



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM FÍSICA

CARLOS BRENO MOURA GOMES

**LUZ E COR: UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE
CIÊNCIAS EM NÍVEL FUNDAMENTAL**

FORTALEZA

2022

CARLOS BRENO MOURA GOMES

LUZ E COR: UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE
CIÊNCIAS EM NÍVEL FUNDAMENTAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Graduação em Física do Centro
de Ciências da Universidade Federal do Ceará,
como requisito parcial à obtenção do grau de
licenciado em Física.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto
Santos de Almeida

Coorientadora: Profa. Dra. Maria Luiza
Miguez

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- G613l Gomes, Carlos Breno Moura.
Luz e cor: uma proposta de sequência didática para o ensino de ciências em nível fundamental /
Carlos Breno Moura Gomes. – 2022.
64 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências,
Curso de Física, Fortaleza, 2022.
Orientação: Prof. Dr. Carlos Alberto Santos de Almeida.
Coorientação: Profa. Dra. Maria Luiza Miguez.
1. Physics Toolbox. 2. Sistema RGB. 3. Escalas de pH. 4. Interdisciplinaridade. 5. Sequência Didática.
I. Título.

CDD 530

CARLOS BRENO MOURA GOMES

LUZ E COR: UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE
CIÊNCIAS EM NÍVEL FUNDAMENTAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Graduação em Física do Centro
de Ciências da Universidade Federal do Ceará,
como requisito parcial à obtenção do grau de
licenciado em Física.

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Carlos Alberto Santos de
Almeida (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Maria Luiza Miguez (Coorientadora)
Centro Universitário Farias Brito (FB UNI)

Prof. Dr. Nildo Loila Dias
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Fernando Wellysson de Alencar Sobreira
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Ceará (IFCE))

A meus pais, namorada, irmã, tias, amigos, professores e artistas que tanto me inspiraram. Sem vocês isso tudo seria inconcebível.

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, este trabalho não seria possível sem o encontro com Maria Luiza Miguez. A professora se mostrou sempre disponível e interessada no meu trabalho além de apresentar belíssimas ideias para ele. Além disso, apesar do pouco tempo que passamos juntos, Miguez se tornou uma inspiração pessoal para mim e uma meta como professor tanto na questão profissional quanto na humana. Espero que essas palavras cheguem a você e que saiba de minha admiração, professora.

À meu pai Sérgio e minha mãe Francisca pelo apoio, amor incondicional, compreensão e por serem os melhores pais que eu poderia ter.

À Mariana, minha musa inspiradora, companheira e mulher da minha vida, por me trazer de volta à luz. Nada que eu faça compensará tudo o que fez e faz por mim. Te amo.

Às minhas tias Rozimar e Nancy, minhas outras mães.

Aos amigos com os quais fui presenteado ao longo da graduação Brício, Brenda, Carolina, Emanuel, Felipe, Gabriella, Julliana, Ramon e Taynara. Pelas discussões, desabafos, lágrimas, risadas e confidências.

Aos amigos fora do âmbito acadêmico: Erica, Gabrielle, Giovanna, Hebert, Luan, João Pedro, Rodrigo e Narciso pelas conversas sem fim e que tanto me engrandeceram e em especial à Caroline por ser uma das que me iniciaram nesse caminho de estudos e pela grande amizade que temos até hoje.

Aos parceiros de início de graduação João Victor, Marcos Aurélio, Marcelo, Rafael, Wagner e Wallace pela ajuda mútua e parceria nas disciplinas.

Aos professores Ascânio, Luciana, Robson, Saulo e Wanessa alguns dos meus exemplos no mundo da docência e com os quais tive o prazer de estudar.

Aos professores que não conheci mas que muito me ensinaram e inspiraram: Carlos Eduardo, Idelfrânio Moreira, Felipe Guisoli, Fernando Leão, Marco Brescansin, Moysés Nussenzveig, Paul G. Hewitt, Paulo Freire e em especial a Felipe Ben por ser a primeira grande referência para mim em física.

À Neil Gaiman pela história *Medo de Cair* que me fez perceber que sempre há uma terceira alternativa.

À minha gata Cuyo, pela lealdade e felicidade que me traz.

Ao grupo Coemergência e Gustavo Gitti pelo caminho do meio.

"O que eu sou, eu sou em par. Não cheguei sozinho."

(Lenine)

RESUMO

O presente trabalho propõe-se a conceber uma sequência didática calcada na Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) e numa abordagem de interdisciplinaridade destinada aos anos finais do ensino fundamental para a disciplina de ciências visando principalmente reforçar a literatura dedicada a esse público, o ensino e a propagação da palavra e do fazer científico em nossas escolas, em especial as públicas. Além disso, o mesmo visa servir sempre aos interesses propostos pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e as habilidades a serem desenvolvidas pelos alunos no ensino das ciências básicas. O tema central é medição de pH de soluções utilizando duas ferramentas do aplicativo “*Physics Toolbox: Detector de Cor Gerador de Cor*”, e a potencialidade do extrato de repolho roxo em mudar sua coloração quando em contato com soluções ácidas e básicas. Com essas ferramentas em mãos confeccionamos uma escala de pH a partir de elementos relativamente simples de encontrar em nosso cotidiano. A sequência divide-se em três momentos, cada qual norteado por atividades propostas para serem realizadas pelos alunos, duas de experimentação e uma de observação. Para cada aula existe um plano de aula associado e todos os experimentos, seus preparos, condições e imagens de realização seguem anexadas aos mesmos.

Palavras-chave: Physics Toolbox; sistema RGB; escalas de pH; interdisciplinaridade; sequência didática.

ABSTRACT

The present work proposes to design a didactic sequence based on Problem-Based Learning (PBL) and an interdisciplinarity approach aimed at the final years of elementary school for the science discipline, mainly aiming to reinforce the literature dedicated to this public, teaching and the propagation of the word and scientific practice in our schools, especially public ones. In addition, it always aims to serve the interests proposed by the Base Nacional Comum Curricula (BNCC) and the skills to be developed by students in the teaching of basic sciences. The central theme is pH measurement of solutions using two tools from the “*Physics Toolbox*” application: Color Detector and Color Generator, and the potential of red cabbage extract to change its color when in contact with acidic and basic. With these tools in hand, we made a pH scale from relatively simple elements to find in our daily lives. The sequence is divided into three moments, each guided by activities proposed to be carried out by the students, two of experimentation and one of observation. For each class there is an associated lesson plan and all experiments, their preparations, conditions and realization images are attached to them.

Keywords: Physics Toolbox; RGB system; pH scales; interdisciplinarity; teaching sequence.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Algumas curvas fechadas.	21
Figura 2	– Algumas superfícies fechadas.	21
Figura 3	– Duas superfícies fechadas esféricas no vácuo. Na figura da esquerda temos o fluxo total sobre a superfície igual a zero: o número de linhas que entram é igual ao número de linhas que saem. Entretanto, caso a mesma contenha uma carga q o fluxo previsto pela Lei de Gauss é dado por $\frac{q}{\epsilon_0}$	22
Figura 4	– Representação da impossibilidade da produção de monopolos magnéticos. Sempre que dividimos um ímã ao meio as metades separam-se em dois ímãs menores e não em dois polos como representado.	22
Figura 5	– Representação gráfica das linhas de campo produzidas por uma corrente em um fio retilíneo. As linhas tracejadas são círculos concêntricos ao fio nas quais, em cada ponto, temos o vetor campo magnético \vec{B} tangente. Essas circunferências se estendem sobre todo o fio, entretanto escolhemos representar apenas três.	23
Figura 6	– Corrente atravessando uma curva fechada (em linha interrompida). A corrente que entra pelo lado esquerdo é exatamente igual a que sai pelo lado direito.	24
Figura 7	– Capacitor de placas planas e circulares em dois momentos e sua respectiva linha “Amperiana” (análoga à superfície Gaussiana para correntes). À esquerda temos a inconsistência notada por Maxwell na lei Kirchhoff da conservação da corrente. Repare que sai uma corrente pelo lado esquerdo da superfície mas nenhuma entrou do lado direito. Visando manter a validade da lei apresentada por Kirchhoff, Maxwell propôs a existência de uma corrente no espaço entre as placas do capacitor e entrando no lado direito da superfície e de módulo igual a que corre pelo fio, chamada <i>corrente de deslocamento</i> . Devido a esse batismo da nova corrente colocamos o índice c na corrente que corre pelo fio (referente à palavra “circuito”).	24

Figura 8 – Espectro eletromagnético. À esquerda temos as ondas eletromagnéticas de menor comprimento de onda (portanto, maior frequência) e à direita as ondas de maior comprimento de onda (portanto menor frequência). Ao centro entre o Ultravioleta, UV e o Infravermelho temos um intervalo pequeno que engloba a luz visível. Esta por sua vez obedece a mesma legenda para comprimento de onda: à esquerda os menores e à direita os maiores (o inverso para as frequências).	26
Figura 9 – Esquema do olho humano à esquerda e uma imagem das células cones e bastonetes à direita.	27
Figura 10 – Trio de cores que compõem o sistema RGB (do inglês: vermelho, verde e azul) utilizado em telas de computadores, televisões, luzes de shows e vários outros lugares.	28
Figura 11 – Imagem com vários pixels componentes de uma tela. Cada trio é um pixel diferente. Essas três partes do pixel recebem sinais para brilharem em maior ou menor intensidade (ou até mesmo para não brilharem) resultando em diversas cores para as mais diversas imagens que se queira exibir em uma tela.	29
Figura 12 – Tabela extraída da BNCC. Na coluna da direita temos os objetivos gerais e à esquerda os objetivos específicos.	31
Figura 13 – Gráfico que mostra o crescimento do número de inscritos no ENEM a partir de 2010.	32
Figura 14 – Diagrama que explica os conceitos de Multidisciplinaridade, Pluridisciplinaridade, Interdisciplinaridade e Transdisciplinaridade.	34
Figura 15 – Gráfico de pizza da quantidade de crianças que utilizam telefone celular no país de acordo com determinada faixa etária. Aqui vemos a tendência de crescimento da retenção própria de aparelhos celulares pelas crianças com o aumento da faixa etária.	37
Figura 16 – Prints da tela do smartphone com o aplicativo instalado mostrando o ícone do aplicativo bem como da tela do aplicativo aberto mostrando todas as suas principais funcionalidades.	38
Figura 17 – Prints da tela do smartphone com o aplicativo instalado mostrando o ícone do aplicativo bem como da tela do aplicativo aberto mostrando todas as suas principais funcionalidades.	39

Figura 18 – Cores primárias (Vermelho, Verde e Azul) e suas respectivas combinações: Azul + Vermelho = Magenta, Verde + Azul = Ciano e Verde + Vermelho = Amarelo. A essas cores resultantes damos o nome de Cores Secundárias. . .	42
Figura 19 – Cores Complementares. A denominação complementar vem do fato de, quando juntas, formarem o branco (se complementam). Ciano + Vermelho = Branco, Amarelo + Azul = Branco e Magenta + Verde = Branco. Perceba que como Ciano é composto por verde + azul se colocarmos a restante do trio de primárias teremos o branco como resultado, ou seja, continuamos combinando o trio e obtendo a cor branca como resultado, como deveria ser.	43
Figura 20 – À esquerda uma fita de pH antes da utilização. Após mergulhar a tira ela muda de cor e a comparamos com a tabela impressa no rótulo da caixa, à direita.	44
Figura 21 – Recipiente com ÁGUA sanitária (à esquerda) e outro com Ácido Muriático (à direita). Preferimos trabalhar com um recipiente de vidro para o ácido muriático a fim de evitar acidentes.	44
Figura 22 – Demonstração da mudança de cores após inserirmos as tiras na solução que queremos medir a basicidade ou a acidez. Comparando com a segunda imagem (à direita) da figura 20 vemos que o Ácido Muriático está entre o número 0 e o 1 e a da Água Sanitária mais entre o 13 e o 14	45
Figura 23 – Recipientes enumerados de 1 a 8. Na imagem de cima vemos as soluções antes de serem misturadas ao suco do repolho roxo (recipiente 1) e na de baixo os respectivos recipientes após a mistura.	46
Figura 24 – Aqui temos a enumeração dos copos. Todos contêm 100 ml de Vinagre e em cada um, na ordem crescente, vão sendo adicionados 20 ml de água a fim de diluir o Vinagre acarretando uma cor mais clara a medida que a diluição aumenta.	48
Figura 25 – Três prints da tela do telefone na opção Detector de Cores do aplicativo Physics Toolbox. Aqui temos três medidas da mesma solução composta por 20 ml de água + 100 ml de Vinagre de Álcool.	48
Figura 26 – Três prints da tela do telefone na opção Detector de Cores do aplicativo Physics Toolbox. Aqui temos três medidas da mesma solução composta por 40 ml de água + 100 ml de Vinagre de Álcool.	49

Figura 27 – Três prints da tela do telefone na opção Detector de Cores do aplicativo Physics Toolbox. Aqui temos três medidas da mesma solução composta por 60 ml de água + 100 ml de Vinagre de Álcool.	50
Figura 28 – Três prints da tela do telefone na opção Detector de Cores do aplicativo Physics Toolbox. Aqui temos três medidas da mesma solução composta por 80 ml de água + 100 ml de Vinagre de Álcool.	51
Figura 29 – Três prints da tela do telefone na opção Detector de Cores do aplicativo Physics Toolbox. Aqui temos três medidas da mesma solução composta por 100 ml de água + 100 ml de Vinagre de Álcool.	52
Figura 30 – Gráfico em barra que indica a solução e suas respectivas composições de vermelho, verde e azul (RGB). Perceba a diminuição do vermelho à medida que ocorre a diluição do Vinagre de Álcool.	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – As áreas nas quais a BNCC se abrange e suas subdivisões.	29
Tabela 2 – Relação entre as quantidades variáveis de água para a mesma quantidade de vinagre e os códigos de cores registrados em três medidas para cada mistura tentando simular, em menor escala, o que seria feito em sala de aula: diversas medidas e diversos registros de códigos.	49
Tabela 3 – Registro das conversões da cores em código HEX (dispostos na tabela 2) para o sistema RGB.	50

LISTA DE SÍMBOLOS

\vec{E}	Vetor Campo Elétrico
\vec{b}	Vetor Campo Magnético
\oint_S	Integral de Superfície Fechada
\oint_C	Integral de Caminho Fechado
\hat{n}	Vetor Unitário Normal
dS	Elemento Infinitesimal de Superfície
t	Tempo
v	Velocidade
f	Frequência
q	Carga
Q_{int}	Carga Interna à superfície
ϵ_0	Coefficiente de Permeabilidade Elétrica do Vácuo
μ_0	Coefficiente de Permeabilidade Magnética do Vácuo
$d\vec{\ell}$	Vetor Comprimento Infinitésimo
Φ_E	Fluxo do Campo Elétrico
Φ_B	Fluxo do Campo Magnético
i_c	Corrente Convencional
$\frac{d\Phi_B}{dt}$	Derivada do Fluxo Magnético no Tempo
$\frac{d\Phi_E}{dt}$	Derivada do Fluxo Elétrico no Tempo
λ	Comprimento de onda
$\vec{E} \cdot d\vec{\ell}$	Produto Escalar entre \vec{E} e $d\vec{\ell}$
$\vec{B} \cdot d\vec{\ell}$	Produto Escalar entre \vec{B} e $d\vec{\ell}$
$\vec{E} \cdot \hat{n}$	Produto Escalar entre \vec{E} e \hat{n}
$\vec{B} \cdot \hat{n}$	Produto Escalar entre \vec{B} e \hat{n}
$d\vec{\ell} \times \hat{r}$	Produto Vetorial entre $d\vec{\ell}$ e \hat{r}

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1	Luz	20
2.1.1	<i>Equações de Maxwell e ondas eletromagnéticas</i>	20
2.2	Cor	26
2.3	Base Nacional Comum Curricular (BNCC)	29
2.4	Interdisciplinaridade	31
2.5	Aprendizagem Baseada em Problemas	34
2.6	Smartphones: aplicativo Physics Toolbox	36
3	PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA	40
3.1	Primeira Aula: Luz e Cor	41
3.2	Potencial Hidrogeniônico	43
3.3	Relação entre concentração e pH	47
4	CONCLUSÕES	54
	REFERÊNCIAS	55
	APÊNDICE A–PLANO DE AULA 1	57
	APÊNDICE B–PLANO DE AULA 2	60
	APÊNDICE C–PLANO DE AULA 3	63

1 INTRODUÇÃO

Com a chegada do novo século, mais especificamente ao fim dos anos “00” e começo dos anos “10” tivemos uma incorporação colossal das tecnologias digitais à nossa vida. Um exemplo claro disso foi a democratização do acesso aos celulares, aparelhos que inicialmente eram utilizados para fazer duas únicas tarefas, fazer e receber chamadas, e hoje substituem até mesmo computadores completos tamanha foi sua evolução.

