 minutos).

**Objetivos** – identificar o efeito fotoelétrico e o papel do elétron para o transporte de carga elétrica.

**Subsunçoes esperados:**

- i- Característica dual da onda eletromagnética, estrutura atômica, propriedades elétricas dos sólidos cristalinos, energia eletromagnética.

**Conteúdo** – corrente elétrica contínua, onda eletromagnética, sólidos cristalinos e amorfos, efeito fotoelétrico.

**Metodologia**

- i- Com base nas questões diagnósticas propostas no primeiro momento, o professor proporá o estudo do tema: “Introdução à Física Moderna e ao estudo do Efeito Fotoelétrico” de forma coletiva junto aos alunos. Cada indivíduo receberá uma cópia do material para acompanhar a

leitura e colar em seu caderno. Esse material está disponível no anexo 1.

- ii- Será apresentado o vídeo de curta metragem: o efeito fotoelétrico explicado (O Nobel de Einstein). O vídeo mostra como a radiação ultravioleta “arranca” os elétrons de uma placa metálica. Vídeo disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=USGENeYkBd4>>. Acesso em: 14 abr. 2020.
- iii- Utilizar a plataforma PhET para verificar o efeito fotoelétrico. É importante durante a demonstração variar a intensidade da luz, a frequência e o tipo de material, para que os alunos observem os fenômenos. Aplicativo disponível em: <[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/photoelectric](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/photoelectric)>. Acesso em: 21 jan. 2020.
- iv- O carrinho deve ser utilizado novamente para que os alunos o observem, agora sob um novo olhar. É notório ressaltar que, tampando e destampando o sensor, os alunos podem observar o carrinho andar e parar. Ou seja, o efeito fotoelétrico fica evidente. Dessa forma, é possível promover a consolidação, a qual proporciona o domínio dos conhecimentos prévios antes da introdução de novos conhecimentos.
- v- Durante a exposição do protótipo, o professor ordenará a formação de grupos para discussões sobre os temas estudados. Eles serão incentivados a responderem as questões a seguir individualmente. Nesse contexto, a pesquisa e as discussões promovidas entre pares atuaram como organizadores prévios.

<b>1) Descreva o efeito fotoelétrico (EF).</b>
<b>2) Defina corrente elétrica e corrente fotoelétrica</b>
<b>3) Faça uma relação entre as grandezas físicas relacionadas com a velocidade do carrinho</b>
<b>4) Escreva um resumo sobre a corrente fotovoltaica observada no aplicativo disponível no PHeT simulações, quando há variação na frequência, na intensidade de luz e no tipo do material da placa metálica.</b>
<b>5) Faça uma representação das faixas de comprimento e frequência das ondas eletromagnéticas e seus respectivos nomes.</b>
<b>6) Cite exemplos do cotidiano nos quais possamos observar o (EF).</b>

#### 4.1.3 Terceiro momento

**Tempo estimado** – 3 aulas consecutivas (150 minutos).

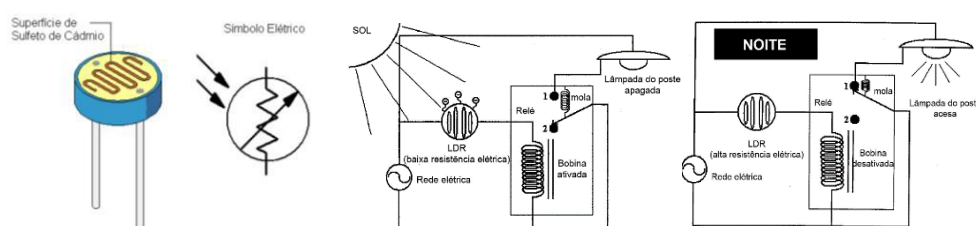
**Objetivos** – Relacionar o funcionamento do semicondutor LDR com o efeito fotoelétrico e a iluminação pública.

**Subsunçores esperados:** Resistência e condutividade elétrica de diferentes materiais, considerados isolantes, condutores e semicondutores.

**Conteúdos** – Funcionamento do resistor LDR, revisão das grandezas elétricas básicas: corrente, tensão, potência. Temas transversais: Meio Ambiente.

### Metodologia

- i- O professor trabalhará o texto: “A relação entre a iluminação Pública e Criminalidade”, disponível no anexo 2. Para isso, pedirá para os grupos se reunirem para realizarem a leitura e a discussão. A seguir, será entregue uma cartolina para as esquipes, revistas, cola, tesoura e giz de cera. Na sequência, será proposto, com base no texto, que elaborem alguns apontamentos a respeito dos temas: violência, meio ambiente, política e economia, podendo ser em forma de texto, imagens ou desenhos. Após a criação dos cartazes, os grupos devem socializar o conhecimento e, a seguir, junto com o professor, colar os cartazes em mural localizado no pátio da escola. A interação social e a linguagem são fundamentais para a captação de significados, salientam Vygotsky (1987) e Gowin (1981).
- ii- Com base nas questões diagnósticas propostas no primeiro momento, a respeito das grandezas elétricas, o professor proporá o estudo do tema “grandezas elétricas básicas”: corrente, tensão, potência e resistência, abordando as principais características e relacionando-as com o sistema eletrônico do carrinho de luz. Cada indivíduo receberá uma cópia do material para acompanhar a leitura e colar em seu caderno. Texto disponível no anexo 3.
- iii- Após as devidas discussões, o professor deverá fazer o uso do projetor de imagens, no qual apresentará as seguintes figuras:



- iv- Com base nas figuras, o professor deve explicar, de maneira mais aprofundada, as propriedades físicas do resistor LDR, salientando que ele é um dispositivo semicondutor eletrônico que possui dois terminais, possui certa resistência de acordo com a quantidade de luz incidente sobre ele e seu funcionamento é explicado através do efeito fotoelétrico. Além disso, deve demonstrar como acontece o processo de iluminação pública, em que o LDR é o dispositivo que determina quando a lâmpada do poste ficará acesa ou apagada. Nesse momento, o professor deve argumentar que esse resistor é o que aciona o circuito elétrico do carrinho VM1 para promover a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa dos conceitos estudados.

#### **4.1.4 Quarto momento**

**Tempo estimado** – 4 aulas consecutivas (200 minutos).

**Objetivo específico** – Identificar as estruturas dos sólidos cristalinos. Conhecer a história e importância dos semicondutores.

**Subsúncos esperados:** Sólidos cristalinos e amorfos, propriedades elétricas dos semicondutores.

**Conteúdo** – Estrutura cristalina dos sólidos; propriedades físicas e químicas dos semicondutores e principais características do diodo e do transistor.

#### **Metodologia**

- i- O Professor apresentará um texto didático sobre as principais características dos sólidos cristalinos e amorfos. Cada indivíduo receberá uma cópia do material para que cole no caderno e acompanhe as explicações. Material disponível no anexo 4.
- ii- Após as discussões, será apresentado no projetor o vídeo de curta metragem chamado “semicondutores”, que apresenta a importância dos sólidos cristalinos, como o silício e o germânio, para a confecção dos componentes semicondutores, como o diodo, presentes atualmente em toda indústria eletrônica. Também é abordado o contexto histórico, quais foram os descobridores e criadores desse componente e como ocorre todo o processo de transformação do silício até se tornar um semicondutor. Vídeo disponível em:

<<https://www.youtube.com/watch?v=26PVAGdOACE>>. Acesso em: 23 jan. 2020.

- iii- Depois da exibição do vídeo, o professor deve promover uma discussão. Na sequência, pedirá para os alunos formarem seus grupos, e entregará a cada equipe um protótipo do carrinho para que observem os dispositivos semicondutores: resistor LDR e o transistor Darlington.
- iv- Será proposto o estudo sobre as propriedades físicas e químicas dos semicondutores, por meio da projeção de imagens. Esse conteúdo deverá ficar disponível via e-mail ou por meio de outra plataforma digital, para que os alunos possam consultar em outro momento. Será explanado que os semicondutores são materiais que podem atuar como um condutor ou isolante dentro de um determinado sistema. Com isso, as propriedades e os modelos serão demonstrados.
- i- Para contextualizar os modelos de banda, será realizado o experimento chamado “torre de líquido”, porém adaptado para três camadas. Para isso, serão colocadas três provetas médias transparentes sobre a mesa do professor. A camada de glucose de milho será adotada como banda de valência, a água com corante verde será adotada como banda proibida e o óleo de soja com corante vermelho será adotado como banda de condução. As provetas serão enumeradas em: 1-isolante, 2-semicondutor, 3-condutor. Os alunos realizarão o experimento com o professor. Experimento disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=6JCxDhOVKcM>>. Acesso em: 23 jan. 2020.
- ii- O professor continuará as explicações do conteúdo com o auxílio de imagens e esquemas projetados, norteando os demais aspectos como: material semicondutor intrínseco (puro); semicondutor extrínseco (impuro); processo de dopagem para a formação de semicondutores do tipo P e N; algumas características específicas do diodo e do transistor.
- iii- Os alunos serão convidados para participarem de uma pequena dinâmica para demonstrar como acontece a formação (dopagem) dos semicondutores do tipo P e N por meio de movimento dos portadores

de carga – elétrons. Para isso, consideraremos que cada aluno será um elétron e as cadeiras as lacunas. Para a demonstração, serão formados 3 grupos de alunos: Com três integrantes (ilustrando os elementos trivalentes), com quatro integrantes (ilustrando o semicondutor intrínseco) e com cinco integrantes (ilustrando os elementos pentavalentes).