Entretanto, ainda existe uma resistência (consciente ou não) por parte da educação brasileira de modo geral aos aparatos tecnológicos. Apesar de todo esse avanço a sala de aula continuou e continua inerte, parada no tempo como evidenciado no texto a seguir *A Volta de Um Personagem do Século XVI ao Brasil* (Autor Desconhecido)

No início do século XXI, o Sr Teixeira, um grande professor brasileiro do século XVI, voltou ao Brasil e, chegando a sua cidade, ficou abismado com o que viu: as casas eram altíssimas e cheias de janelas; as ruas eram pretas e passava uma sobre as outras com uma infinidade de máquinas andando em velocidades; o povo falava muitas palavras que o Professor Teixeira não conhecia (poluição, telefone, rádio, avião, barato, metrô, cinema, televisão...); e as roupas deixavam o professor ruborizado.

[...] Até que resolveu visitar uma escola e percebeu que tudo continuava da mesma forma que ele havia deixado: as carteiras umas atrás das outras; o professor falando, falando...e os alunos escutando, escutando, escutando...

Em contrapartida, a Base Nacional Comum Curricular defende que uma educação científica atual não é possível sem estar atrelada à tecnologia e indispensável ao letramento científico como bem salientado no documento na parte de Competências Específicas De Ciências Da Natureza Para o Ensino Fundamental (BRASIL, 2017).

6. Utilizar diferentes linguagens e tecnologias digitais de informação e comunicação para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos e resolver problemas das Ciências da Natureza de forma crítica, significativa, reflexiva e ética. (BRASIL, 2017)

Aqui vamos fazer valer outro aspecto bastante atual e de certo modo polêmico: o letramento tecnológico de nossas crianças e adolescentes, assim chamada “Geração Z”. Cada vez mais cedo, mais crianças acessam celulares, TVs Smart, computadores, video games e uma infinidade de aparelhos digitais de forma quase natural, sendo isso consequência da explosão tecnológica citada anteriormente.

Somado a isso temos o que se tornou, pelo menos pra nós brasileiros, em março de 2020 o assunto mais importante de todos: a pandemia da Covid-19. Rápido e avassalador o vírus

mudou a forma com a qual nos comunicamos, expressamos e contatamos outras pessoas e dessa vez a educação não passou ilesa. Rapidamente, as salas de aulas foram esvaziadas e as aulas foram completamente transferidas para o formato online por meio de plataformas. Ao contrário do que se pode imaginar em uma primeira análise, essa ida ao mundo online não significou uma melhoria na interação entre o ensino, particularmente o de ciências, e as tecnologias digitais. O que aconteceu foi apenas uma transposição do que era feito de forma tradicional para uma chamada de vídeo.

Entretanto, essa transposição não foi tão simples para a parte experimental, lado imprescindível quando o assunto são as ciências naturais (física, química e biologia). Os experimentos são uma forma também de cativar os alunos para as disciplinas ajudando a fugir do tradicionalismo imposto pelas aulas exclusivamente expositivas, sendo, inclusive, um complemento a essas visto que confirmam resultados vistos em sala de aula. Mais uma vez a BNCC (BRASIL, 2017) traz na seção Levantamento, análise e representação entre outros tópicos os seguintes:

Sendo assim, o ensino deve promover nas quais os alunos possam:

- [...]
- Desenvolver e utilizar ferramentas, inclusive digitais, para coleta, análise e representação de dados (imagens, esquemas, tabelas, gráficos, quadros, diagramas, mapas, modelos, representações de sistemas, fluxogramas, mapas conceituais, simulações, aplicativos etc.).
- Avaliar informação (validade, coerência e adequação ao problema formulado).
- Selecionar e construir argumentos com base em evidências, modelos e/ou conhecimentos científicos.
- Aprimorar seus saberes e incorporar, gradualmente, e de modo significativo, o conhecimento científico.
- Desenvolver soluções para problemas cotidianos usando diferentes ferramentas, inclusive digitais. (BRASIL, 2017)

Qual a abordagem educacional que mais corresponde a essas necessidades senão a experimental? Visto isso é no mínimo indispensável uma apresentação de ciências que trate dos âmbitos experimental e teórico ao mesmo tempo.

Infelizmente, as escolas brasileiras de modo geral e, principalmente, as públicas carecem de aparato e instrumentalização de profissionais para o manuseio e realização desses experimentos. Qual então seria a saída para esse problema atualmente agravado pela pandemia? Este trabalho traz uma alternativa: smartphones e sua potencialidade de realização de experimentos de física.

Nosso esforço ao longo desta monografia é a apresentação de uma sequência didática baseada no exposto até então voltada ao ensino interdisciplinar da Óptica, desde as ondas

eletromagnéticas, cores e suas percepções, para a análise de uma determinada solução utilizando uma régua (escala) de pH (Potencial Hidrogeniônico) (??). Tudo isso baseado numa ideia central: a utilização do potencial laboratorial dos smartphones devido aos diversos sensores e realizadores de medidas que os mesmos possuem. Para a utilização desse potencial focaremos no uso do aplicativo gratuito *Physics Toolbox Suite* que, como o nome sugere, transforma o celular numa caixa de ferramentas possibilitando o uso de giroscópios, decibelímetro, etc (VIEYRA *et al.*, 2015). Dentre essas utilizaremos mais fortemente o gerador e detector de cores.

Fica aqui a principal motivação deste trabalho que é a de incrementar a bibliografia acerca desse tema e fazer valer o que prega o documento norteador da educação do país, além de uma alternativa ao tradicionalismo. Como pode-se reparar, o tema principal do presente trabalho não é exclusivamente a área da física, mas uma abordagem da ciência e do fazer científico, suas facetas e detalhes. Assim sendo, utilizaremos uma abordagem interdisciplinar sendo os smartphones não apenas um artefato motivador do método como também equipamento fundamental para esta prática.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Luz

2.1.1 Equações de Maxwell e ondas eletromagnéticas

No ano de 1861 James Clerck Maxwell publica seu famoso artigo em quatro partes intitulado *On Physical Lines of Force* (EVERITT, 1967). Ao longo deste artigo ele traz algo em torno de 20 equações que foram posteriormente reescritas por Oliver Heaviside (GREGORY *et al.*, 1849) para a linguagem matemática que usamos nos dias atuais utilizando de cálculo vetorial e equações diferenciais. Com isso, as duas dezenas de equações foram resumidas a apenas quatro, são elas:

$$\oint_S \vec{E} \cdot \hat{n} ds = \frac{Q_{int}}{\epsilon_0}, \quad (2.1)$$

$$\oint_S \vec{B} \cdot \hat{n} ds = 0, \quad (2.2)$$

$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi_B}{dt}, \quad (2.3)$$

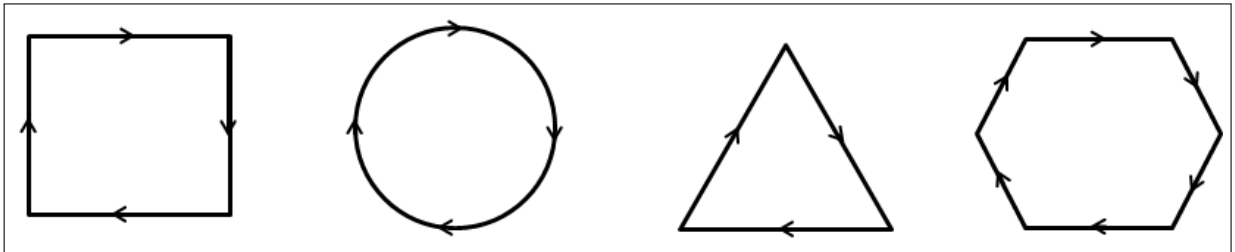
$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \left(i_c + \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \right). \quad (2.4)$$

Ao contrário do que pode-se deixar subentendido pelo nome, Maxwell não as descobriu sozinho, mas sim tratou matematicamente os fenômenos descritos pelas mesmas, o que não tira o brilhantismo deste feito. Para melhorar o entendimento qualitativo dessas equações que faremos nesta subseção é interessante estarmos a par do que *significam curvas e superfícies fechadas*, abstrações físicas matematicamente coerentes e que nos ajudarão ao longo da discussão.

O que chamamos por *curva fechada* pode ter uma forma conhecida como quadrados, círculos, triângulos ou uma forma aleatória qualquer (figura 1) desde que obedeça aos critérios de continuidade propostos pela teoria do cálculo vetorial (STEWART, 2013a; STEWART, 2013b).

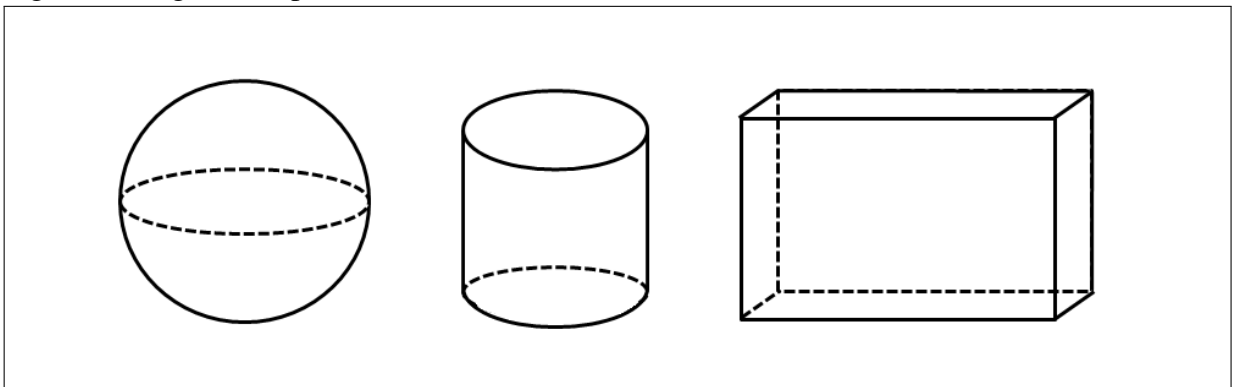
As ditas *superfícies fechadas* são figuras tridimensionais que podem ter formato quaisquer, sendo eles conhecidos (esferas, cubos, cilindros, etc) ou não. Na figura 2 trazemos alguns desses formatos.

Figura 1 – Algumas curvas fechadas.



Fonte: elaborado pelo autor (2021).

Figura 2 – Algumas superfícies fechadas.



Fonte: elaborado pelo autor (2021).

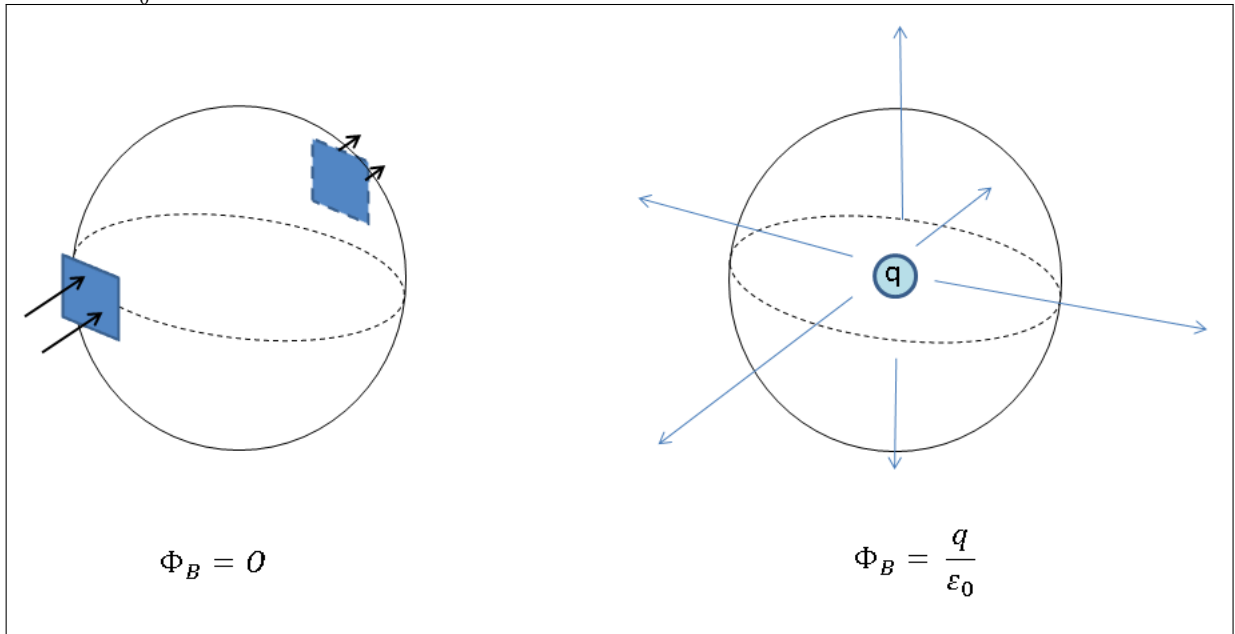
As quatro equações, dadas em 2.1, 2.2, 2.3 e 2.4 estão aqui escritas para cargas e correntes no vácuo, ou seja, estão livres no espaço vazio. Isso pode ser notado devido à constante de permeabilidade do vácuo μ_0 .

A primeira equação (2.1) foi descoberta por Friedrich Gauss (BELLONE, 1980) e leva seu nome. Ela afirma que tomando uma superfície fechada de formato qualquer que contenha uma quantidade qualquer de carga elétrica o fluxo de campo elétrico sobre esta superfície é precisamente igual à carga englobada dividido pela constante ϵ_0 . Caso não tenhamos carga dentro da superfície adotada o resultado é zero (NUSSENZVEIG, 2015). Casos ilustrados na figura 3.

A segunda é a versão magnética da lei de Gauss e afirma que o fluxo das linhas de campo magnético em torno de uma superfície fechada de formato qualquer é nula, ou seja, todas as linhas de campo que entram são numericamente iguais a todas as que saem da superfície. Isso traduz-se na prática como a impossibilidade de existirem na natureza os monopolos magnéticos, ou seja, não se encontram polos norte e sul separados um do outro. Essa impossibilidade é ilustrada na figura 4.

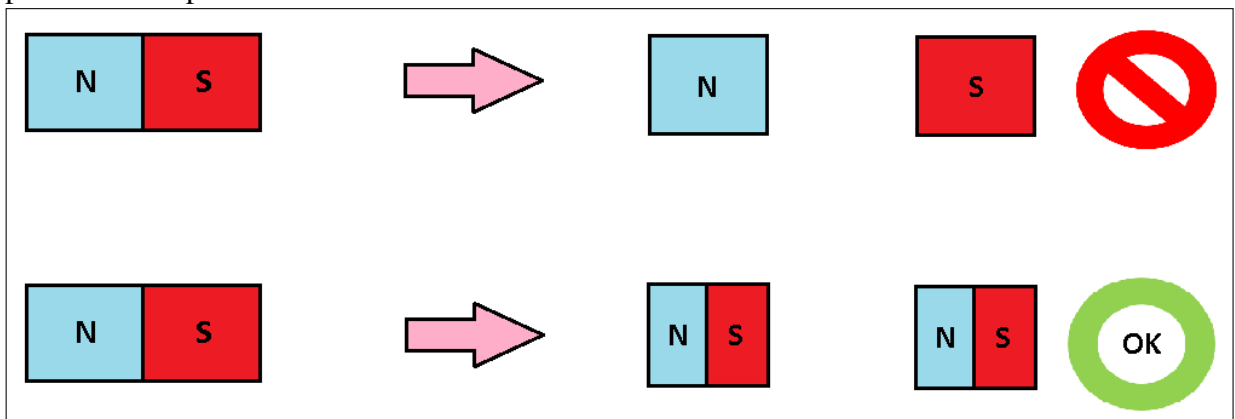
Entretanto, ímãs não são a única fonte de campo magnético. Cargas em movimento também geram essa perturbação e conseqüentemente correntes elétricas também o geram. A

Figura 3 – Duas superfícies fechadas esféricas no vácuo. Na figura da esquerda temos o fluxo total sobre a superfície igual a zero: o número de linhas que entram é igual ao número de linhas que saem. Entretanto, caso a mesma contenha uma carga q o fluxo previsto pela Lei de Gauss é dado por $\frac{q}{\epsilon_0}$.



Fonte: elaborado pelo autor (2021).

Figura 4 – Representação da impossibilidade da produção de monopolos magnéticos. Sempre que dividimos um ímã ao meio as metades separam-se em dois ímãs menores e não em dois polos como representado.



Fonte: elaborado pelo autor (2021).

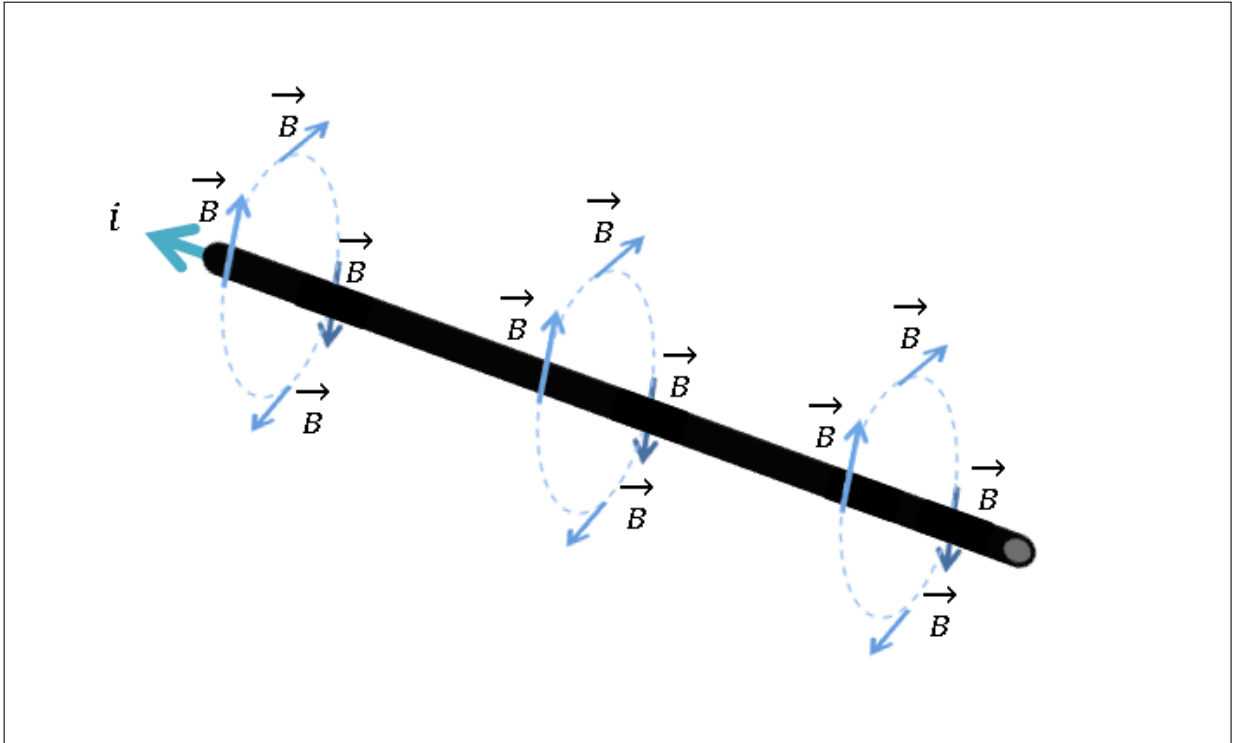
direção e o formato das linhas de campo magnético gerados por fios são descritos pela lei de Biot-Savart (equação 2.5)

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \oint_C \frac{d\vec{\ell} \times \hat{r}}{r^2}. \quad (2.5)$$

Para um fio, $d\vec{\ell}$ tem a mesma direção do comprimento do fio. Como o produto entre os dois informa a direção do campo magnético, a única possibilidade é que a direção desse

campo seja circunferências concêntricas em torno do fio (SEARS; ZEMANSKY, 2003).

Figura 5 – Representação gráfica das linhas de campo produzidas por uma corrente em um fio retilíneo. As linhas tracejadas são círculos concêntricos ao fio nas quais, em cada ponto, temos o vetor campo magnético \vec{B} tangente. Essas circunferências se estendem sobre todo o fio, entretanto escolhemos representar apenas três.

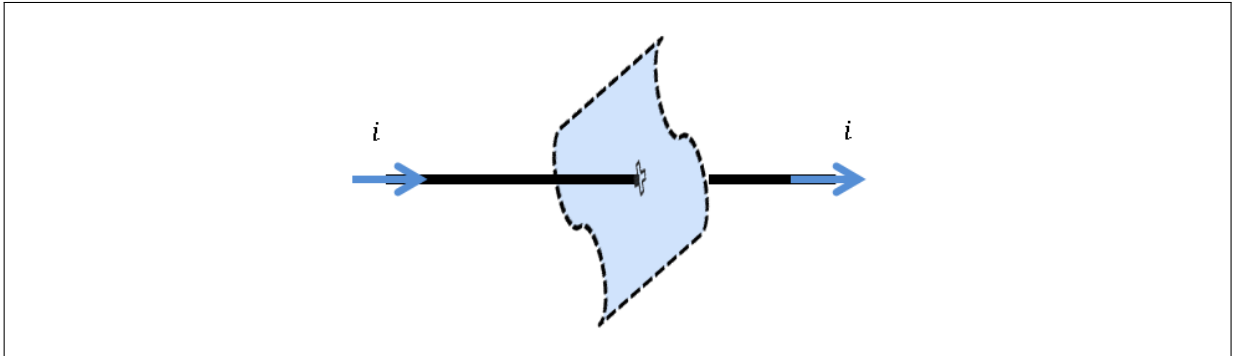


Fonte: elaborado pelo autor (2021).

A terceira equação é chamada Lei de Faraday em homenagem a Michael Faraday. Do lado direito da equação 2.3 temos uma letra grega Φ , que representa o fluxo de campo magnético numa determinada *curva fechada*, e sobre ela uma derivada temporal afirmando que esse fluxo está variando no tempo e, conseqüentemente, gerando uma circulação de um campo elétrico (E) nessa suposta curva fechada. A tradução disso é que a variação temporal de um campo magnético dá origem a um campo elétrico. Interessante salientar que este campo elétrico não é eletrostático, ou seja, não é gerado por cargas (SEARS; ZEMANSKY, 2003).

Agora apresentamos a quarta e última equação chamada equação de Ampère-Maxwell. Como as anteriores esta também foi batizada em homenagem a André-Marie Ampère, francês que primeiro relatou o fenômeno e ao próprio Maxwell por sua correção a esta lei (SEARS; ZEMANSKY, 2003). Inicialmente só foi relatado o efeito causado pelo termo $\mu_0 i_c$, e a

Figura 6 – Corrente atravessando uma curva fechada (em linha interrompida). A corrente que entra pelo lado esquerdo é exatamente igual a que sai pelo lado direito.



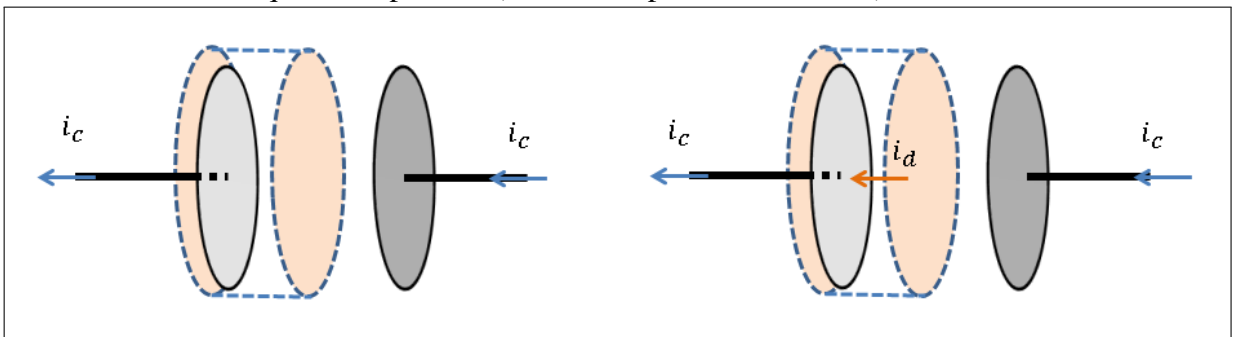
Fonte: elaborado pelo autor (2021).

equação era escrita simplesmente como

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{\ell} = \mu_0 i_c. \quad (2.6)$$

Foi Maxwell quem percebeu que a falta do termo associado à variação do fluxo elétrico (equação (2.4), à direita, causava, entre outros problemas, uma inconsistência na conservação da corrente de Kirchhoff quando aplicada a um capacitor de placas paralelas. A esse termo dá-se o nome de *corrente de deslocamento*.

Figura 7 – Capacitor de placas planas e circulares em dois momentos e sua respectiva linha “Amperiana” (análoga à superfície Gaussiana para correntes). À esquerda temos a inconsistência notada por Maxwell na lei Kirchhoff da conservação da corrente. Repare que sai uma corrente pelo lado esquerdo da superfície mas nenhuma entrou do lado direito. Visando manter a validade da lei apresentada por Kirchhoff, Maxwell propôs a existência de uma corrente no espaço entre as placas do capacitor e entrando no lado direito da superfície e de módulo igual a que corre pelo fio, chamada *corrente de deslocamento*. Devido a esse batismo da nova corrente colocamos o índice *c* na corrente que corre pelo fio (referente à palavra “circuito”).



Fonte: elaborado pelo autor (2021).

Para melhor entender a corrente de deslocamento observe a figura 7. Observe que, excluindo o conteúdo da superfície gaussiana, teríamos a descontinuidade citada anteriormente.

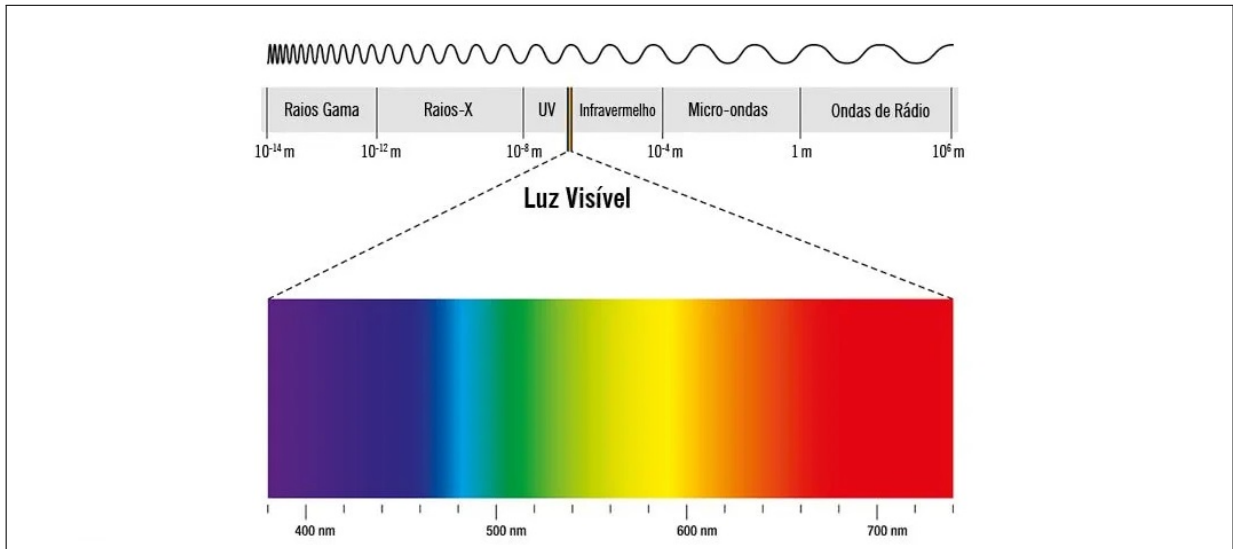
Entretanto, Maxwell brilhantemente sugeriu e matematizou a chamada *corrente de deslocamento*. Maxwell partiu da premissa de que essa corrente especial deveria causar o mesmo efeito da corrente i_c caso o fio não fosse interrompido que, como sabemos, gera um campo magnético. Podemos questionar se isso de fato é verídico e essa é uma resposta relativamente simples de se obter: basta medir o campo elétrico previsto de ser gerado por essa tal corrente. Surpreendentemente, é conhecido a existência desse campo \vec{B} na região esperada. (SEARS; ZEMANSKY, 2003)

Outro resultado atribuído a Maxwell foi a percepção de que suas equações satisfaziam a equação de onda e que este fenômeno ondulatório se propagava com uma velocidade igual à da luz que já tinha sido medida experimentalmente nesta época. Na relação encontrada por Maxwell essa velocidade era dada por uma relação entre duas constantes características do magnetismo e da eletricidade,

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}. \quad (2.7)$$

Estava teoricamente confirmado: a luz se comporta como uma onda eletromagnética. Além disso, diversos outros tipos de ondas que se propagam com a mesma velocidade da luz foram descobertos e catalogados ao longo da história da ciência como raios-X, raios gama, ondas de rádio e muitas outras mais. A luz visível é apenas um pequenino intervalo dentro do que chamamos de *Espectro Eletromagnético* que cataloga todas essas ondas de forma bastante simples (figura 8).

Figura 8 – Espectro eletromagnético. À esquerda temos as ondas eletromagnéticas de menor comprimento de onda (portanto, maior frequência) e à direita as ondas de maior comprimento de onda (portanto menor frequência). Ao centro entre o Ultravioleta, UV e o Infravermelho temos um intervalo pequeno que engloba a luz visível. Esta por sua vez obedece a mesma legenda para comprimento de onda: à esquerda os menores e à direita os maiores (o inverso para as frequências).



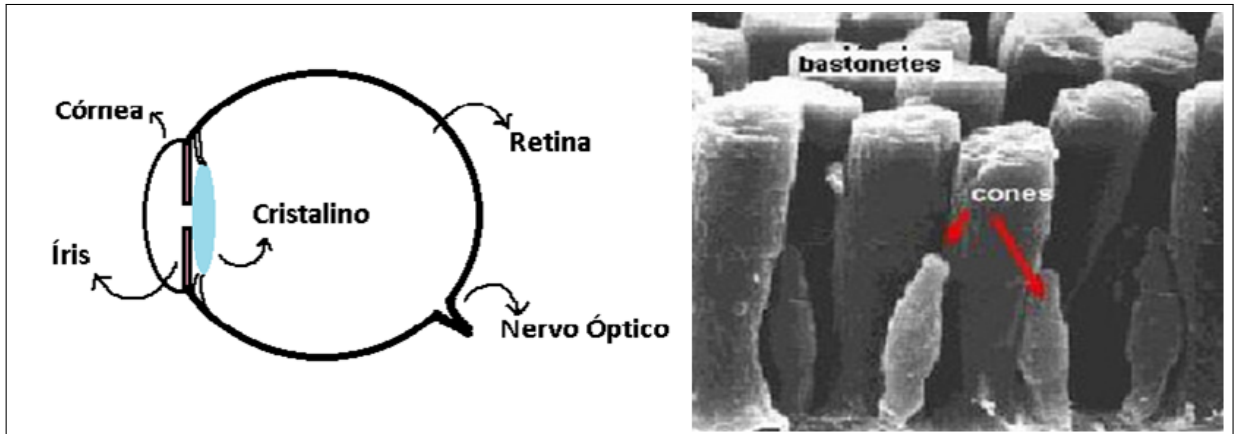
Fonte: https://static.todamateria.com.br/upload/es/pe/espectro_visivel.jpg

2.2 Cor

Tudo o que podemos enxergar ao nosso redor é luz (HEWITT, 2015). Objetos, pessoas, carros, animais, todos eles refletem a luz que incidem sobre eles tornando-se, assim, visíveis aos nossos olhos. O caso contrário é a total escuridão (ausência de luz). O órgão responsável pela visão é o olho humano, este é por sua vez dotado de um conjunto de elementos que, quando em condições encontradas na maioria da população (sendo adotada, comumente, a palavra “normal”), possibilita a formação de imagens e cores dos corpos ao nosso redor.