- iv- Na sequência, o grupo do semicondutor intrínseco ficará no centro da sala e, ao comando do professor, os demais grupos irão se aproximar, um de cada vez, para simularem o fenômeno da dopagem P e N. Todos os alunos poderão ser convocados para participar e alternar entre as equipes.
- v- Como avaliação, o professor entregará uma lista, cuja resolução será individual, com alguns exercícios sobre os conteúdos trabalhados, contendo as seguintes questões:

<b>1) Qual a principal diferença entre um sólido cristalino e amorfo?</b>
<b>2) O que é uma célula unitária?</b>
<b>3) Qual a principal característica de um semicondutor?</b>
<b>4) Cite exemplos de dispositivos que utilizam semicondutores.</b>
<b>5) Como as luzes dos postes de iluminação pública são acionados? Qual é o fenômeno e como ocorre?</b>
<b>6) O que é um resistor LDR e como ocorre o seu funcionamento?</b>
<b>7) O que diferencia um material considerado condutor e isolante? Cite exemplos.</b>
<b>8) O que é o processo de dopagem?</b>

- i- Ao final da aula, o professor irá recolher a lista e propor mais algumas discussões em grupo a respeito do tema, devido a sua complexidade. Dessa forma, poderá, de forma sistêmica, realizar a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa dos conteúdos estudados, além de desenvolver aptidões de liderança, trabalho em equipe, comunicação, dentre outras habilidades descritas pela Educação STEAM.

#### **4.1.5 Quinto momento**

**Tempo estimado** – 4 aulas consecutivas (200 minutos).

**Objetivos** – Construir um protótipo do carrinho de luz por aluno ou por grupo para promover um campeonato que poderá ter várias categorias de premiação: o mais bonito, o que vai mais longe, o mais rápido.

**Subsunçores esperados:** Leveza e aerodinâmica de materiais.

**Conteúdo** – Construção de um mapa conceitual e realização de uma competição entre os alunos.

### **Metodologia**

- i- Nessa aula, o professor deve acompanhar os alunos ao laboratório de Física ou de Ciências para confecção do carrinho “movido pela luz” o veículo VM1.
- ii- No início do projeto, deve ser combinado com os alunos que ao final, será confeccionado um protótipo, composto por alguns componentes eletrônicos, além dos materiais recicláveis.
- iii- De início, deverá ser projetado no laboratório o site: <<https://www.soldafria.com.br/>> e realizada junto com os alunos a simulação da compra dos componentes, para que tenham conhecimento do local onde foram adquiridos e como realizar a compra.
- iv- Os grupos devem se reunir para a confecção do protótipo. Será entregue um kit de dispositivos eletrônicos para cada aluno ou grupo, e cada um deverá trazer os demais materiais para a construção do experimento. Também será distribuído por equipe um ferro de solda, um recipiente de estanho e um multímetro.
- v- Na sequência, será apresentado o vídeo de curta metragem: “Como usar o ferro de solda?”, no qual se aborda, de forma dinâmica e objetiva, como utilizar ferro de solda. O professor orientará os alunos sobre os devidos cuidados que devem ser tomados para evitar acidentes. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=ZvGuJX1q-Nc>>. Acesso em: 25 jan. 2020.
- vi- O professor construirá um novo protótipo com os alunos, demonstrando minuciosamente como proceder em cada etapa, questionando e respondendo as dúvidas que surgirão durante a montagem. No

projeto, será apresentada uma sequência de imagens que demonstrará passo a passo o processo de construção.

- vii- Após a montagem inicial do circuito do carrinho, cada aluno ou equipe deve testar seu funcionamento antes de fixá-lo com cola ao eixo do protótipo, fazendo uso do multímetro, a fim de testar as propriedades elétricas, como, tensão, corrente e resistência, além de verificar se a hélice está girando e jogando o ar para trás, e assim promover a força de propulsão, fundamental para colocar o veículo mecatrônico em movimento. A forma da hélice, o objeto utilizado e o seu tamanho podem influenciar no rendimento. Desse modo, deve ser acordado que todos utilizem materiais com diâmetros equivalentes, mas o manuseio com o recorte e com as medidas influenciará no rendimento. O material das rodas que serão utilizadas pode reduzir ou aumentar a força de atrito com o solo. Nessa situação, os alunos devem avaliar qual o melhor modelo para o seu experimento. O acabamento artístico deve ficar a cargo da criatividade dos alunos.
- viii- Ao finalizar a construção do experimento, os alunos farão os primeiros testes no laboratório. Como avaliação final, o professor irá propor duas atividades. A primeira será a construção de um mapa conceitual com a mesma pergunta inicial **“O que faz o carrinho andar?”**, por meio da qual os alunos correlacionarão os conceitos científicos estudados ao longo das aulas. Essa atividade será recolhida pelo professor para diagnosticar a evolução dos alunos. A segunda atividade proposta será a realização de uma competição na hora do intervalo no próximo dia de aula, a qual funcionará da seguinte maneira: primeiro, cada membro ou equipe disputará uma corrida classificatória. Essa primeira disputa deve ser organizada por sorteio para determinar os primeiros confrontos entre equipes ou entre alunos. O vencedor de cada rodada será classificado para a corrida final. Na corrida final, disputarão todos entre si para ver quem será o vencedor e qual o veículo que obteve o melhor desempenho. A corrida poderá acontecer no pátio central da escola, as linhas de largada e de chegada poderão ser marcadas com giz ou fita crepe.

- ix- Entretanto, nessa etapa, o professor deve estabelecer outras modalidades de avaliação: o carrinho que apresenta maior velocidade, o mais bonito, o que se desloca melhor em linha reta etc. Para todos esses quesitos, um parâmetro em especial deve ser considerado, como a aerodinâmica, a qualidade dos componentes, a leveza dos materiais etc. O professor deve estabelecer, com antecedência, os membros do júri que farão a escolha do vencedor para cada categoria. Estes devem ser membros externos ao processo: diretor, funcionários, pais etc.
- x- O professor poderá construir um pódio para premiar os três primeiros lugares, para cada categoria avaliada. No dia da corrida, é recomendado que os grupos de alunos passem em todas as turmas da escola, antes do pleito, para convidar os demais colegas e professores para prestigiarem o evento. É importante durante o convite levar os protótipos e, de forma rápida, explicar aos colegas alguns conceitos, como foi confeccionado e quais os fenômenos científicos responsáveis pelo seu funcionamento. Dessa forma, os alunos poderão, mais uma vez, explorar a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa dos conteúdos estudados, além de incentivar novas aptidões ao longo das aulas propostas pela Educação STEAM e de promover a aprendizagem significativa.

## **4.2 Análises e Discussões da proposta**

Com vistas a contribuir na superação das desigualdades educacionais, o ensino-aprendizagem não é abarcável pelo viés unicamente disciplinar. Assim, a proposta de pesquisa esteve pautada no ensino envolvendo a Educação STEAM, fundamentada nos pilares teóricos da TAS de Ausubel, separada por momentos didáticos e estruturada de acordo com a UEPS, desenvolvida por Moreira (2011), conforme a apresentação das atividades propostas.

Vale ressaltar, entretanto, que essa proposta didática UEPS contextualizada na 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, levando em conta o nosso contexto histórico como elemento balizador desse processo.

A apresentação das análises e da discussão foi feita com base no aporte teórico explorado e nos resultados de alguns trabalhos publicados, que aplicaram propostas UEPS como recurso didáticos e de ações pedagógicas relacionadas à Educação STEAM.

Os resultados de Torgan (2019), o qual desenvolveu seu trabalho de pesquisa com alunos do ensino fundamental, fazendo o uso do experimento de lançamento de foguetes PET, delineando seu projeto de acordo com a UEPS, foram positivos. Assim, com base na análise realizada, foi constatado que os alunos que participaram do projeto apresentaram um resultado satisfatório, baseado no modelo avaliativo desenvolvido.

De forma geral, mais de 60% da turma obteve resultado satisfatório, conforme o esperado pelo modelo planejado. O aspecto comparativo da pesquisa selecionado norteou o estudo da evolução conceitual do primeiro e do segundo mapa conceitual construídos pelos sujeitos durante o início e o final da proposta.

Por conseguinte, Benaquio (2016) realizou seu trabalho de pesquisa com o tema: Elaboração e aplicação de um material instrucional baseado na aprendizagem significativa sobre o efeito fotoelétrico para alunos de ensino médio, no qual aplicou como recurso didático um Material Instrucional (MI), abordando conceitos relacionados ao efeito fotoelétrico. O MI foi elaborado baseado nos aspectos teóricos da TAS de Ausubel e nas orientações para a elaboração da UEPS de Moreira. Como instrumentos de coleta de dados, foram utilizados mapas conceituais, avaliação somativa e questões inseridas ao longo dos momentos.