Na figura 9 temos o esquema de um olho. Esse esquema está simplificado visto que nosso objetivo é mostrar apenas os principais elementos para a recepção e formação de imagens pelo olho. A córnea é o limite do olho na parte externa e a primeira a ser penetrada pela luz que vem de fora. Logo após temos a íris que limita a pupila, que basicamente é a abertura por onde a luz acessará a parte interna de nosso olho. Ela serve para diminuir ou aumentar a quantidade de luz que entra. O olho é preenchido por um composto gelatinoso chamado humor vítreo. Ao fim, no extremo direito interno temos a retina, responsável pela recepção da luz e pelo envio da mensagem ao cérebro devido a pequenas células chamadas *cones* e *bastonetes* que são os atores principais na interpretação das cores. Os cones são responsáveis pela maior parte da captação das cores e pelo detalhamento das imagens, já os bastonetes se responsabilizam por

Figura 9 – Esquema do olho humano à esquerda e uma imagem das células cones e bastonetes à direita.

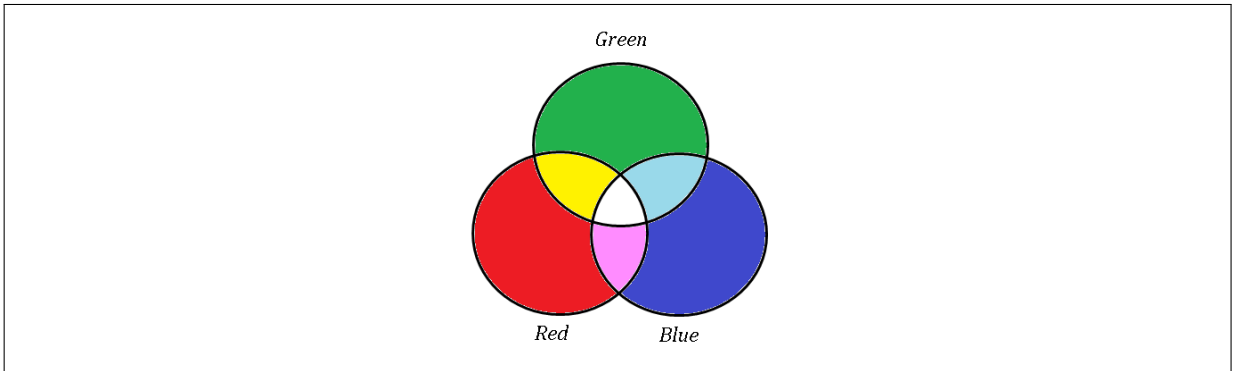


Fonte: À esquerda: elaborado pelo autor (2021). À direita: <http://luztecnologiaearte.weebly.com/luz-e-fisiologia-da-visatildeo.html>

melhorar essas imagens em ambientes com pouca iluminação, mais escuros. Existem três tipos de cones e cada um deles é mais sensível aos estímulos dados pelos comprimentos de três cores específicas do que o outro, como o físico Thomas Young reparou (CENTRO DE REFERÊNCIA PARA O ENSINO DE FÍSICA, 2013). São elas o vermelho, o verde e o azul. Young, então descreveu que essas três cores combinadas em maior ou menor intensidade formam todas as outras. Perceba na palavra usada anteriormente, interpretação, pois *cor* é algo não estritamente objetivo. Um exemplo disso é que caso tenhamos duas ondas de luz de mesma cor, uma composta por apenas uma frequência e a outra por duas, ao passarmos ambas por um prisma sabemos o que ocorre: a primeira se decompõe em duas “cores” e a segunda continua exatamente como antes. Entretanto, quando esses dois sinais da primeira onda chegarem aos receptores oculares serão vistos exatamente da mesma cor que o sinal da segunda (monocromática). Então aqui temos que duas ondas superpostas são enxergadas como uma única cor, o que não nos permite determinar um certo comprimento de onda a todas as cores que vemos. Não temos uma frequência certa para o “azul-piscina” ou para o “rosa-choque”, por exemplo (CENTRO DE REFERÊNCIA PARA O ENSINO DE FÍSICA, 2010). Chamamos as cores formadas pela combinação das sete cores vistas no arco-íris (vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta) de *cores espectrais*.

Técnicos de iluminação, artistas, designers digitais e diversos outros profissionais adotam o sistema de cores conhecido como *RGB*, do inglês *Red, Green, Blue*, devido a Young. Para luzes temos que *Vermelho + Verde = Amarelo*, *Verde + Azul = Ciano*, *Azul + Vermelho = Magenta*. A figura 10 ilustra essas composições.

Figura 10 – Trio de cores que compõem o sistema RGB (do inglês: vermelho, verde e azul) utilizado em telas de computadores, televisões, luzes de shows e vários outros lugares.

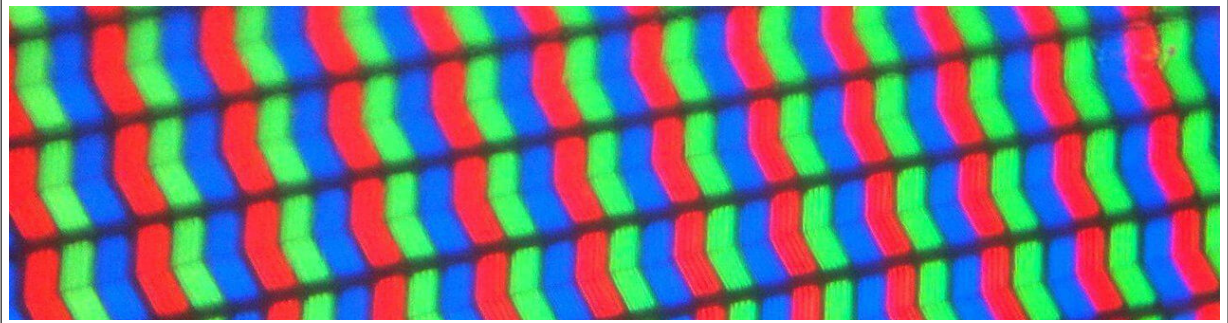


Fonte: elaborado pelo autor (2021).

Adicionando diferentes intensidades dessas cores criamos as mais diversas cores passíveis de interpretação pelos nossos olhos, motivo pelo qual elas três são chamadas *cores aditivas primárias* (figura 10). Perceba que ao centro temos a junção das três dando o branco. A ausência das mesmas resulta no preto.

Além dessas áreas citadas anteriormente (e como não poderia ser diferente) praticamente todas as tecnologias que utilizam algum tipo de tela ou visor são construídas baseando-se nesse sistema de cor (CENTRO DE REFERÊNCIA PARA O ENSINO DE FÍSICA, 2020). O exemplo mais intrincado disso em nossa vida cotidiana talvez sejam os pixels das telas de computadores, celulares, televisões e etc. O pixel é basicamente a menor divisão de uma tela qualquer com três pontos nas cores vermelho, verde e azul que combinadas dependendo do sinal recebido variam suas intensidades e o resultado macroscópico mostrado na tela são as imagens coloridas ou não que observamos. Em especial a cor branca é vista quando os sinais são recebidos pelos três ao mesmo tempo e a preta é observada justamente quando nenhum dos três é estimulado. A figura 11 mostra essa composição para diversos pixels numa tela.

Figura 11 – Imagem com vários pixels componentes de uma tela. Cada trio é um pixel diferente. Essas três partes do pixel recebem sinais para brilharem em maior ou menor intensidade (ou até mesmo para não brilharem) resultando em diversas cores para as mais diversas imagens que se queira exibir em uma tela.



Fonte: <https://www.sydra.pt/o-que-e-dpi-pixels/> , 2019.

2.3 Base Nacional Comum Curricular (BNCC)

A educação nacional, assim como todas as esferas públicas, é regida por um documento provido de orientações, no caso, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) escrita pelo conselho nacional de educação (CNE). A ideia de sua concepção surgiu em 1988 com a constituição da república, mais precisamente no Artigo 210. Apenas em 2014, após a segunda Conferência Nacional pela Educação (CONAE), temos uma mobilização para a criação da BNCC que em 2015 ganha sua primeira versão. Em 2016 a segunda versão e em 2018 é homologada a terceira, que após discussões com escolas de todo o país institui-se como o documento norteador para a educação básica, descrevendo totalmente os rumos da aprendizagem básica brasileira, suas potencialidades, desafios e objetivos para as áreas de matemática, ciências da natureza, linguagens, ciências humanas e ensino religioso. Essas cinco áreas são ainda divididas em sub-áreas que as especificam ainda como mostra a tabela 1.

Áreas	Sub-Áreas
Linguagens	Língua portuguesa, arte, Educação Física e Língua Inglesa
Matemática	Matemática
Ciências da Natureza	Ciências
Ciências Humanas	Geografia e História
Ensino Religioso	Ensino Religioso

Tabela 1 – As áreas nas quais a BNCC se abrange e suas subdivisões.

Dentro do componente que compete a este trabalho (ciências da natureza), focado para o ensino fundamental temos uma série de objetivos que a Base propõe e que nós no papel

de docentes devemos utilizar como guia, promovendo-os ao ensinar ciência. A Figura 12 traz os objetivos principais no lado direito (em verde) que o professor deve alcançar e na esquerda os objetivos específicos referentes a cada um deles.

Não por acaso, destacamos os termos em vermelho, pois neles existem bases claras a respeito da necessidade desta monografia. O aluno letrado em ciências no ensino fundamental deve ser capaz de compreender o mundo que o cerca, suas contradições, questionar o que está posto, ser uma pessoa crítica. Deve entender do manejo dos elementos ao seu redor e compreender que sim, eles são esgotáveis, finitos.

No primeiro ponto em destaque observamos o incentivo para com os elementos digitais mas não só eles: gráficos, tabelas, mapas conceituais são de livre adoção pelos discentes. Além disso, os pontos destacados 2, 3, 4, 8 e 9 norteiam um elemento bastante presente em nosso mundo atual: a overdose de informação. Assim como nós, os alunos são cercados por influências de todos os lados, seja em casa, na televisão, internet, livros, etc. Os alunos trazem consigo toda uma bagagem de vida e precisamos levar em consideração que todos esses são agentes que devem sim ser levados em conta por nós docentes.

Assim, para aprender conceitos, generalizações, conhecimentos, a criança deve formar ações mentais adequadas. Isto pressupõe que essas ações se organizam ativamente. Inicialmente, assumem a forma de ações externas que os adultos formam na criança e só depois se transformam em ações mentais internas. (GASPARIN, 2012)

A aprendizagem é o processo através do qual a criança se apropria ativamente do conteúdo da experiência humana, daquilo que o seu grupo social conhece. Para que a criança aprenda, ela necessitará interagir com outros seres humanos, especialmente adultos e com outras crianças mais experientes (DAVIS; OLIVEIRA, 1994).

A própria Base traz o seguinte

Nos anos iniciais, as crianças já se envolvem com uma série de objetos, materiais e fenômenos em sua vivência diária e na relação com o entorno. Tais experiências são o ponto de partida para possibilitar a construção das primeiras noções sobre os materiais, seus usos e suas propriedades, bem como sobre suas interações com luz, som, calor, eletricidade e umidade, entre outros elementos. (BRASIL, 2017)

De modo a facilitar o trabalho do docente, a área de ciências foi dividida em três frentes chamadas de *Unidades Temáticas*. A primeira, **Matéria e Energia**, é focada no manejo dos recursos naturais e suas características de geração de energia para nós humanos, bem como os impactos e alterações causadas no meio de onde foram extraídas. Já a segunda chama-se **Vida e**

Figura 12 – Tabela extraída da BNCC. Na coluna da direita temos os objetivos gerais e à esquerda os objetivos específicos.

<ul style="list-style-type: none"> • Observar o mundo a sua volta e fazer perguntas. • Analisar demandas, delinear problemas e planejar investigações. • Propor hipóteses. 	Definição de problemas
<p>1</p> <ul style="list-style-type: none"> • Planejar e realizar atividades de campo (experimentos, observações, leituras, visitas, ambientes virtuais etc.). • Desenvolver e utilizar ferramentas, inclusive digitais, para coleta, análise e representação de dados (imagens, esquemas, tabelas, gráficos, quadros, diagramas, mapas, modelos, representações de sistemas, fluxogramas, mapas conceituais, simulações, aplicativos etc.). <p>2</p> <ul style="list-style-type: none"> • Avaliar informação (validade, coerência e adequação ao problema formulado). • Elaborar explicações e/ou modelos. • Associar explicações e/ou modelos à evolução histórica dos conhecimentos científicos envolvidos. 	Levantamento, análise e representação
<p>3</p> <ul style="list-style-type: none"> • Selecionar e construir argumentos com base em evidências, modelos e/ou conhecimentos científicos. 	
<p>4</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aprimorar seus saberes e incorporar, gradualmente, e de modo significativo, o conhecimento científico. 	
<p>5</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver soluções para problemas cotidianos usando diferentes ferramentas, inclusive digitais. 	
<p>6</p> <ul style="list-style-type: none"> • Organizar e/ou extrapolar conclusões. • Relatar informações de forma oral, escrita ou multimodal. 	Comunicação
<p>7</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apresentar, de forma sistemática, dados e resultados de investigações. • Participar de discussões de caráter científico com colegas, professores, familiares e comunidade em geral. 	
<p>8</p> <ul style="list-style-type: none"> • Considerar contra-argumentos para rever processos investigativos e conclusões. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Implementar soluções e avaliar sua eficácia para resolver problemas cotidianos. • Desenvolver ações de intervenção para melhorar a qualidade de vida individual, coletiva e socioambiental. 	Intervenção

Fonte: BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.

Evolução e como o nome sugere trata dos seres vivos e do ambiente em que vivem, suas relações e mecânicas nesses meios. Por último, mas não menos importante, aliás essencial, temos a terceira frente intitulada **Terra e Universo** tratando, portanto, do nosso planeta e seus fenômenos naturais, quais as características permitem que haja vida na Terra mas não se limitando apenas a este corpo celeste como a todos os outros próximos ou não de nós.

2.4 Interdisciplinaridade

Nos anos de 384-322 a.C viveu um homem chamado Aristóteles. Ele, assim como vários outros contemporâneos (e posteriores também), reuniam em si conhecimentos sobre diversas áreas. Aristóteles, por exemplo, era um respeitado filósofo e cientista bem como um grande professor (vide nomes como Alexandre, o grande, um de seus alunos). Esses sujeitos seguiam as vertentes de um outro chamado Platão, do qual Aristóteles foi pupilo. As ideias de Platão foram seguidas por séculos e séculos juntamente com essa tradição de vários saberes

agrupados em um único sujeito. De acordo com LIMA e LOUREIRO, isso era possível devido o fato de o conhecimento não ser tão grande quanto o de hoje em dia. Nos séculos seguintes vemos a ascensão do império romano, sua adoção à religião cristã que culminaria numa Europa fortemente baseada no catolicismo, culminando na adoção das ideias de mundo de Platão. Entretanto, mais precisamente entre os séculos XII e XVII a burguesia europeia em conjunto com os grandes pensadores como Montesquieu e Voltaire, bastante influenciados pelas ideias empiristas de Descartes (LIMA; LOUREIRO, 2020), começam o movimento que hoje conhecemos como Iluminismo. Dessa época de efervescência cultural e filosófica surgem as universidades e com elas o conceito de *Disciplina e Disciplinaridade*.

Durante todo esse período, de modo geral, a educação (em especial a brasileira) não teve mudanças estruturais muito significativas em sua estrutura. Entretanto, tentativas ocorreram e ainda ocorrem. A partir de 2010 tivemos um crescimento evidente no número de inscritos no ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio) (PEIXOTO, 2018) coincidindo com a adoção do mesmo como porta de entrada para grande parte das universidades públicas (figura 13). Desde então, a questão de integrar as disciplinas vem cada vez mais sendo palco de sérias discussões da academia e das escolas brasileiras. Entretanto, essas integrações ainda hoje são feitas, muitas vezes de forma errônea.

Figura 13 – Gráfico que mostra o crescimento do número de inscritos no ENEM a partir de 2010.



Fonte: (PEIXOTO, 2018)

A própria palavra *interdisciplinaridade* é o passo anterior a um estado final conhecido como *transdisciplinaridade*. A saber, existem cinco estágios, figura 14: *Disciplinaridade /*

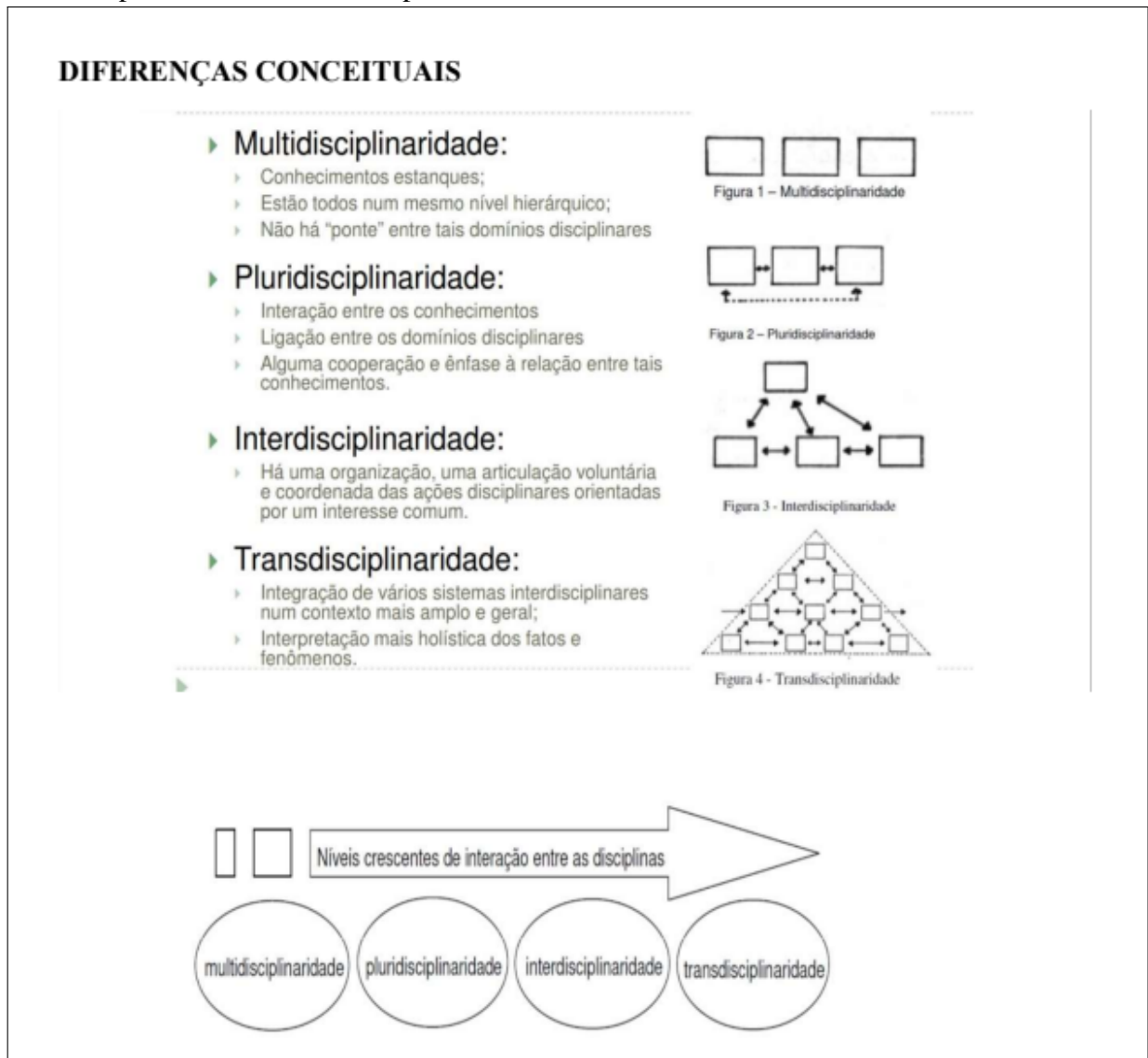
Multidisciplinaridade: é o que temos nos dias atuais na quase totalidade das salas de aula país afora. O nome *disciplina* vem daí: conteúdos separados em caixinhas, sem uma conexão uns com os outros, *Pluridisciplinaridade*: as diferentes disciplinas “conhecem” as outras e as citam como complemento ao que querem explicar mas sem algo mais aprofundado, *Interdisciplinaridade*: além do reconhecimento das outras disciplinas existe a necessidade de se integrarem para conseguir explicar ou demonstrar algo que não seria possível pela ótica de apenas uma, mas ainda com os rótulos em cada disciplina e *Transdisciplinaridade*: que é a abolição da compartimentação e a geração de um conhecimento único onde não se distingue mais o que era uma disciplina e o que era outra (JAPIASSU, 2016). Para esta discussão destaco a primeira e a quarta por motivos da primeira ser o retrato de nossa educação atualmente e a outra um dos objetos de estudo deste trabalho.

No Brasil, nos anos finais do ensino fundamental (do 6º ao 9º ano) os alunos entram em contato pela primeira vez com a disciplina de *ciências*, que mais tarde (geralmente a partir do 1º ano do ensino médio nas escolas públicas) vem a ser dividida em química, física e biologia. Esse período inicial é portanto um dos poucos momentos nos quais a ciência pode realizar uma conversa horizontal entre todas as suas vertentes, sendo uma janela na qual a *Interdisciplinaridade* pode ser trabalhada de forma mais concisa.

A *Interdisciplinaridade* é o estado no qual diferentes áreas do conhecimento, para nós aqui as disciplinas, conversam entre si de modo a gerar um produto que seja fruto da colaboração de cada um deles mas sem que um tenha mais ou menos direito sobre a obra final. É algo heterogêneo, que nasce da troca entre esses detentores do saber quando os mesmos reconhecem uns nos outros a necessidade dessa colaboração, uma unidade.

Mas, a interdisciplinaridade não pode ser reduzida, única e exclusivamente, a este tipo de integração, simplesmente juntar uma área com outra não seria suficiente. Esta forma de construção do conhecimento, a forma interdisciplinar, sugere que se encontre espaços dentro do conhecimento e se reconheça a necessidade de integração mais radical destas diversas áreas. Não é apenas uma reunião na forma de uma “colcha de retalhos” onde cada conhecimento é tratado como “um pedaço de pano que é costurado a outro”, que ficam unidos por uma linha tênue, amarrados uns aos outros de formas que podem ser facilmente substituídos ou descartados por outros.

Figura 14 – Diagrama que explica os conceitos de Multidisciplinaridade, Pluridisciplinaridade, Interdisciplinaridade e Transdisciplinaridade.



Fonte: (LIMA; LOUREIRO, 2021)

2.5 Aprendizagem Baseada em Problemas

Uma grande problemática (senão a principal) enfrentada por professores nas mais diversas salas de aula Brasil afora é o desinteresse por parte dos alunos. É bastante comum escutar a clássica pergunta “onde vou usar isso na minha vida?”. De fato, do modo como a educação tradicional se encontra (separada em disciplinas e com o sucateamento das escolas públicas) pode parecer, sim, que aquilo que se estuda no colégio não tem qualquer relação com a “vida real”. Entretanto, basta assistir algumas horas de noticiário para nos depararmos com gráficos que trazem as taxas de mortos, curados e vacinados contra a Covid-19, ou uma falha na extração de petróleo das camadas profundas do solo em alto mar e o impacto econômico

e ambiental que isso causa entre outros inumeráveis acontecimentos que impactam direta ou indiretamente nossas vidas cotidianas.

Uma possível escapatória para esse problema da distância entre teoria e prática escolar seja a *Aprendizagem Baseada em Problemas*, uma importante abordagem de ensino. A *ABP* é uma das chamadas *Aprendizagens Ativas*, ou seja, métodos que têm o aluno como ator principal e o professor como um guia, indicando os possíveis caminhos dentre vários (SOUZA; DOURADO, 2015). Historicamente, a *ABP* surgiu como uma tentativa de reestruturação do currículo da escola de medicina da universidade canadense de McMaster. Os responsáveis estavam tentando atravessar um problema que ainda hoje permeia o ambiente acadêmico e o escolar: a relação entre teoria e prática.

Como o próprio nome sugere, a *Aprendizagem Baseada em Problemas* parte de um problema em comum utilizando mais de uma área. Por exemplo, utilizando a biologia e a química para solucionar um problema sobre a morte de peixes ou a coberta de uma lagoa por determinado tipo de vegetação, ou ainda a história e a sociologia no entendimento do motivo da maioria da população pobre de Fortaleza viver em determinada região da cidade.

Um ponto bastante pertinente nessa metodologia é a cooperação: um grupo ou até mesmo grupos dentro da mesma turma discutem entre si qual a melhor abordagem, caminho e método a se utilizar em cada etapa da resolução. Mais precisamente, para as áreas da natureza, a BNCC fala em

4. Avaliar aplicações e implicações políticas, socioambientais e culturais da ciência e de suas tecnologias para propor alternativas aos desafios do mundo contemporâneo, incluindo aqueles relativos ao mundo do trabalho.

[...]

8. Agir pessoal e coletivamente com respeito, autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, recorrendo aos conhecimentos das Ciências da Natureza para tomar decisões frente a questões científico-tecnológicas e socioambientais e a respeito da saúde individual e coletiva, com base em princípios éticos, democráticos, sustentáveis e solidários. (BRASIL, 2017)

Diferentemente do que estamos acostumados a ver, os problemas não aparecem após a aprendizagem mas o contrário. Apoiando-se em problemas reais tentando encontrar uma solução.

Essa metodologia detém de uma estrutura pré-definida que pode ser seguida à risca ou não. A grosso modo dividimos sua aplicação em 4 passos, que são os que usaremos ao longo deste trabalho. São eles:

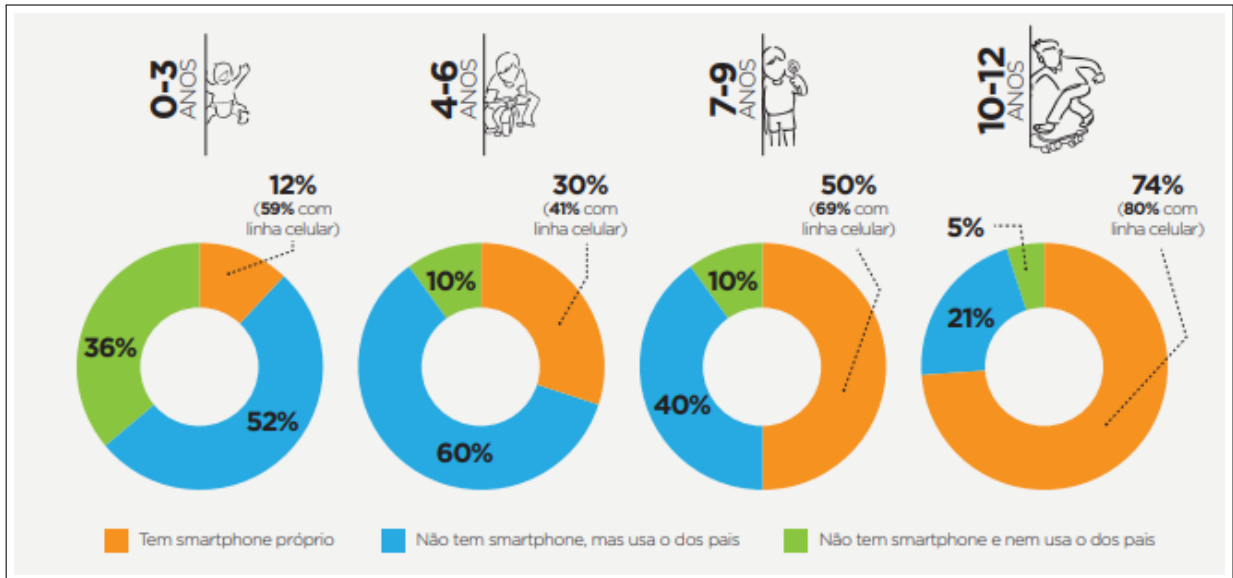
1. **Ferramentas:** Aqui podemos partir de elementos pré existentes na estrutura curricular, mas apresentando-os de modo conexo entre si e, acima de tudo, salientando suas aplicações cotidianas visando uma identificação dos mesmos pelos alunos em seu dia a dia.
2. **Contextualização e Apresentação do Problema:** Apresentar as diversas facetas do mesmo aos alunos, mostrando suas potencialidades, causas e consequências. Separação da classe em grupos que pode ser realizada pelos próprios alunos mas com a supervisão do professor visando o equilíbrio dos mesmos bem como uma melhor exploração das potencialidades de cada um.
3. **Pesquisa e Compartilhamento:** O professor previamente irá separar artigos, livros, vídeos e toda a bibliografia possível relacionada ao(s) problema(s) sempre incentivando a cooperação tanto entre os alunos do grupo quanto entre grupos (este último principalmente se trabalhar com mais de um problema). O professor também pode sugerir encontros, dicas de organização para a melhor realização das tarefas.
4. **Resultados e Avaliação:** Apresentação do que foi colhido, analisado e produzido pelos alunos sobre o(s) problema(s). O professor deve levar em conta não apenas os resultados obtidos, evitando uma avaliação de certo ou errado, mas também a qualidade da apresentação, a divisão de tarefas no grupo, a qualidade da exposição nos argumentos e quaisquer outros fatores que mostrem cuidado e compromisso dos alunos com o trabalho.

2.6 Smartphones: aplicativo Physics Toolbox

A injeção de aparelhos celulares (*smartphones*) na vida do brasileiro cresceu vertiginosamente nos últimos anos. Com as crianças não foi diferente. Uma pesquisa (figura 15) realizada pelo Panorama Mobile Time/Opinion Box revela que entre os 0 e 12 anos o acesso a smartphones, sendo o aparelho próprio da criança ou usando o dos pais, cresce com a idade (BOX, 2019).

Cada vez mais cedo e por mais tempo a parcela mais jovem da população nacional acessa conteúdos digitais via smartphones. Novamente, a pesquisa *Crianças e Smartphones no Brasil* mostra quais são os aplicativos mais utilizados por cada faixa etária. Esse contexto social não pode, e nem deve, ser deixado de lado por familiares e pelos professores dessas crianças. Deve ser, portanto, levado em consideração na hora de relacionar-se com as mesmas, permitindo uma melhor aproximação para com seu mundo e para isso, é interessante que o professor tenha um conhecimento básico sobre a área de tecnologia.

Figura 15 – Gráfico de pizza da quantidade de crianças que utilizam telefone celular no país de acordo com determinada faixa etária. Aqui vemos a tendência de crescimento da retenção própria de aparelhos celulares pelas crianças com o aumento da faixa etária.

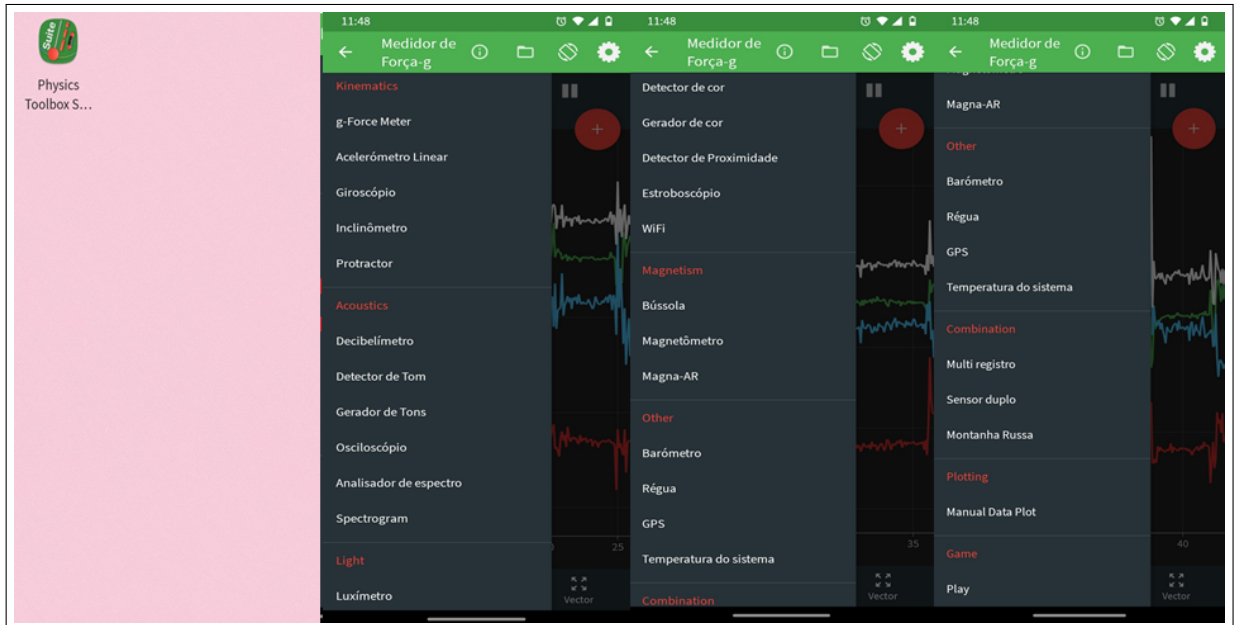


Fonte: Crianças e Smartphones no Brasil (BOX, 2019)

Atualmente, existem diversos aplicativos que utilizam do potencial do celular como o GPS (Global Positioning System), giroscópio, saída e entrada de áudio, etc. para a realização de medições como é o caso do *Physics Toolbox*, aplicativo utilizado ao longo deste trabalho. Esse app é desenvolvido pela Vieyra Software composta por Rebecca Vieyra, Chrystian Vieyra e diversos outros colaboradores com o intuito de transformar o celular em uma “caixa de ferramentas” pela utilização de todo o seu aparato tecnológico voltada à física. O aplicativo é inteiramente gratuito e pode ser baixado pela *PlayStore* nos sistemas *android* e na *AppStore* nos sistemas *IOS*.