Na análise dos mapas conceituais, de acordo com a metodologia adotada, constatou-se uma evolução em todos os critérios quantitativos e também no critério qualitativo referente à qualidade do mapa e na representação dos conceitos relacionados ao efeito fotoelétrico. O autor ressalta que os experimentos, simulações computacionais interativas e as estratégias de avaliação, contribuiram para motivar e promover a aprendizagem significativa do conteúdo abordado. Os resultados apresentam indícios de que o MI colaborou para a promoção da aprendizagem significativa dos conceitos relacionados ao efeito fotoelétrico.

Outro exemplo de aplicação das UEPS foi o trabalho de Reis (2019), cujo tema foi! “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), a análise dos dados coletados a partir das intervenções proporcionou a construção de dados universais, concretos e abstratos sobre os processos de mediação utilizados pelos alunos na aprendizagem dos conceitos para o ensino da temática em estudo. Os resultados dessa análise mostraram que, após o uso dos critérios avaliativos contidos na UEPS, foi possível constatar que os alunos relacionaram corretamente o efeito fotoelétrico à frequência da radiação incidente e não à intensidade da luz, demonstrando ser eficiente para uso de diferentes processos de mediação cognitiva na aprendizagem dos conceitos do efeito fotoelétrico.

Provavelmente, os resultados da pesquisa de Torgan (2019), Benaquio (2016) e Reis (2019) ocorreram devido às estratégias de ensino propostas estarem alicerçadas na TAS, separadas por momentos, valorizando de início os conhecimentos prévios dos alunos, utilizando organizadores prévios para diagnosticar o nível do conhecimento desses indivíduos durante o processo e, diante disso, promover uma aprendizagem significativa, conforme defende Ausubel.

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, confecções 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, Haroim *et al.* (2019) relatam que essa propositura foi desenvolvida na 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.

É importante destacar que tivemos outras abordagens STEAM no Brasil, embora com um número ínfimo, quando comparadas com a literatura internacional. A prática do STEAM está inserida no contexto das metodologias ativas, sendo essa a nossa maior preocupação e o agente motivador se alicerçamos esse novo modelo de educação à TAS, estruturada na UEPS, para que possamos aplicar com propriedade ao ensino de Ciências brasileiro, enfatizando a função primordial do professor para o êxito desse processo.

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.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensino de Ciências ao longo dos anos no Brasil vem sofrendo com a forte influência das políticas neoliberais e da corrente construtivista, que corrobora com o esvaziamento do currículo, com a fragmentação dos conteúdos acadêmicos e ainda com a desapropriação da escola da função de ensinar o conhecimento científico acumulado, além de colocar o professor em segundo plano dentro do processo de ensino-aprendizagem.

Por conseguinte, a educação escolar no âmbito das áreas de Ciências tem praticado um padrão em que somente é tido como verdade, nos bancos de academia, aquilo que é aceito de forma majoritária pela comunidade científica de uma dada época, a partir do qual deverá ser feita a transposição de conceitos, teorias, hipóteses.

Moreira (2011) salienta que nas instituições de ensino, seja de educação básica ou superior, os professores corriqueiramente apresentam aos seus alunos conhecimentos que eles supostamente deveriam saber. Entretanto, eles se apropriam das informações como se fossem dados a serem memorizados em sua estrutura cognitiva, que posteriormente são reproduzidas nas atividades avaliativas e esquecidas na sequência. Essa prática é algo habitual nas escolas brasileiras, baseada na reprodução conteudista do professor e no aprendizado mecânico do aluno.

Diante disso, tentamos trazer uma nova proposta educativa para romper, ao menos em parte, com esse paradigma que vem ocorrendo em nosso país. Assim, baseados no histórico do processo, buscamos propor a Educação STEAM, que vem sendo desenvolvida por alguns países de primeiro mundo como uma nova estratégia para alavancar a qualidade do ensino de Ciências e fomentar novas aptidões em nossos alunos.

O ensino e a aprendizagem STEAM carregam consigo a busca pela compreensão e pelo real impacto dessas disciplinas no mundo, a fim de preparar alunos para serem a força de trabalho do amanhã.

Tomar consciência dessa relação é tão importante quanto o conhecimento dos conteúdos, das teorias de aprendizagem ou das didáticas. No entanto, no Brasil, a implantação da Educação STEAM como única solução possível para a melhoria da qualidade de ensino não seria adequada, assim como não acreditamos que a

implantação da Base Nacional Comum Curricular será suficiente. Muito pelo contrário, ações isoladas que não levem em conta a formação do professor estão condenadas ao fracasso.

Defendemos que o papel da escola é transmitir o conhecimento acumulado pela humanidade, objetivando a formação completa do cidadão na condição de ser humano. Essa linha de defesa vai na contramão da transmissão de conhecimento prático e aplicado para fins imediatos das soluções de problemas.

Contudo, deve-se ressaltar que o ensino tradicional, mecanizado e centrado exclusivamente no professor, também sintetiza uma forma de aprendizagem individual, haja vista que o aprendiz também deve participar do processo de ensino-aprendizagem para que ele compreenda os conceitos científicos e evolua como ser pensante, tendo o professor como gestor do conhecimento e personagem principal desse processo, mas ciente de que ambos devem trabalhar numa via de mão dupla, trocando conhecimentos.

Desse modo, a Educação STEAM, contextualizada com a aprendizagem significativa de Ausubel, possibilita novas vertentes educativas, promovendo um novo olhar dentro do processo de construção do saber. Assim, a UEPS se torna uma opção construtiva para os profissionais de educação que desejam romper com a prática demasiada da narrativa, visando a um aprendizado dinâmico e holístico.

Neste trabalho, apresentamos como recurso didático o carrinho mecatrônico “movido pela luz”, que pode ser implementado nas escolas da rede pública de ensino. Esse projeto possibilita explorar, de forma interdisciplinar, alguns fenômenos científicos, possibilitando um aporte teórico consolidado aos alunos, além de promover o desenvolvimento de múltiplas habilidades defendidas pela Educação STEAM.

A mecatrônica, segundo Braga (2019), é uma palavra bastante pronunciada nas escolas que procuram estar em dia com as inovações do ensino e da tecnologia. Todavia, a maior dificuldade que essas instituições de ensino encontram é a de disporem, em seu quadro de funcionários, de professores capacitados e aptos a manusearem esses novos aparatos tecnológicos, haja vista que é possível, por meio de modelos didáticos construídos a partir de propriedades da mecatrônica, trabalhar conteúdos multidisciplinares, principalmente nas áreas da Física, Química, Biologia e Ciências.

Por conseguinte, os professores das áreas de Ciências que poderiam assumir a tarefa de fomentar o uso desses materiais tecnológicos dentro do processo de ensino e aprendizagem não estão preparados para manusearem a parte eletrônica; até porque os cursos de licenciaturas dessas áreas pouco abordam essas temáticas durante o período de formação. Esse fator possivelmente será revisto nos próximos anos para se adequar às novas propostas e diretrizes trazidas pela BNCC do ensino médio, principalmente em relação ao eixo de Ciências da Natureza e Suas Tecnologias.

Sendo assim, construímos uma proposta UEPS no contexto STEAM que abarcou oito momentos. Durante a criação dessa proposta, buscamos nortear os pilares da Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática, alicerçando na TAS. No decorrer da propositura educativa, evidenciou-se que a ação do educador era de suma importância para que o projeto se desenvolvesse com perfeição e proporcionasse experiências enriquecedoras aos alunos.

Portanto, durante a promoção da aprendizagem significativa, deve-se ressaltar, de forma relevante, o papel do professor, pois é ele que direcionará as discussões, questionamentos e estabelecerá uma relação construtiva com o aluno, de modo a interagir com ele, estimulando e facilitando o processo da criação de significados e ascensão do conhecimento.

## REFERÊNCIAS

- AIRASIAN, P. W.; WALSH, M. E. Constructivist Cautions, **Phi Delta Kappa**, v.78, n.6, p. 444-449, 1997.
- ASKELAND, D. R.; WRIGHT, W. J. **Ciência e engenharia dos materiais**. 3.ed. São Paulo, Cengage Learning, 2014, p. 48-53.
- AUSUBEL, D. P. **Educational psychology – a cognitive view**. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968, 685p.
- AUSUBEL, D. P. **The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000, 212p.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. 1.ed. Editora: Plátano Edições Técnicas. Lisboa, 2003.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Educational psychology: a cognitive view**. 2.ed. Nova York, Holt, Rinehart and Winston, 1978. 733 p.
- BALL, S. J. Reformar escolas/reformar professores e os terrores da performatividade. Revista: **Portuguesa de Educação**, v. 15, n. 2, p. 3-23. 2002.
- BENTLEY, M.L. Constructivism as a Referent for Reforming Science Education. *In*: LAROCHELE, M.; BEDNARZ, N.; GARRISON, J. (eds.) **Constructivism and Education**, Cambridge University Press, 1998, p. 233-249.
- BENAQUIO, W. C. **Elaboração e aplicação de um material instrucional baseado na aprendizagem significativa sobre o efeito fotoelétrico para alunos de ensino médio**. 2016. 163f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. 2016.
- BLACK, P. J.; OGBORN, J., **Ciencias avanzadas Nuffield, libro del alumno, unidade 7**, Editorial Reverté, S.A, Barcelona, 1975.
- BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em Educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Portugal: Porto Editora. 2010.
- BRAGA, N. C. **Veículo Mecatrônico VM1 (MEC060)**. Disponível em: <<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/robotica/2122>>. Acesso em: 19 nov. 2019.
- BRASIL. Lei Nº 4.024, de 20 de dezembro de 1961. **Fixa as Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1960-1969/lei-4024-20-dezembro-1961-353722-publicacaooriginal-1-pl.html>>. Acesso em: 12 nov. 2019.
- BRASIL. Ministério da Educação (MEC). Secretaria de Educação Fundamental (SEF). **Parâmetros Curriculares Nacionais: introdução aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, DF: MEC/SEF, 1997.