O aplicativo em questão traz medidores para experimentos de mecânica, acústica, fotometria, magnetismo e outros como medições de temperatura, régua, barômetro e GPS. Além de tudo isso também permite ao usuário a criação de gráficos e sua posterior análise em um computador já que mantém registrado na memória do smartphone os dados coletados (Figura 16). A figura 17 traz um outro print da tela do aplicativo, agora mostrando onde se encontra as funções que serão utilizadas por nós na parte metodologia: Detector de Cores e Gerador de Cores. O Detector de Cores (Figura 17, item 1) funciona como uma câmera de celular a qual você deve apontar para o objeto no qual a cor que você quer detectar se encontra. A cor dentro do quadro vermelho será a detectada pelo aplicativo. O Gerador de Cores (Figura 17, item 2) funciona simplesmente escolhendo a cor que se quer gerar na tela entre as predefinidas (Vermelha, Verde, Azul, Magenta, Ciano, Amarelo e Branco) ou ainda a possibilidade de gerarmos nossa

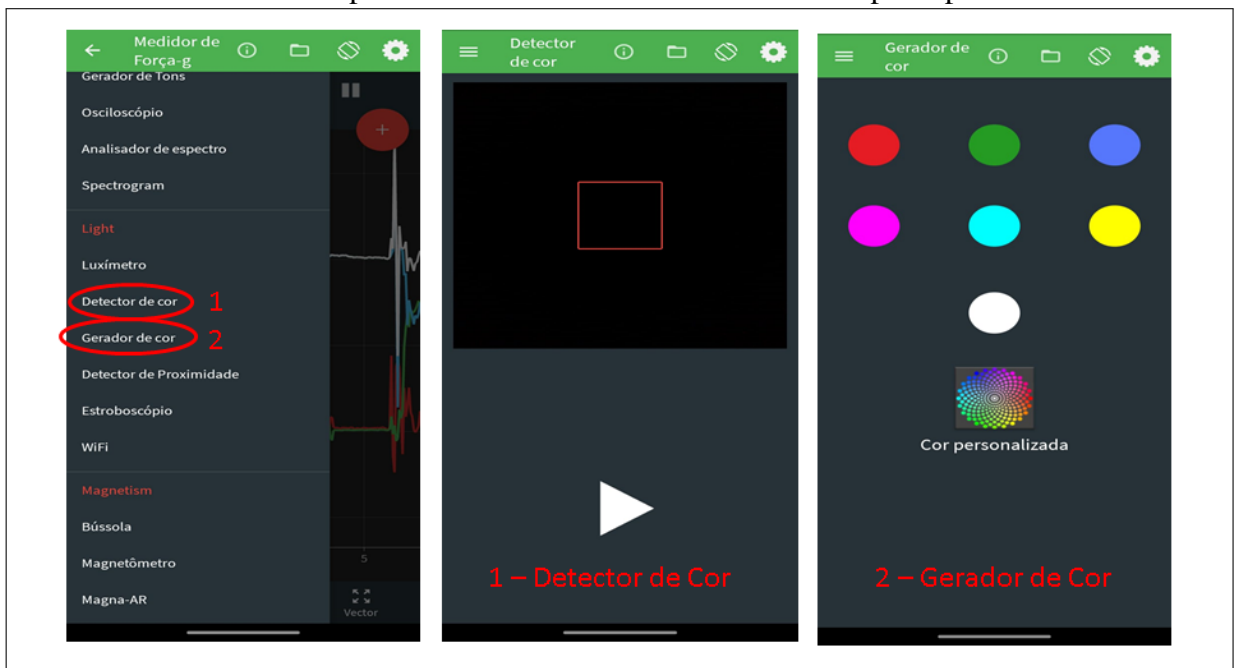
Figura 16 – Prints da tela do smartphone com o aplicativo instalado mostrando o ícone do aplicativo bem como da tela do aplicativo aberto mostrando todas as suas principais funcionalidades.



Fonte: elaborado pelo autor (2021).

própria cor na opção de Cor Personalizada. Para este trabalho usaremos as cores predefinidas por serem as do sistema RGB e as secundárias geradas por essas. Ao selecionarmos uma cor qualquer dentre essas várias opções a tela do celular fica com a cor exata selecionada. Usando mais de um smartphone podemos juntar essas duas cores formando uma terceira que segue os resultados apresentados anteriormente na figura 10 da seção 2.2 Cor.

Figura 17 – Prints da tela do smartphone com o aplicativo instalado mostrando o ícone do aplicativo bem como da tela do aplicativo aberto mostrando todas as suas principais funcionalidades.



Fonte: elaborado pelo autor (2021).

3 PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA

O presente trabalho caracteriza-se como uma sequência didática, norteadada pela Aprendizagem Baseada em Problemas, propondo uma alternativa ao ensino de ciências, mais especificamente para as aulas sobre Potencial Hidrogeniônico, destinado aos anos finais do ensino fundamental principalmente em escolas públicas visto que a física na esfera educacional pública é trabalhada apenas a partir do ensino médio.

Esta proposta sedimenta-se em três planos de aula. O primeiro, nomeado de Luz e Cor, trabalha com as ondas eletromagnéticas, luz, cor e o sistema RGB. Ao fim deste propomos a utilização do aplicativo *Physics Toolbox* visando a experimentação dos próprios alunos da teoria de composição de cores utilizando luzes com a tela de seus próprios *smartphones* com a ferramenta Gerador de Cor.

O segundo plano versa sobre a definição do conceito de pH bem como seu sistema de classificação e de que diferentes maneiras essa determinação pode ser realizada. Além disso demonstramos como fazemos a medição dessa característica química de forma prática utilizando fitas de medição pré-fabricadas, as mesmas utilizadas pelos químicos para as mais diversas funções e, além dessa, uma alternativa à mesma fazendo uso da propriedade da substância Cianina presente no extrato de repolho roxo, que acarreta uma mudança de cor no suco quando adicionada uma solução ácida e outras cores quando adicionada uma solução básica. Ao fim deste deixamos uma motivação para o próximo (terceiro) plano, deixando clara uma “falha” em nosso sistema de classificação com o suco do repolho que diz respeito às cores iguais pra substâncias diferentes mas com diferentes tonalidades. Isso incentiva a aplicação do pensamento baseado no método científico, pois já que o modelo atual não soluciona totalmente o problema surge a necessidade de um modelo de explicação mais completo, alvo da terceira e última etapa dessa proposta.

O terceiro plano trata da proposta de resolução da deficiência do modelo apresentado ao fim da segunda parte, trazendo uma classificação alternativa e mais abrangente: uma régua de cor para a classificação do pH utilizando o aplicativo *Physics Toolbox* agora fazendo uso de sua ferramenta Detector de Cor.

3.1 Primeira Aula: Luz e Cor

Seguindo os tópicos da seção 2.5, na primeira aula trabalharemos as ferramentas teóricas e práticas que serão utilizadas pelo professor em sala de aula ao ensinar os conceitos de ondas e cores. Essa aula será dividida em dois encontros de 45 minutos, cada. Inicialmente, o professor trabalhará o conceito de onda eletromagnética sempre focando em trazer esses fenômenos para o mais perto possível do cotidiano do aluno, apresentando suas causas e consequências. Sugerimos que sempre que possível seja feita analogia com as ondas mecânicas como o som, visto que a essa altura esse tipo de onda já tenha sido apresentada em aulas anteriores. Nessa parte também serão apresentadas as propriedades das ondas eletromagnéticas, atendo-se para o fato de que essas são idênticas às das ondas mecânicas, destacando a maior diferença entre ambas: a velocidade. É importante dar atenção especial a essa propriedade já que quase todos os aparelhos elétricos do cotidiano do aluno (celulares, rádio, televisão, etc) dependem dessa característica para funcionarem como as transmissões de satélite, o fornecimento de energia elétrica, etc. Pode ser apresentada nesse momento a equação que relaciona a velocidade com o comprimento e a frequência da onda

$$v = \lambda \cdot f \quad (3.1)$$

A importância de apresentar essa equação é a de que ao apresentar o espectro eletromagnético o professor pode trabalhar a manipulação da mesma mostrando no espectro a relação inversa entre λ (comprimento de onda) e f (frequência da onda). Ao apresentar o espectro e as classificações das diferentes ondas o docente chegará a falar da luz visível e a partir desse momento inicia a discussão sobre a mesma, sempre deixando claro aos alunos que tudo o que vemos é luz e que para a percebermos precisamos de um maquinário biológico conhecido como olho que também será apresentado neste momento pelo professor de forma simplificada focando mais intensamente nos conceitos físicos do mesmo. Ao citar dois componentes específicos desse órgão, os cones e os bastonetes, o professor introduzirá a teoria da tricromia de Thomas Young (CENTRO DE REFERÊNCIA PARA O ENSINO DE FÍSICA, 2010), na qual se pode formar todas as tonalidades humanamente possíveis de serem percebidas a partir de apenas três: o vermelho, o verde e o azul, trio conhecido como RGB. Aqui encerra-se a primeira seção dessa parte da sequência didática, que correspondem à introdução e ao desenvolvimento da aula no plano de aula.

Na segunda seção, correspondente no plano de aula à conclusão o professor trabalhará

a propriedade aditiva das luzes coloridas. Caso exista um intervalo entre essas duas seções devido a motivos externos ao professor (troca de aulas, intervalo, etc) recomenda-se que o mesmo faça uma breve recapitulação do que foi exposto anteriormente. A fim de efetivar a aprendizagem do aluno sugerimos que os mesmos realizem as operações de adição de cores utilizando seus próprios smartphones com o aplicativo *Physics Toolbox* instalado nos mesmos. O professor guiará os alunos pelo aplicativo solicitando-os que entrem na ferramenta Gerador de Cor e demonstrando como a tela do celular brilha conforme a cor escolhida. Ao longo da realização do experimento devemos levar diversos fatores em conta como a disposição de smartphones suficiente para os alunos. Caso não seja possível pode-se realizar o experimento em duplas ou em número maior de alunos. Em casos extremos, em que nenhum aluno possua o aparelho em mão no momento da aula o professor pode realizar uma demonstração com seus próprios aparelhos (dois, no mínimo). Outro fator importante é a iluminação do local, que deve ser a mínima possível, a fim de aumentar a intensidade das cores permitindo uma melhor observação das cores em questão. Recomenda-se também que o brilho da tela esteja no máximo. Aqui utilizamos dois smartphones: LG K11 Alpha e um Motorola One Fusion. As fotos foram tiradas num quarto escuro. A seguir seguem imagens do que se espera conseguir.

Figura 18 – Cores primárias (Vermelho, Verde e Azul) e suas respectivas combinações: Azul + Vermelho = Magenta, Verde + Azul = Ciano e Verde + Vermelho = Amarelo. A essas cores resultantes damos o nome de Cores Secundárias.



Fonte: elaborado pelo autor (2021).

Figura 19 – Cores Complementares. A denominação complementar vem do fato de, quando juntas, formarem o branco (se complementam). Ciano + Vermelho = Branco, Amarelo + Azul = Branco e Magenta + Verde = Branco. Perceba que como Ciano é composto por verde + azul se colocarmos a restante do trio de primárias teremos o branco como resultado, ou seja, continuamos combinando o trio e obtendo a cor branca como resultado, como deveria ser.



Fonte: elaborado pelo autor (2021).

3.2 Potencial Hidrogeniônico

Esta aula será bastante focada na parte prática. O professor começará contextualizando o conceito de pH, atentando-se principalmente ao que de fato ele mede, além da necessidade de fazer essas medições. De início, pode-se apresentar a escala numérica de pH que vai de 0 a 6 para os ácidos, 7 para pH neutro e de 8 a 14 para as soluções alcalinas (básicas) (WHITE, 2005). Nesse momento, é interessante que o docente contextualize que existem intervalos entre esses valores tabelados. Após essa apresentação o professor pode argumentar que a escala numérica não é tão prática e que existem alternativas a essa, como a escala de cores, apresentando então as tiras universais de pH .

O professor pode fazer uma demonstração de como as mesmas funcionam, colocando-as em soluções previamente levadas à sala de aula. Aqui é interessante que o professor leve no mínimo duas soluções: uma conhecida ácida e uma básica também conhecida a fim de mostrar os dois extremos de coloração da fita quando inserida nesses dois meios classificadamente opostos. Além disso, é indispensável que o professor esclareça que as cores mostradas na tabela do verso da caixa das fitas são cores de referência, ou seja, ao mergulhar a fita na solução ela não

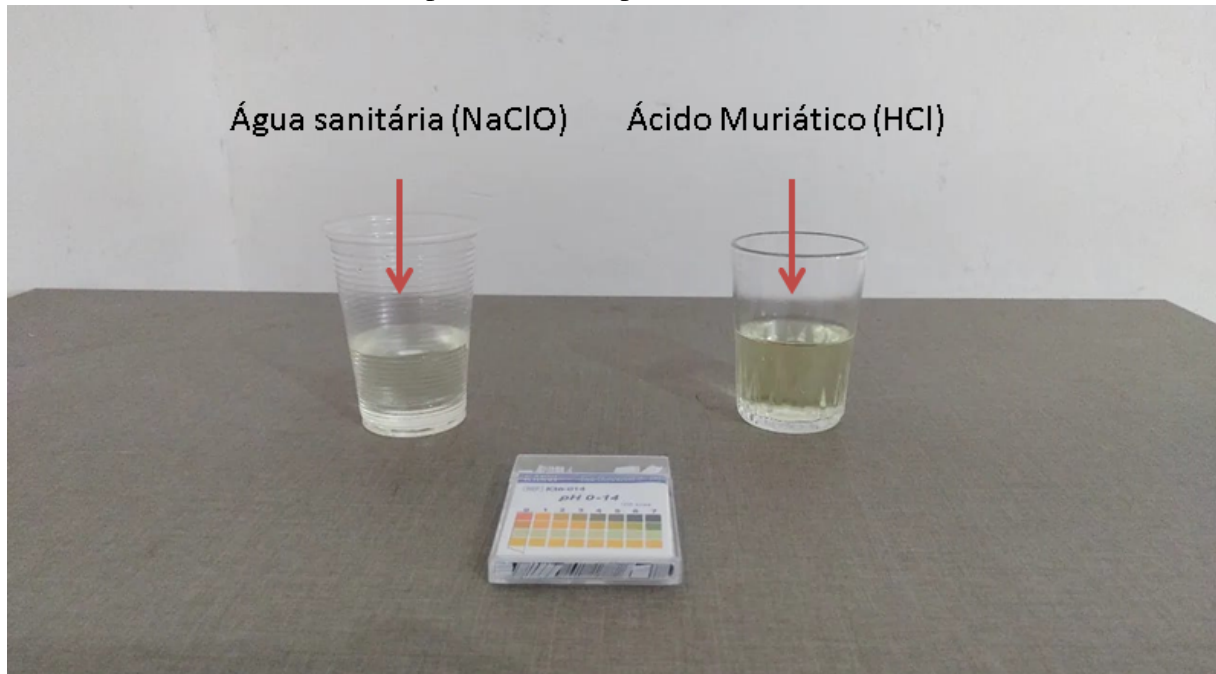
necessariamente vai corresponder exatamente às referências impressas na caixa mas a colorações próximas, como dito anteriormente isso indica valores entre os intervalos de números inteiros que vão de 1 a 14.

Figura 20 – À esquerda uma fita de pH antes da utilização. Após mergulhar a tira ela muda de cor e a comparamos com a tabela impressa no rótulo da caixa, à direita.