BRASIL. Ministério da Educação-MEC, Secretaria de Educação Básica. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília, 2002.

BRASIL ESCOLA. **Distribuição eletrônica de íons**. 2020. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/distribuicao-eletronica-ions.htm>>. Acesso em: 20 de fev. 2020.

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 de mar. 2019.

CABRAL, R. J. P. FARIAS, J. W. Programa desenvolvendo talentos IRS, à luz do STEAM. **Anais... In: 1º Seminário de altas habilidades/superdotação Campo Grande: UCDB, 2018, p.20-24.**

CACHAPUZ, A.; G. PEREZ, D.; CARVALHO, A. M. P.; PRAIA, J.; VILCHES, A. **A necessária renovação do ensino das ciências**. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

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.

COMPONENTS INFO. **TIP122 Transistor Pinout, Equivalent, Uses, Features**. Disponível em: <<https://www.componentsinfo.com/tip122-pinout/>>. Acesso em: 09/11/2019.

DAUGHERTY, M. K. The prospect of an “A” in STEM education. **Journal of STEM Education: Innovations and Research**, v.14, n.2, p.10-15, 2013.

DOCTOR STEM. **Preparando o engenheiro do futuro na prática**. Disponível em: <<http://doctorstem.com.br/metodologia/>>. Acesso em: 21 jan. 2020.

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

DUARTE, N. **A individualidade para-si: contribuição a uma teoria histórico-social da formação do indivíduo**. Campinas: Autores Associados, 1993.

DUARTE, N. **Educação escolar, teoria do cotidiano e a Escola de Vigotski**. Campinas: Autores Associados, 1996.

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.

DUARTE, N. **Sobre o Construtivismo: contribuições a uma análise crítica**. 2. ed. Campinas, SP: Autores Associados, 2005.

DUNNING, D. The Dunning–Kruger Effect: On Being Ignorant of One's Own Ignorance. **Advances in Experimental Social Psychology**. Department of Psychology, Cornell University, Ithaca, New York, USA, v.44, 2011, p.247-296.

DUNNING, D.; KRUGER, J. M Unskilled and unaware of it: how difficulties in recognizing one's own incompetence lead to inflated self-assessments. **Journal of personality and social psychology**, v.77, p.1121–1134, 1999.

EDWARDS, D.; MERCER, N. **Common Knowledge - The development of understanding in the classroom**. London: Routledge, 1987.

EXPLICATORIUM. **Estrutura dos sólidos cristalinos e amorfos**. Disponível em: <<http://www.explicatorium.com/cfq-9/estrutura-dos-solidos.html>>. Acesso em: 30 out. 2019.

ELETRÔNICA PT. **Transistor**. Disponível em: < <https://www.electronica-pt.com/componentes-eletronicos/transistor-tipos>>. Acesso em: 22/02/2020.

FANG, N. Research on the Application of STEAM Concept to College English Learning in China. 5th International Conference on Economics, Management and Humanities Science. **Francis Academic Press**, Shandong Institute of Commerce and Technology, Shandong, China, 2019, p.979-981.

FAZENDA, I. C. **Integração e interdisciplinaridade no ensino brasileiro: efetividade ou ideologia**. São Paulo: Loyola, 1979.

FISCHLER, H.; LICHTFELDT, M. learning quantum mechanics, *In*: DUIT, R.; GOLDBERG, F.; NIEDDERER, H. **Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies**. Proceedings of an International Workshop Held at the University of Bremen, mar 4-8, 1991, p.240-251.

FOSNOT, C. T. **Enquiring teachers, enquiring learners – a constructivist approach for teaching**. New York: Teachers College Press, 1989.

FOSNOT, C. T. **Construtivismo – teoria, perspectivas e práticas pedagógicas**. Porto Alegre: Artes médicas, 1998.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

GADOTTI, Moacir. **A organização do trabalho na escola: alguns pressupostos**. São Paulo: Ática, 2004, 105p.

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.

GHELLERE, G. **LDR Light Dependent Resistor: Resistor Variável de acordo com incidência de luz**. Foz do Iguaçu, p. 757- 768, 2009. Disponível em: <<http://www.foz.unioeste.br/~lamat/downcompendio/compendiov7.pdf>>. Acesso em: 05 nov. 2019.

GOWIN, D. B. **Educating**. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1981, 210p.

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.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J., **Fundamentos de Física: Ótica e Física Moderna**, 9. ed. LTC Editora, v. 4, 2012.

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.

HELLER, A. **Cotidiano e História**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1989.

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.

HOLTON, G.; RUTHERFORD, F. J.; FLETCHER, G. W. **Projecto Física, unidade 4**, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1985.

INFOESCOLA. **Semicondutores**. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/fisica/semicondutores/>>. Acesso em: 22/02/2020.

INSTITUTO FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE. **Teoria dos Semicondutores e o Diodo Semicondutor**. Disponível em: <<https://professor.ifrn.edu.br/jonathanpereira/disciplinas/electronica-analogica/aula-2-teoria-de-semicondutores>>. Acesso em: 22/02/2020.

JAPIASSU, H. **Interdisciplinaridade e patologia do saber**. Rio de Janeiro: Imago, 1976.

JENKINS, E. W. Constructivism in school science education: powerful model or the most dangerous intellectual tendency? **Science & Education**, v.9, p. 599-610, 2000.

JOHNSON-LAIRD, P. N. **Mental models**. Cambridge: Harvard University Press, 1983, 513p.

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

LABORATÓRIO DE FÍSICA MODERNA - Instituto de física: Gleb Wataghin. **As células unitárias**. Disponível em: <<https://sites.ifi.unicamp.br/lfmoderna/conteudos/difracao-de-raio-x/>>. Acesso em: 30 out. 2019.

LABURU, C. E.; ARRUDA, S. M. Reflexões Críticas sobre as Estratégias Instrucionais Construtivistas na Educação Científica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 4, p. 477-488, 2002.

LIBÂNEO, J. C. **Adeus professor, adeus professora? Novas exigências educacionais e profissão professor**. 9. ed. São Paulo: Cortez, 2007. 104 p.

LIBÂNEO, J. C. **Didática**. 1. ed. São Paulo: Cortez, 1994.

LIMA, M.C. **Monografia: A engenharia da produção acadêmica**. São Paulo: Saraiva, 2004.

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-MT, v. 5, n. 2, jul-dez 2017.

LORENZIN, M. P. Choices USP. **Sistemas de Atividade e STEAM: possíveis diálogos na construção de um currículo globalizador para o Ensino Médio**. 2016. Disponível em: <<https://sites.usp.br/choices/sistemas-de-atividade-e-steam-possiveis-dialogos-na-construcao-de-um-curriculo-globalizador-para-o-ensino-medio/>>. Acesso em: 07 jan. 2020.

LORENZIN, M. P.; ASSUMPÇÃO C. M.; RABELLO, M. Metáforas Mecânicas: uma proposta STEAM para o ensino de Ciências. **Anais... 6º Congresso de Pesquisa do Ensino. Educação e Tecnologia: revisitando a sala de aula**. Agosto de 2017. Disponível em: <<http://www.sinprosp.org.br/conpe6/>>. Acesso em 23 de abril de 2019.

LÜCK, H. **Pedagogia Interdisciplinar: Fundamentos Teórico-Metodológicos**. Petrópolis: Vozes, 2004. p. 64.

MADDEN, M. E.; BAXTER, M.; BEAUCHAMP, H.; BOUCHARD, K.; HABERMAS, D.; HUFF, M.; PLAGUE, G. Rethinking STEM education: an interdisciplinary STEAM curriculum. **Procedia computer science**, v.20, p.541–546, 2013.

MAGMATTEC. **O que são materiais nanocristalinos?** Disponível em: <<https://www.magmattec.com.br/materiais-magneticos-e-aplicacoes/o-que-sao-materiais-nanocristalinos>>. Acesso em: 30 out. 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.

MARKUS, O. **Ensino Modular: Sistemas analógicos - Circuitos com diodos e transistores**. 8. ed. São Paulo: Érica, 2008.

MATTHEWS, M. Construtivismo e o ensino de ciências: uma avaliação. **Caderno Brasileiro de ensino de física**. Santa Catarina. v.17, n.3, p.270-294, 2000.

MELO, A. C. S. **Contribuições da Epistemologia Histórica de Bachelard no Estudo da Evolução dos Conceitos da Óptica**. 2005. 198f. Dissertação- (Mestrado

em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, 2005.

MELLO, H. A.; BIASI, R. S. **Introdução a Física dos Semicondutores**. São Paulo, Editora Edgard Blucher LTDA, 1975.

MERLIM, R. S.; SARAIVA, V. S. M.; MENEGUELLI, C. S.; MACHADO, C. H.; CALDAS, R. L. Unidade de ensino potencialmente significativa: análise da aplicação sobre efeito fotoelétrico. **Revista Thema**, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense IFSul. v.16, n.2, p.284-300, 2019.

MILLAR, R. Constructive criticisms. **International Journal of Science Education**, v.11, n.5, p. 587-596, 1989.

MOFFAT, W. G. PEARSALL, G. W. WULFF, J. **Ciências dos Materiais**. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Editora LTDA. v.4, 1972, p. 45-48.

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. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Universidade de Brasília, 2006. 186 p.

MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. (Texto Adaptado e atualizado, em 1997, de um trabalho com o mesmo título publicado em O Ensino), **Revista Galaico Portuguesa de Sociopedagogia e Sociolinguística**, Pontevedra/Galícia/Espanha e Braga/Portugal, n 23 a 28, p. 87-95, 1988. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>>. Acesso em: 10. out. 2019.

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

MOREIRA, M. A. **Aprendizaje significativo: teoría y práctica**. Madrid: Visor, 2002, 100p.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa crítica**. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 2005, 45p.

MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação na sala de aula**. Brasília: Editora da UnB, 2006, 185p.

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

MOREIRA, M. A. O que é afinal aprendizagem significativa? **Revista Currículum**, La Laguna, n.25, p.29-56, 2012.

MOREIRA, M. A.; BUCHWEITZ, B. **Novas estratégias de ensino e aprendizagem; os mapas conceituais e o Vê epistemológico**. Lisboa, Plátano, 1993.114 p.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. 2.ed. São Paulo: Centauro Editora, 2006, 111p.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? **Investigações em Ensino de Ciências**, v.1, n.1, p.20-39, 1996.

MUNDO EDUCAÇÃO. **Cloreto de sódio**. Disponível em: <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/cloreto-sodio.htm>>. Acesso em: 20/02/2020.

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

NIEDDERER, H.; GOLDBERG, F.; DUIT, R. Towards Learning Process Studies: A review of the Workshop on Research in Physics Learning, *In*: DUIT, R.; GOLDBERG, F.; NIEDDERER, H. (Eds.) **Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies**. Kiel, IPN, 1991, p. 10-28.

NOVAK, J. D; GOWIN, D. B. **Learning how to learn**. New York and Cambridge: Cambridge University Press, 1984.

NÓVOA, A. **Profissão professor**. Porto: Porto Editora, 1992.

OSBORNE, J. Beyond Constructivism. *In*: The proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics. **Anais...** Ithaca, New York, 1993, p.1-23. Disponível em: <[http://www.mlrg.org/proc3pdfs/Osborne\\_BeyondConstructivism.pdf](http://www.mlrg.org/proc3pdfs/Osborne_BeyondConstructivism.pdf)>. Acesso em: 07 jan. 2020.

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](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-35606-3_38)>. Acesso em: 07 jan. 2020.

PERRENOUD, P.; BOLSTERLI, M.; BONNETON, D.; CAPITANESCU, A.; GATHERTHURLER, M.; MAULINI, O.; MULLER, A.; SAVOIE-ZAJC, L.; VELLAS, E. **A escola de A a Z: 26 maneiras de repensar a educação**. Porto Alegre: Artmed, 2005.

PEREIRA, L. S. **Estrutura Cristalina**. Infoescola, Navegando e Aprendendo. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/quimica/estrutura-cristalina/>> Acesso em: 29 out. 2019.

PIROPO, B. **Discos de Estado Sólido (SSD) III: Transistores e memórias**, 2008. Disponível em: <<https://www.bpiropo.com.br/fpc20081027.htm>>. Acesso em: 24/02/2020.

PHYSICAL SCIENCE STUDY COMMITTEE. **Física parte 1**. Editora: Universidade de Brasília, edição preliminar, 1963.

QUÍMICA DEL ESTADO SÓLIDO. **Redes Bravias**. Disponível em: <<https://quimicadelestadosolido.wordpress.com/2012/12/05/redes-de-bravais/redes-bravias/>>. Acesso dia 20/02/2020.

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.

RIBEIRO, R. J. SILVA, S. C. R.; KOSCIANSKI, A. Organizadores prévios para aprendizagem significativa em Física: o formato curta de animação. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v.14 n. 03 p. 167-183, set-dez, 2012.

RICARDO, E. C. **Discussões dos seminários regionais e nacional referentes aos rumos que serão dados ao ensino de física a partir dos PCNEM**. Brasília, 2004. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/08Fisica.pdf>>. Acesso em: 28 abr. 2020.

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.

ROTH, M. W. Construction Sites: Science Labs an Classrooms, *In*. TOBIN, K. (ed.) **The Practice of Constructivism in Science Education**, AAAS Press, Washington, 1993, p. 145-170.

ROWELL, J. A. Laboratory counter examples and the growth of understanding in science. **European Journal of Science Education**, v.5, n 2, p. 203-215, 1983.

SANTOS, M. V. **Transistores**. Foz do Iguaçu, p. 787-812, 2009. Disponível em: <<http://www.foz.unioeste.br/~lamat/downcompendio/compendiov7.pdf> >. Acesso em: 07 nov. 2019.

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.

SHERNOFF, D. J.; SINHA, S.; BRESSLER, D.; M. GINSBURG, L. Assessing teacher education and professional development needs for the implementation of integrated approaches to STEM education. **International Journal of STEM Education**, v.4 n.1, p.13, 2017.

SILVA, D. **A comparação entre um microfone de eletreto e um LDR como detectores de luz num sistema de espectroscopia ótica**. 2006. 58 f. Dissertação. (Mestrado em Bioengenharia) – Universidade do Vale do Paraíba, 2006. Disponível

em: <<http://biblioteca.univap.br/dados/000001/0000016C.pdf>>. Acesso em: 08 de nov. 2019.

STOHLMANN, M.; MOORE, T. J.; ROEHRIG, G. H. Considerations for teaching integrated STEM education. **Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)**, v.2, n.1, p.4, 2012.

SWART, J. W. **Semicondutores: Fundamentos Técnicas e aplicações**. Campinas, SP: Editora Unicamp, 2008.

TAVARES, D. E. Aspectos da história deste livro. In: FAZENDA, I. **Práticas interdisciplinares na escola**. São Paulo: Cortez, 1999. p. 30.

TAVARES, R. Caderno de Laboratório. **Conhecendo o transistor de junção bipolar**. 2018. Disponível em: <<https://cadernodelaboratorio.com.br/2018/05/03/conhecendo-o-transistor-de-juncao-bipolar/>>. Acesso em: 20 de fev. 2020.

THIESEN, J. S. A interdisciplinaridade como um movimento articulador no processo ensino-aprendizagem. **Revista Brasileira de Educação**, v. 13, n. 39, p.545-554, 2008.

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

VERGNAUD, G. La théorie des champs conceptuels. **Recherches em Didactique des Mathématiques**, Grenoble, v. 10, n. 23, p. 133-170, 1990.

VYGOTSKY, L. **Pensamento e linguagem**. 1.ed. São Paulo: Martins Fontes, 1987, 135p.

WENGAO, L. Analysis of Maker Education Model and Cultivation of Students' Innovative Ability.5th International Workshop on Education, Development and Social Sciences. **Francis Academic Press**, Baoshan University, Yunnan, China, p. 280-283, 2019.

WENDLING, M. **Sensores**. Guaratinguetá, 2010. Disponível em: <<https://www.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/4---sensores-v2.0.pdf> >. Acesso em: 05 de nov. 2019.

YAKMAN, G. STEAM Education. In: research on technology, innovation, design & engineering teaching, 19: Pupils' Attitudes Towards Technology - PATT. **Anais...** Salt Lake City/Utah/USA, 2008, p. 1-28. Disponível em: <[https://www.academia.edu/8113795/STEAM\\_Education\\_an\\_overview\\_of\\_creating\\_a\\_model\\_of\\_integrative\\_education](https://www.academia.edu/8113795/STEAM_Education_an_overview_of_creating_a_model_of_integrative_education)>. Acesso em: 07 jan. 2020.

## ANEXOS

### Anexo 1: Introdução a Física Moderna e o estudo do Efeito Fotoelétrico

#### Introdução da Física moderna: Constante de Planck

Max Planck buscou uma explicação para as características especiais da luz emitida por corpos aquecidos (ou aquilo que os físicos chamam de **radiação de corpo negro**). Buscando explicar a natureza da luz, o cientista escocês James Clerk Maxwell (1831-1879) propôs a teoria de que a luz seria constituída por ondas eletromagnéticas. Assim, as diferentes radiações visíveis (cores) e invisíveis (raios gama, raios X, ultravioleta, infravermelho, micro-ondas e ondas de rádio) distinguem-se por possuírem comprimentos de onda e frequências diferentes.

O diagrama abaixo mostra as várias faixas do espectro eletromagnético. Os limites dessas faixas não são precisos porque os diferentes tipos de ondas, nesses pontos, acabam por serem indistinguíveis. Assim, para uma onda com frequência, por exemplo, da ordem de  $10^{20}$  Hz, podemos ter raios X ou raios gama, dependendo apenas de como tal onda foi originada. As principais faixas do espectro eletromagnético são:



Essa maneira de estudar e entender a luz explicava muitos fenômenos, como o modo de sua propagação. No entanto, havia alguns aspectos que essa teoria não explicava, sendo que o principal se tratava da cor que determinados objetos emitiam quando eram aquecidos. Todo objeto que se encontra em temperatura ambiente é visualizado porque reflete radiação em determinada frequência e em determinado comprimento de onda que corresponde à sua cor (luz visível). No entanto, no caso de objetos que estão em temperaturas altíssimas, eles não refletem alguma luz que incidiu sobre eles, mas emitem luz própria em intensidade suficiente para visualizarmos.