Fonte: elaborado pelo autor (2021).

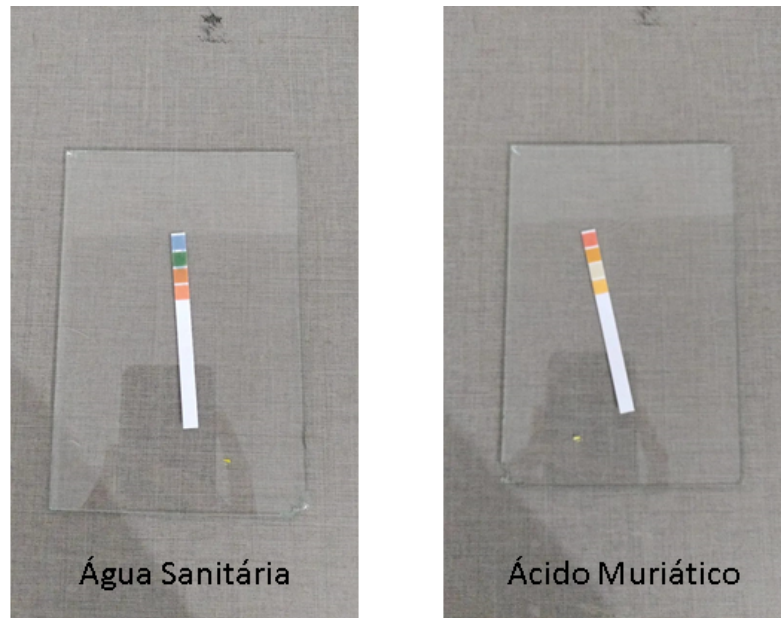
Figura 21 – Recipiente com ÁGUA sanitária (à esquerda) e outro com Ácido Muriático (à direita). Preferimos trabalhar com um recipiente de vidro para o ácido muriático a fim de evitar acidentes.



Fonte: elaborado pelo autor (2021).

Para finalizar, visto que esse método de classificação por cores é bastante abrangente o professor apresenta ainda uma segunda forma de determinação do potencial hidrogeniônico por cores, a solução do extrato de repolho roxo, simples e barato de se construir. É interessante

Figura 22 – Demonstração da mudança de cores após inserirmos as tiras na solução que queremos medir a basicidade ou a acidez. Comparando com a segunda imagem (à direita) da figura 20 vemos que o Ácido Muriático está entre o número 0 e o 1 e a da Água Sanitária mais entre o 13 e o 14



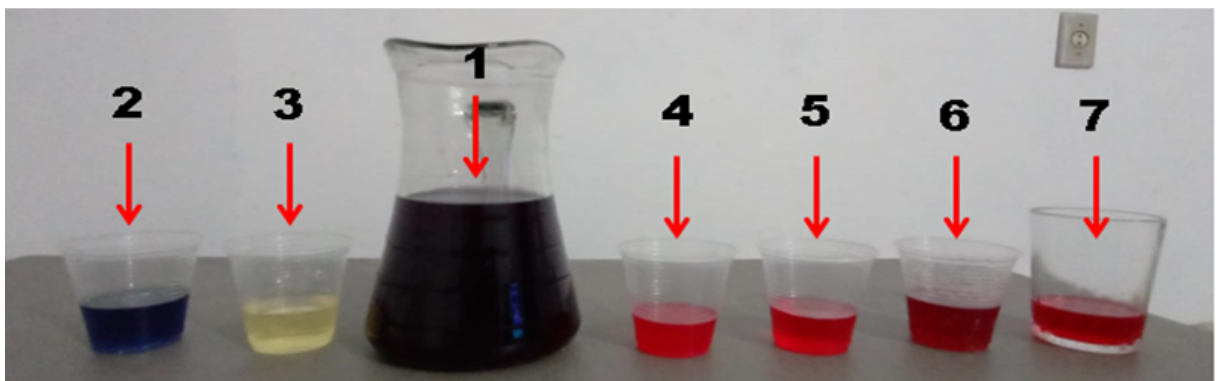
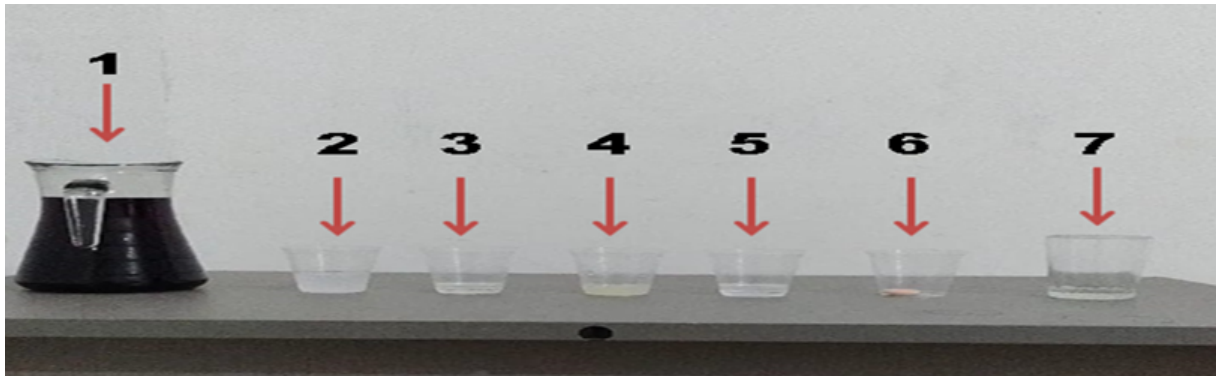
Fonte: elaborado pelo autor (2021).

que o professor faça uma explicação básica de como o suco do repolho roxo tem sua cor alterada ao reagir com soluções de diferentes valores de pH e que essa será a base dessa classificação (PRADO *et al.*, 2019). Dispondo de um certo número de soluções (recomendamos 8, quatro ácidas e quatro básicas) o docente pode convidar os alunos a fazerem as misturas, incentivando-os à experimentação e a indução de uma escala de cores correspondentes à acidez e basicidade. Isso pode ser incentivado pelo professor fazendo-os perceber que partindo de uma substância conhecida ácida ou básica, depois de ser misturada com o extrato de repolho, a sua cor pode ser usada como referência para determinar se as outras soluções são ácidas ou alcalinas. É interessante também que seja feita uma analogia com as cores mostradas no espectro eletromagnético trabalhado na primeira aula, objetivando uma melhora nessa indução de uma escala. Ao realizar o experimento recomendamos que esses materiais sejam facilmente encontrados pelos alunos em suas residências para uma melhor participação e compreensão dos alunos. A seguir algumas imagens do experimento sendo realizado. A legenda numérica com cada material utilizado segue abaixo:

1. Suco de repolho roxo
2. Solução de fermento para massa
3. Água Sanitária
4. Suco de limão

5. Vinagre
6. Pastilha de vitamina C
7. Ácido Muriático

Figura 23 – Recipientes enumerados de 1 a 8. Na imagem de cima vemos as soluções antes de serem misturadas ao suco do repolho roxo (recipiente 1) e na de baixo os respectivos recipientes após a mistura.



Fonte: elaborado pelo autor (2021).

Aqui, utilizamos copos plásticos descartáveis, com exceção do ácido muriático devido a seu poder corrosivo, para evitarmos acidentes. O suco do repolho (número 1) é de coloração roxa, porém nas imagens devido à concentração ele aparece com uma cor praticamente preta. Na segunda figura, colocamos o suco do repolho como o centro para que a partir dele perceba-se as escalas de cores. Como se pode ver as substâncias mais básicas correspondem às cores de maior frequência (roxo, azul, etc), já as ácidas tendem para as menores frequências. Interessante notar que na figura dois tivemos algo curioso: a cor vermelha se repetiu para os ácidos selecionados, entretanto em tonalidades diferentes. Isso pode ser usado como recurso reforçador para a terceira aula na qual usaremos o Physics Toolbox para determinarmos a concentração com base na tonalidade.

3.3 Relação entre concentração e pH

A terceira e última aula tratará de complementar a escala de pH baseada no suco do repolho roxo, agora preocupando-se com a concentração das soluções. Nesta etapa desenvolvemos a régua para uma substância, o Vinagre de Álcool, pela facilidade tanto de obtenção quanto de manipulação. A duração desta aula será a metade das anteriores (45 minutos) e será fortemente focada na prática científica e no método científico. Inicialmente o professor terá que deixar claro que o modelo anterior não deixa de ser útil para casos os quais se propõe a analisar, apenas que para determinadas funções (no caso saber a concentração de uma solução) aquele se mostra insuficiente. Desse modo surge a necessidade de um novo modelo que englobe esse novo problema e isso é, nada mais nada menos, que uma das etapas do fazer científico.

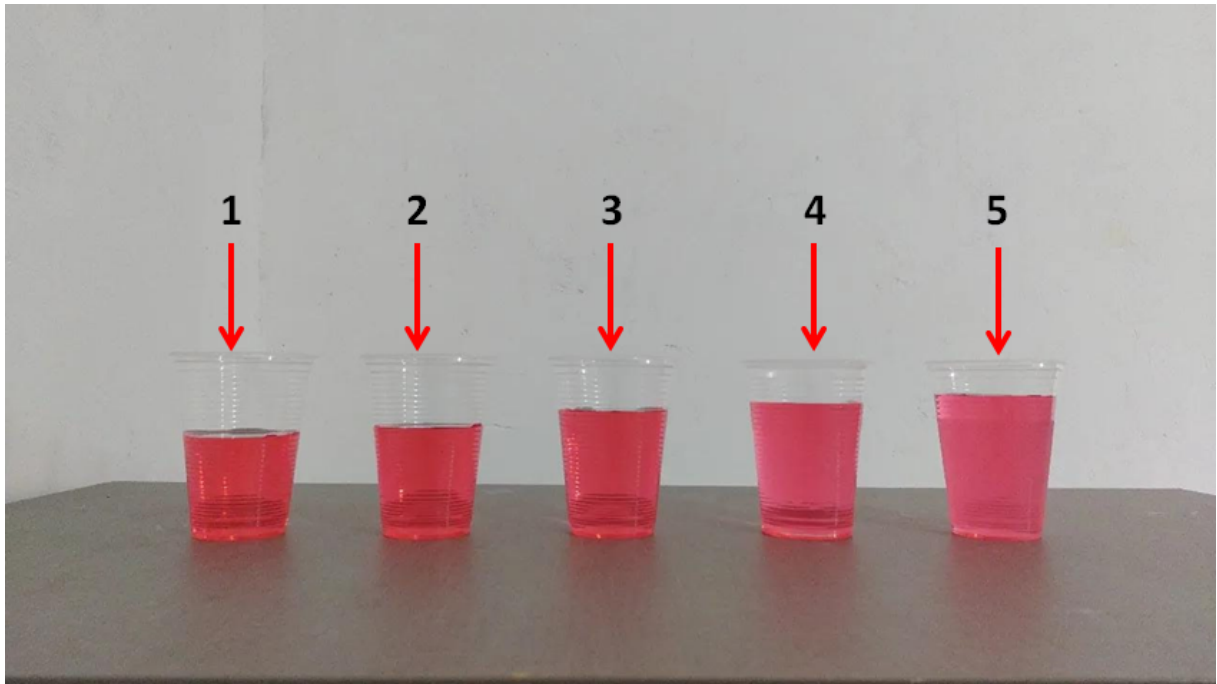
O professor distribuirá a turma em equipes de até três alunos de forma que cada membro fique encarregado de uma função que são: **1.** Acessar o aplicativo na parte do Detector de Cores e fotografar as soluções e **2.** Registrar os códigos das cores que aparecerão na tela, abaixo da imagem (Figuras 25-29) (BENGTSSON *et al.*, 2014). Esses códigos são iniciados pelo símbolo # e estão em Hexadecimal. O terceiro membro ficará alternando funções de forma rotativa com os outros dois. O grupo como um todo será induzido a diluir quantidades fixas de vinagre em quantidades variáveis de água, o que acaba diminuindo o pH do Vinagre, em teoria e após isso colocar uma quantidade igual de suco de repolho em todos de modo a alterar a coloração. As imagens desta subseção 3.3 foram retiradas com um celular modelo Motorola One Fusion. A figura 24 é uma fotografia dos copos plásticos enumerados de 1 a 5 cada qual com uma solução composta de água e Vinagre de Álcool. Em todas a quantidade de Vinagre é igual (100 ml), entretanto a quantidade de água varia começando com 20 ml e aumentando, em ordem crescente de numeração, de 20 ml em 20 ml. O primeiro copo tem 100 ml de Vinagre + 20 ml de água, o segundo 100 ml de Vinagre + 40 ml de água e assim por diante.

As figuras 25 a 29 são edições de prints feitos durante as medições das cores nos copos para diferentes concentrações das soluções. Em cada uma temos três prints da tela do Detector de Cores do aplicativo *Physics Toolbox* e os correspondentes códigos das cores registradas.

De modo a simular o que seria feito em sala de aula, segue na tabela 2 as relações de quantidade de soluto e solvente bem como os códigos registrados para três medidas de cada substância.

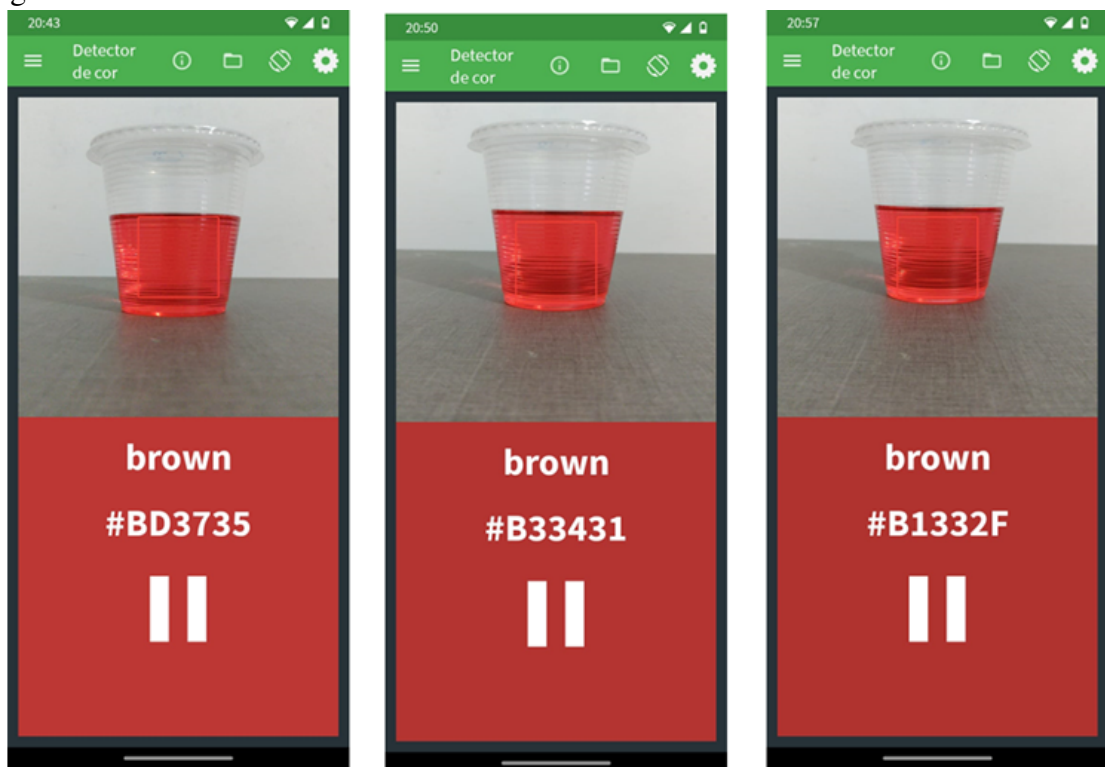
Aqui temos a limitação de terem sido feitas apenas três medidas, o que em sala de

Figura 24 – Aqui temos a enumeração dos copos. Todos contêm 100 ml de Vinagre e em cada um, na ordem crescente, vão sendo adicionados 20 ml de água a fim de diluir o Vinagre acarretando uma cor mais clara a medida que a diluição aumenta.