Por exemplo, o ferro muda de cor à medida que sua temperatura aumenta. Ele primeiro fica vermelho, depois amarelo, posteriormente branco e, em temperaturas extremamente elevadas, o branco fica ligeiramente azul.

Ao estudar esse fenômeno, os cientistas mediam a intensidade da radiação em cada comprimento de onda e repetiam as medidas para uma variedade de temperaturas diferentes. O físico alemão Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887) descobriu que essa radiação emitida só dependia da temperatura, e não do material.

Um objeto que age dessa forma passou a ser denominado pelos cientistas como corpo negro. Ele não é chamado assim por causa de sua cor, pois ele não é necessariamente escuro, pelo contrário, muitas vezes resplandece na cor branca. Esse nome vem do fato de que o objeto não favorece a absorção ou a emissão de um comprimento de onda, pois enquanto o branco reflete todas as cores (radiações visíveis em vários comprimentos de onda), o preto não reflete nenhuma cor. O corpo negro absorve toda a radiação que incide sobre ele.

A Física clássica dizia que qualquer corpo negro a qualquer temperatura não nula deveria emitir uma radiação ultravioleta muito intensa, o que quer dizer que o aquecimento de qualquer objeto levaria a uma devastação ao seu redor por meio da emissão de radiações com altas frequências. Inclusive um corpo humano com a temperatura de 37° C brilharia no escuro!

A explicação correta veio em 1900 pelo físico e matemático alemão Max Karl Ernest Ludwig Planck (1858-1947), que disse que a energia não seria contínua, como se pensava anteriormente. Sua teoria dizia basicamente o seguinte: “A radiação é absorvida ou emitida por um corpo aquecido não sob a forma de ondas, mas por meio de pequenos “pacotes” de energia”.

A esses pequenos “pacotes” de energia Max Planck deu o nome de quantum (seu plural é quanta), que vem do latim e significa “quantidade”, literalmente “quanto? ”, passando a ideia de unidade míni-ma, indivisível; já que o quantum seria uma unidade definida de energia proporcional à frequência da radiação. Foi a partir daí que surgiu a expressão teoria quântica. Atualmente um quantum é chamado de fóton.

Além disso, esse cientista forneceu uma função que permitia determinar a radiação das partículas oscilantes que emitem radiação em um corpo negro:

$$E = n \cdot h \cdot \nu$$

Sendo que:

$n$  = número inteiro positivo;

$h$  = constante de Planck ( $6,626 \cdot 10^{-34}$  J. s - valor muito pequeno se comparado à energia que se requer para realizar mudanças físicas ou químicas dos materiais do cotidiano. Isso nos mostra que “ $h$ ” se remete a um mundo muito pequeno, o mundo quântico);

$\nu$  = frequência da radiação emitida.

**Recordando brevemente o conceito de ondas, conforme sua natureza elas são classificadas em:**

**Ondas Mecânicas:** são ondas que necessitam de um meio material para se propagar, ou seja, sua propagação envolve o transporte de energia cinética e potencial e depende da elasticidade do meio. Por isto não é capaz de propagar-se no vácuo. Alguns exemplos são os que acontecem em molas e cordas, sons e em superfícies de líquidos.

**Ondas Eletromagnéticas:** são ondas geradas por cargas elétricas oscilantes e sua propagação não depende do meio em que se encontram, podendo propagar-se no vácuo e em determinados meios materiais. Alguns exemplos são as ondas de rádio, de radar, os raios x e as micro-ondas. Todas as ondas eletromagnéticas têm em comum a sua velocidade de propagação no vácuo, próxima a  $300000\text{km/s}$ , que é equivalente a  $1080000000\text{km/h}$ .

### **Efeito Fotoelétrico**

#### **O que é efeito fotoelétrico?**

O efeito fotoelétrico é um fenômeno de origem quântica que consiste na emissão de elétrons por algum material que é iluminado por radiações eletromagnéticas de frequências específicas. Os elétrons emitidos por esses materiais são chamados de fotoelétrons.

#### **Quem descobriu o efeito fotoelétrico?**

O efeito fotoelétrico foi descoberto em 1886 pelo físico alemão Heinrich Hertz (1857-1894). Na ocasião, Hertz percebeu que a incidência da luz ultravioleta em chapas metálicas auxiliava a produção de faíscas. A explicação teórica para o efeito

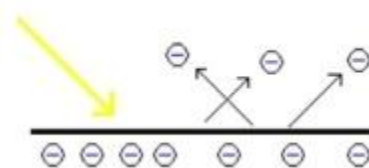
fotoelétrico, entretanto, só foi apresentada pelo físico alemão Albert Einstein, em 1905.

A dúvida que existia na época estava relacionada com a energia cinética dos elétrons que eram ejetados do metal: essa grandeza não dependia da intensidade da luz incidente. Einstein percebeu que o agente responsável pela ejeção de cada elétron era um único fóton, uma partícula de luz que transferia aos elétrons uma parte de sua energia, ejetando-o do material, desde que sua frequência fosse grande o suficiente para tal. Para tanto, Einstein munuiu-se das ideias do físico alemão Max Planck (1858-1947).

Planck afirmava que a luz irradiada por um corpo negro era quantizada, isto é, apresentava um valor mínimo de energia, como em pequenos pacotes. Einstein ampliou a ideia para todas as ondas eletromagnéticas e conseguiu resolver o problema do efeito fotoelétrico. Einstein e Planck receberam mais tarde o prêmio Nobel de Física por suas descobertas relacionadas à quantização da luz.

### Como funciona o efeito fotoelétrico?

O efeito fotoelétrico consiste na ejeção de elétrons de um material exposto a uma determinada frequência de radiação eletromagnética. Os pacotes de luz, chamados de fótons, transferem energia para os elétrons. Se essa quantidade de energia for maior do que a energia mínima necessária para se arrancar os elétrons, estes serão arrancados da superfície do material, formando uma corrente de fotoelétrons.



Placa metálica incidida por luz e perdendo elétrons devido ao efeito fotoelétrico.

A energia de cada fóton depende de sua frequência ( $f$ ), portanto, existe uma frequência mínima necessária para arrancar os elétrons do material. A energia mínima que cada fóton deve ter para promover o efeito fotoelétrico é chamada de função trabalho. A equação a seguir permite calcular a energia de um único fóton de frequência  $f$ :

$$E = hf$$

Na equação acima,  $h$  é uma constante física chamada constante de Planck, de valor igual a  $4,0 \cdot 10^{-15}$  eV. A energia cinética que o elétron adquire após ser atingido por um fóton é determinada pela diferença da energia do fóton com a função trabalho ( $\Phi$ ):

$$E_{\text{elêtron}} = hf - \Phi$$

A função trabalho é uma característica de cada material e depende do quão ligados estão os elétrons no material. Confira uma tabela com valores de função trabalho, em unidades de eV (elétrons-volts - cada eV equivale a  $1,6 \cdot 10^{-19}$  J), para alguns metais:

<b>Sódio</b>	2,28
<b>Cobalto</b>	3,90
<b>Alumínio</b>	4,08
<b>Cobre</b>	4,70

### **Aplicações tecnológicas do efeito fotoelétrico**

A mais famosa aplicação tecnológica baseada no efeito fotoelétrico é a célula fotovoltaica, utilizada nos painéis solares para gerar energia elétrica limpa e renovável.

Nas células fotoelétricas (fotocélulas), a energia luminosa se transforma em corrente elétrica. Diversos objetos e sistemas utilizam o efeito fotoelétrico, por exemplo:

- As televisões (de LCD e plasma)
- As reconstituições de sons nas películas de um cinematógrafo
- As iluminações urbanas
- Os sistemas de alarmes
- As portas automáticas
- Os aparelhos de controle (contagem) dos metrô, etc.

## Dualidade da Luz onda-partícula

A luz, em determinados momentos, se comporta como uma onda; e, em outros momentos, como partícula. Dizemos que ela apresenta, então, uma dualidade onda-partícula. É que na Física Quântica, um dos pilares da Física Moderna, algumas coisas podem se comportar tanto como onda como partícula. É claro que, num primeiro momento, isso é minimamente bizarro. E por isso mesmo esse comportamento dual não foi bem aceito de pronto pelos cientistas. Estamos acostumados com o nosso mundo macroscópico, muito bem descrito pelas Leis da Mecânica newtoniana, onde onda e partícula são coisas bem distintas. Mas no mundo microscópico, onde a Física Quântica funciona muito bem, os objetos estão de acordo com a bem conhecida e aceita Dualidade Onda-Partícula que afirma que uma entidade quântica pode se comportar como onda num experimento e como partícula noutro, sem nenhum problema.

### Referência

ALUNOSONLINE. **Dualidade onda-partícula**. Disponível em: <<https://alunosonline.uol.com.br/fisica/dualidade-onda-particula.html>>. Acesso em: 20/04/2020.

BRASIL ESCOLA. **Teoria de Max Planck**. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/teoria-max-planck.htm>>. Acesso em: 20/04/2020.

BRASIL ESCOLA. **O que é efeito fotoelétrico?** Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-efeito-fotoeletrico.htm>>. Acesso em: 20/04/2020.

COLA DA WEB. **Espectro Eletromagnético**. Disponível em: <<https://www.coladaweb.com/fisica/ondas/espectro-eletromagnetico>>. Acesso em: 20/04/2020.

SOFÍSICA. **Ondas**. Disponível em: <<https://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulatoria/Ondas/classificacao.php>>. Acesso em: 20/04/2020.

## **Anexo 2: texto: iluminação pública e criminalidade**

### **ILUMINAÇÃO PÚBLICA E CRIMINALIDADE**

A iluminação pública assume papel fundamental na qualidade de vida e segurança para as cidades, em virtude do crescimento da urbanização e dos problemas gerados por esse crescimento. Atualmente, a falta de iluminação pública nas ruas contribui bastante para a prática de crimes. A escuridão e a falta de iluminação prejudicam os cidadãos, que, geralmente, em razão do trabalho ou estudo, acabam transitando à noite nas ruas.

A falta de iluminação pública nas ruas das cidades contribui significativamente para a falta de segurança da população das cidades. Aqui o enfoque é a relação existente entre iluminação pública e criminalidade. Inicialmente apresenta-se um histórico da iluminação pública e em seguida apresenta-se sua relação com a questão da criminalidade.

Trata-se de uma pesquisa de cunho social. A relevância do tema 'Iluminação Pública e Criminalidade' está no fato de ser uma questão social de abrangência governamental, mas que necessita do conhecimento científico quando da elaboração e efetivação de projetos nesta área. Daí a razão da escolha deste assunto. Concluiu-se que áreas urbanas que melhoram a iluminação podem aumentar a percepção de segurança e contribuir para a diminuição dos índices de criminalidade.

A análise das características ambientais dos locais onde os delitos ocorrem podem inferir quais são as características podendo ser eliminadas ainda na fase do projeto, prevenindo uma infinidade de problemas que este espaço poderia provocar no futuro, por não levar em conta tal aspecto.

Desde 1988, a Constituição Brasileira define a iluminação pública como serviço público de interesse local, sendo responsabilidade de o município gerir ou delegar a terceiros a gestão desse sistema.

Atualmente, sabe-se que a iluminação pública não deve ser tratada separadamente da instalação dos equipamentos, da compra do material, da manutenção do sistema e que não se resume apenas em troca de lâmpadas e cadastramento dos pontos instalados.

É fundamental que haja a gestão integrada do sistema, que leve em conta a utilização de um sistema de gestão informatizado e que se empregue um modelo de gerenciamento com critérios de qualidade.

Pode-se dizer que, em cada Estado do Brasil, há uma realidade específica quanto à gestão da iluminação pública, devido a fatores históricos e culturais. Em diversos Estados, a concessionária tornou-se a responsável pela gestão da iluminação e vem mantendo essa situação, adequando-se às mudanças na legislação. Em outros, a responsabilidade da iluminação sempre foi das prefeituras e em algumas regiões ainda houve o interesse em delegar a responsabilidade para empresas especializadas.

Independentemente do modelo adotado, a responsabilidade pela iluminação é do município e deve ser tratada de forma técnica, profissional e sistematizada, pois os recursos utilizados têm origem nos impostos e nas contribuições que são pagos por toda a população. Em última análise, somos todos provedores dos recursos utilizados para este fim e consumidores desse produto.

A relação iluminação pública e a questão da criminalidade. A iluminação pública é essencial à qualidade de vida nos centros urbanos, atuando como instrumento de cidadania, permitindo aos habitantes desfrutar, plenamente, do espaço público no período noturno. Além de estar diretamente ligada à segurança pública no tráfego, a iluminação pública previne a criminalidade, embeleza as áreas urbanas, destaca e valoriza monumentos, prédios e paisagens, facilita a hierarquia viária, orienta percursos e aproveita melhor as áreas de lazer. A melhoria da qualidade dos sistemas de iluminação pública traduz-se em melhor imagem da cidade, favorecendo o turismo, o comércio, e o lazer noturno, ampliando a cultura do uso eficiente e racional da energia elétrica, contribuindo, assim, para o desenvolvimento social e econômico da população.

“Iluminação pública é vida. No meu bairro a troca de lâmpadas queimadas demorou 11 meses, esse é o mesmo tempo necessário para uma égua parir”. Com a palavra nosso alcaide do município de Várzea Grande!

## Referências

OLIVEIRA, T. **Iluminação pública e criminalidade**. Disponível em: <<https://www.hnt.com.br/artigos/iluminacao-publica-e-criminalidade/30024>>. Acesso em: 22 jan. 2020.

### Anexo 3: texto sobre: grandezas elétricas básicas: corrente, tensão, potência e resistência.

#### Grandezas elétricas básicas: corrente, tensão, potência e resistência.

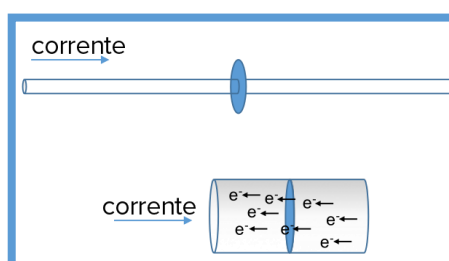
**Carga:** a carga elétrica é uma propriedade das partículas elementares que compõem o átomo. Lembrando que o átomo é formado por prótons, nêutrons e elétrons, sendo que:

Prótons: Localizam-se no núcleo do átomo e possuem carga elétrica positiva;

Elétrons: Ficam na eletrosfera, região ao redor do núcleo atômico, e têm carga elétrica negativa;

Nêutron: Também localizado no núcleo atômico, não possui carga elétrica.

**Corrente:** é descrita como o número de cargas por unidade de tempo passando através de uma seção. Imagine dividir em seções todo o caminho através de um fio. Fique perto de uma seção e conte o número de cargas passando através dela. Anote quantas cargas passaram através da seção em um segundo. Nós designamos um sinal positivo para corrente correspondente à direção que a carga positiva estaria se movendo.



Já que corrente é a quantidade de carga passando por um certo limite em uma quantidade de tempo fixa, ela pode ser expressa matematicamente usando a seguinte equação:

$$i = \frac{Q}{\Delta T} \gg i = \frac{n \cdot e}{\Delta T}$$

$i$  = Corrente elétrica

$\Delta T$  = Variação de tempo

$Q$  = Quantidade de carga eletrizada

A corrente elétrica é originada a partir do movimento das cargas elétricas. É, portanto, o fluxo de cargas por unidade de tempo.

Representa-se a corrente elétrica pelas letras  $I$ , ou  $i$ . A letra maiúscula denota variáveis contínuas, que não variam no tempo.

A unidade de medida de corrente elétrica é o ampère (A).

Em nossas residências são encontrados diversos tipos de aparelhos que só funcionam quando ligados à energia elétrica. Mas a corrente que utilizamos é corrente contínua ou corrente alternada? Para muitos, há confusão em saber quando estamos usando corrente contínua e quando estamos usando corrente alternada. De forma simples vamos entender qual tipo de corrente (contínua ou alternada) usamos nos aparelhos eletrodomésticos de nossas casas.

Quando um aparelho elétrico está ligado a uma fonte do tipo bateria ou pilha, a polaridade em seus terminais é fixa, ou seja, o campo elétrico tem um sentido constante na fiação do aparelho que está em funcionamento ligado a essa fonte. Portanto, dizemos que o movimento dos elétrons livres no fio do aparelho se dá sempre no mesmo sentido, caracterizando o que chamamos de corrente contínua.

Outros aparelhos, como geladeiras, chuveiros, ventiladores e liquidificadores, são alimentados por fontes (geradores de usinas) que alternam, de forma constante, sua polaridade. Por isso, o sentido do campo na fiação da residência em que um aparelho elétrico esteja funcionando ligado a uma tomada de 110 V ou 220 V também se alterna. Conseqüentemente, o movimento extra dos elétrons livres é ora para um lado, ora para outro, originando o que denominamos corrente alternada.

**Tensão elétrica:** também conhecida como diferença de potencial (DDP), é a diferença de potencial elétrico entre dois pontos ou a diferença em energia potencial elétrica por unidade de carga elétrica entre dois pontos. Sua unidade de medida é o volt – homenagem ao físico italiano Alessandro Volta. A diferença de potencial é igual ao trabalho que deve ser feito, por unidade de carga contra um campo elétrico para se movimentar uma carga qualquer.

Uma diferença de potencial pode representar tanto uma fonte de energia (força eletromotriz), quanto pode representar energia "perdida" ou armazenada (queda de tensão). A tensão elétrica pode ser causada por campos elétricos estáticos, por uma corrente elétrica sob a ação de um campo magnético, por campo magnético variante ou uma combinação de todos os três.

Com isso, pode-se concluir que a tensão elétrica é a quantidade de energia que um gerador fornece para movimentar uma carga elétrica durante um condutor.

A fórmula para calcular a tensão a partir desse conceito é:

$$V = E_{el} / Q$$

**V**= Tensão elétrica

**E<sub>el</sub>**= Energia elétrica

**Q**= Quantidade de carga eletrizada

**Potência elétrica:** pode ser definida como o trabalho elétrico desenvolvido pela corrente elétrica num período de tempo. Em termos mais simples é a conversão de energia elétrica em outra energia útil ao ser humanos. No caso do chuveiro, quanto maior potência elétrica, maior a quantidade de calor que ele gera para aquecer a água.

Nos equipamentos elétricos e eletrodomésticos a informação da potência é muito importante, primeiro pois ela é quem define o quão “forte” seu equipamento é em relação a outros modelos e em segundo pois é ele que nos dá a informação para a devida instalação deste aparelho, como o cabo que será usado para ele ou até mesmo o disjuntor de proteção.

Para isso precisamos entender que a fórmula da potência é:

$$P = I \times V$$

**P**= Potência elétrica

**i**= Corrente elétrica

**V**= Tensão elétrica

Com base nesta fórmula é que encontramos a corrente elétrica que este aparelho ou equipamento solicitará a rede para o seu funcionamento. Como a tensão do aparelho já é conhecida, através da fórmula encontramos a corrente elétrica. A corrente elétrica vai ser o fator determinante para a escolha do cabo e do disjuntor de proteção, já que estes são baseados pela corrente elétrica do equipamento. A unidade da potência elétrica é o Watt, em homenagem a James Watt, inventor da maquina a vapor. Para demonstrar a força de sua máquina James utilizou a comparação com os cavalos que exerciam a força para mover os moinhos na ausência dos ventos.

**Resistência elétrica:** é definida como a capacidade que um corpo tem de opor-se à passagem da corrente elétrica. A unidade de medida da resistência no SI é o Ohm ( $\Omega$ ), em homenagem ao físico alemão George Simon Ohm, e representa a razão **volt/Ampère**.

Quando um condutor é submetido a uma diferença de potencial, ele passa a ser percorrido por uma corrente elétrica, que é constituída pelo movimento de elétrons livres no interior do condutor. Quando esses elétrons livres entram em movimento, começam a colidir entre si e com os átomos do condutor. Quanto maior o número de colisões, maior a dificuldade encontrada pela corrente elétrica em “atravessar” o condutor. Essa dificuldade de movimento das cargas é que caracteriza a resistência elétrica.

## Referências

BRASIL ESCOLA. **O que é resistência elétrica?** Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-resistencia-eletrica.htm>>. Acesso em: 25/04/2020.

KHANACADEMY.ORG. **Grandezas elétricas básicas: corrente, tensão, potência.** Disponível em: <<https://pt.khanacademy.org/science/physics/circuits-topic/circuits-resistance/a/ee-voltage-and-current>>. Acesso em: 22/04/2020.

MUNDOEDUCAÇÃO. **Usamos corrente contínua ou alternada?** Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/usamos-corrente-continua-ou-alternada.htm>>. Acesso em: 22/04/2020.

MUNDO DA ELÉTRICA. **Potência elétrica.** Disponível em: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/potencia-eletrica/>>. Acesso em: 25/04/2020.

TODAMATÉRIA. **Carga Elétrica.** Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/carga-eletrica/>>. Acesso em: 22/04/2020.

TODAMATÉRIA. **Diferença de Potencial.** Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/diferenca-de-potencial/>>. Acesso em: 22/04/2020.

## **Anexo 4: texto sobre as principais características dos sólidos cristalinos e amorfos.**

### **A estrutura dos sólidos**

(Explicatorium)

Os alquimistas medievais tinham por hábito ocultar a sua ciência por trás de um véu de linguagem alegórica, conferindo um sentido poético aos seus textos. Descreviam, por exemplo o processo físico de sublimação (mudança do estado sólido para o estado gasoso) utilizando a imagem de uma ave que se eleva para os céus.

O estado sólido é um dos três estados físicos da matéria que, à diferença do estado líquido e do gasoso, se caracteriza por uma relativa ordenação espacial dos seus átomos numa estrutura a três dimensões (tridimensional).

Os corpos sólidos apresentam uma série de propriedades distintas dos líquidos e dos gases. É o caso de sua capacidade para suportar tensões, tanto no sentido paralelo como na perpendicular a uma das suas superfícies. A resistência oferecida a tais forças antes de chegar ao ponto de deformação ou ruptura depende, contudo, da natureza dos átomos que constituem a substância, bem como da forma como se ordenam e das forças de ligação que atuam no seu interior.

A passagem de uma substância para o estado sólido a partir do estado líquido ou gasoso acontece geralmente devido a um arrefecimento (diminuição da sua temperatura) ou devido a um aumento da pressão externa. A passagem do estado líquido ao sólido denomina-se solidificação ou cristalização, e a mudança inversa de estado recebe o nome de fusão. Ambos os processos envolvem uma variação intrínseca e idêntica de equilíbrio energético, constante para cada material e conhecida como calor de fusão. A passagem direta de sólido a gás, ou sublimação, realiza-se a baixas pressões.

### **Classificação dos sólidos**

Os sólidos podem ser divididos em duas categorias: **Sólidos cristalinos e sólidos amorfos.**

#### **Sólidos cristalinos**

Num sólido cristalino, o arranjo dos átomos, moléculas ou íons é tal, que a soma das forças atrativas globais tem um valor máximo. Estes sólidos apresentam uma organização interna uniforme, conforme a Figura 1 abaixo. Nestes sólidos, as

unidades estruturais constituintes da matéria (átomos, moléculas ou íons) podem ligar-se através de ligações químicas.

**Figura 1:**



No processo de solidificação dos sólidos cristalinos, os átomos ou moléculas fundamentais que os compõem se dispõem espacialmente numa forma geométrica ordenada. Os microcristais básicos, células componentes das redes cristalinas do sólido, assumem formas cúbicas, rômbricas, tetragonais, hexagonais ou prismáticas irregulares. O retículo espacial, ou rede, unidade do sistema de cristalização do sólido, repete-se indefinidamente nas três direções do espaço até alcançar as suas bordas exteriores. Dessa forma, ao fraturar-se um sólido de cristalização perfeita, deve reproduzir em cada um dos seus fragmentos a geometria do corpo no mesmo sistema cristalino. A partir de uma perspectiva geral, distinguem-se quatro tipos de sólidos cristalinos:

Os **metais e ligas metálicas** caracterizam-se principalmente por apresentarem elevada condutividade da eletricidade e do calor. Essas características explicam-se pela relativa liberdade de movimentos dos elétrons (partículas elementares de carga negativa) que ficam livres na rede ao se configurarem as ligações entre os átomos do metal.

Os **cristais iônicos** são agregados de íons: átomos ou moléculas que, durante transformações químicas, perderam ou capturaram elétrons e ficaram eletricamente carregados. Os íons positivos e negativos distribuem-se de forma intercalada, razão pela qual as ligações resultantes se fundamentam nas forças compensadas de atração eletrostática existente entre eles. A rede dos cristais iônicos constitui um sal cuja condutividade elétrica e calorífica normalmente aumenta de forma proporcional à temperatura.

Os **cristais covalentes**, como o diamante, o silício e o germânio, apresentam alta dureza e, frequentemente, brilho. Ao contrário dos cristais iônicos ou salinos, comportam-se em geral como isolantes elétricos devido à ausência parcial ou total de cargas elétricas na sua estrutura.

Os **cristais moleculares** são substâncias que procedem de fases gasosas de acentuada estabilidade (como o dióxido de carbono, por exemplo). Exemplos deste tipo de cristais são o hélio seco e o dióxido de carbono solidificado, as formas sólidas dos gases nobres e numerosos compostos orgânicos constituídos basicamente por átomos de carbono e hidrogênio.

Alguns cristais moleculares e covalentes, assim como certas ligas metálicas e sais iônicos, são substâncias isolantes, não-condutoras de corrente elétrica a baixas temperaturas. Ao aumentar-se a temperatura acima de certo valor, contudo, a sua condutividade aumenta sensivelmente. Esses materiais, que constituem intrinsecamente conectores e interruptores elétricos, em função da temperatura a que são submetidos, recebem o nome de semicondutores. Desde a segunda metade do século XX, estes materiais alcançaram importância transcendental na tecnologia eletrônica e cibernética.

### **Sólidos amorfos**

A ausência de um padrão de cristalização caracteriza os chamados sólidos não-cristalinos ou amorfos. Entre eles destacam-se os plásticos, os vidros, os sabões, as parafinas e muitos outros compostos orgânicos e inorgânicos. A disposição interna dos componentes materiais dos sólidos amorfos é em grande parte aleatória, semelhante à dos líquidos, que mantêm fixas, contudo, as distâncias de suas ligações moleculares. A Figura 2 demonstra a estrutura de um sólido amorfo:



A propriedade mais destacada dos sólidos amorfos é a falta de um ponto fixo de fusão, de modo que sua passagem para o estado líquido se verifica ao longo de um intervalo de temperaturas durante o qual adoptam o chamado estado plástico. Algumas das aplicações dos vidros e dos materiais plásticos derivam de sua qualidade de serem facilmente moldáveis quando submetidos a aumentos de temperatura.

## Referências

EXPLICATORIUM. **Estrutura dos sólidos cristalinos e amorfos**. Disponível em: <<http://www.explicatorium.com/cfq-9/estrutura-dos-solidos.html>>. Acesso em: 30 out. 2019.