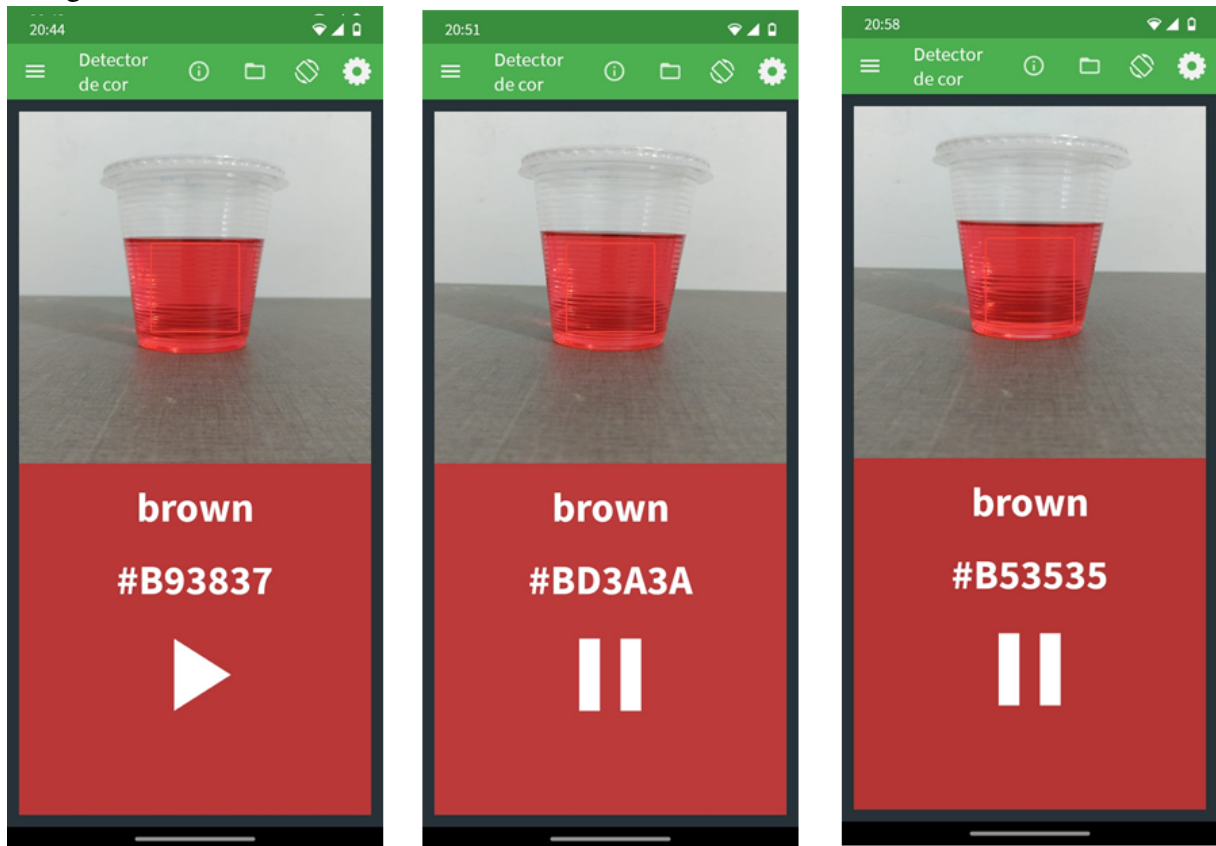
Fonte: elaborado pelo autor (2021).

Figura 25 – Três prints da tela do telefone na opção Detector de Cores do aplicativo Physics Toolbox. Aqui temos três medidas da mesma solução composta por 20 ml de água + 100 ml de Vinagre de Álcool.



Fonte: elaborado pelo autor (2021).

Figura 26 – Três prints da tela do telefone na opção Detector de Cores do aplicativo Physics Toolbox. Aqui temos três medidas da mesma solução composta por 40 ml de água + 100 ml de Vinagre de Álcool.



Fonte: elaborado pelo autor (2021).

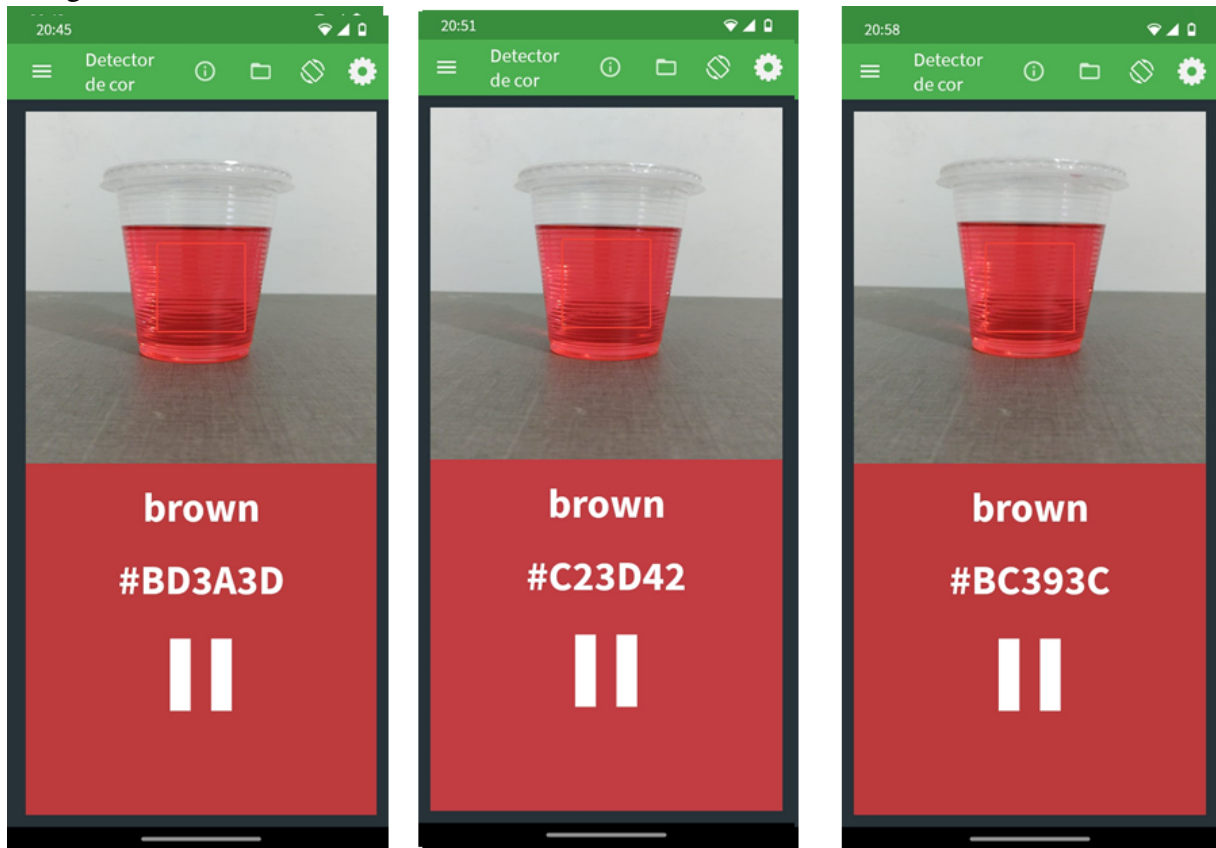
Soluções	Códigos das cores 1	Códigos das cores 2	Códigos das cores 3
20 ml de água + 100 ml de Vinagre	brown #BD3735	brown #B33431	brown #B1332F
40 ml de água + 100 ml de Vinagre	brown #B93837	brown #BD3A3A	brown #B53535
60 ml de água + 100 ml de Vinagre	brown #BD3A3D	brown #C23D42	brown #BC393C
80 ml de água + 100 ml de Vinagre	Indian red #BF444E	Indian red #C1454F	Indian red #C34651
100 ml de água + 100 ml de Vinagre	Indian red #BD424D	Indian red #C24753	Indian red #C04551

Tabela 2 – Relação entre as quantidades variáveis de água para a mesma quantidade de vinagre e os códigos de cores registrados em três medidas para cada mistura tentando simular, em menor escala, o que seria feito em sala de aula: diversas medidas e diversos registros de códigos.

aula será contornada já que cada grupo poderá fazer três medidas para cada solução resultando em mais códigos de cores. Esses códigos podem ser tabelados como o exemplo acima e utilizados para criar uma régua de cor para a sala inteira.

Por fim, a medida que cada grupo terminar de coletar seus códigos o professor os registrará numa tabela no Excel de modo análogo ao que é mostrado pela Tabela 2 tabela. Primeiramente convertemos os códigos da Tabela 2 para o sistema RGB utilizando um conversor online (da preferência do professor. Basta pesquisar por "Conversor de HEX para RGB") e registramos isso numa tabela do Excel (Tabela 3). Como foram feitas três medidas para cada

Figura 27 – Três prints da tela do telefone na opção Detector de Cores do aplicativo Physics Toolbox. Aqui temos três medidas da mesma solução composta por 60 ml de água + 100 ml de Vinagre de Álcool.



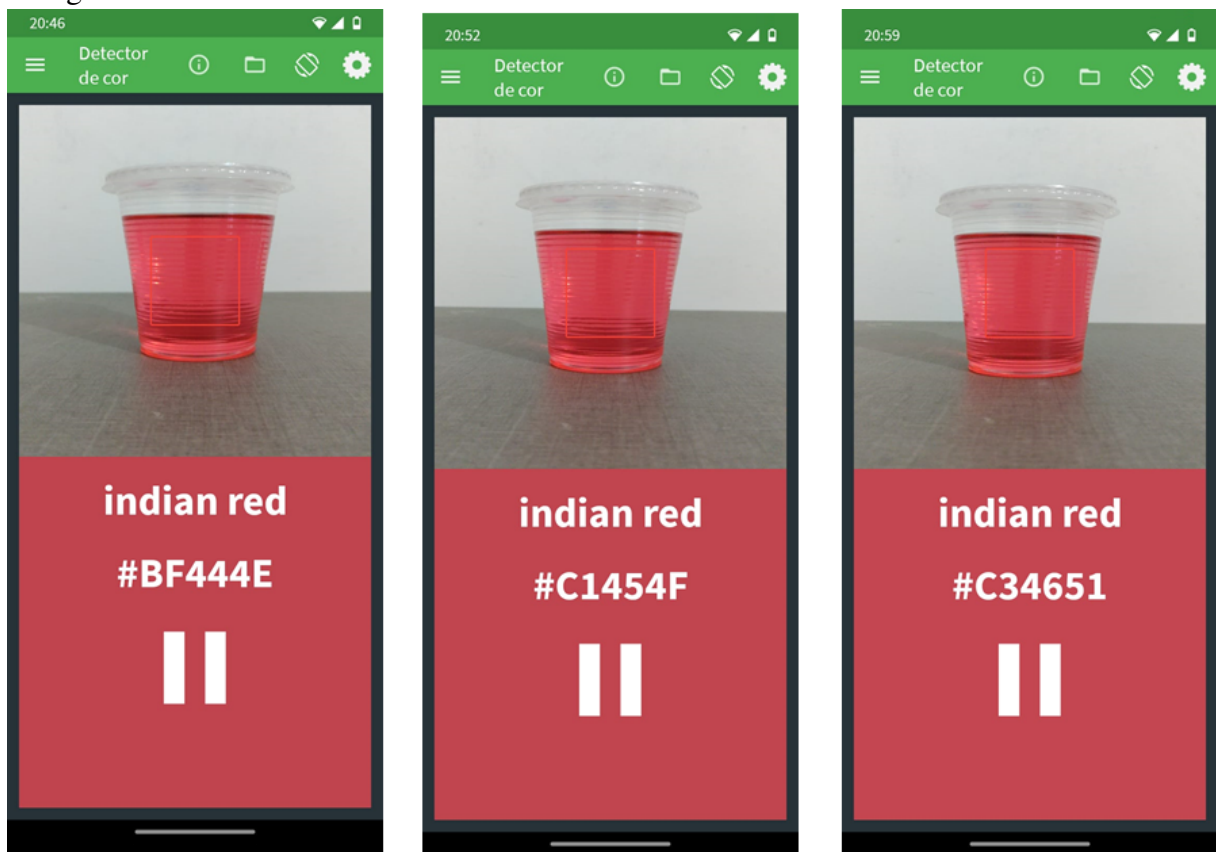
Fonte: elaborado pelo autor (2021).

	R	G	B	$error_r$	$error_g$	$error_b$
Solução 01	63,98	18,5467	17,48	0,13	0,0006	0,14
solução 02	62,5	18,80	18,69	0,3	0,09	0,08
Solução 03	61,2	18,82	19,99	0,5	0,03	0,25
Solução 04	56,513	20,2133	23,243	0,018	0,0008	0,021
Solução 05	56,3	20,15	23,57	0,4	0,07	0,12

Tabela 3 – Registro das conversões da cores em código HEX (dispostos na tabela 2) para o sistema RGB.

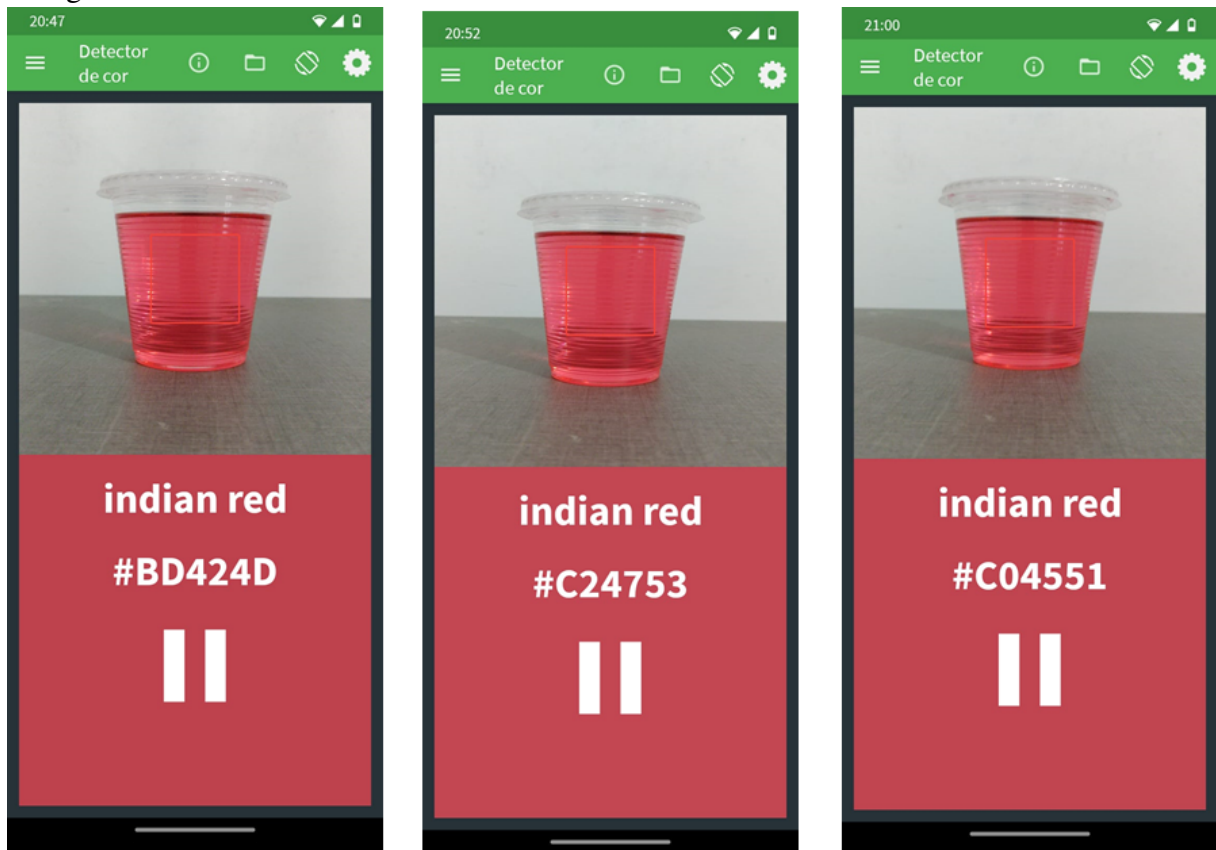
solução teremos um erro para cada um inserido nas três últimas colunas da Tabela 3. Após isso plotamos um gráfico de barra que pode ser editado para que a cor correspondente de cada componente do RGB fique nas cores Vermelha, Verde e Azul. Segue, para a Tabela 3, o gráfico de barras feito para os dados coletados (Figura 30).

Figura 28 – Três prints da tela do telefone na opção Detector de Cores do aplicativo Physics Toolbox. Aqui temos três medidas da mesma solução composta por 80 ml de água + 100 ml de Vinagre de Álcool.



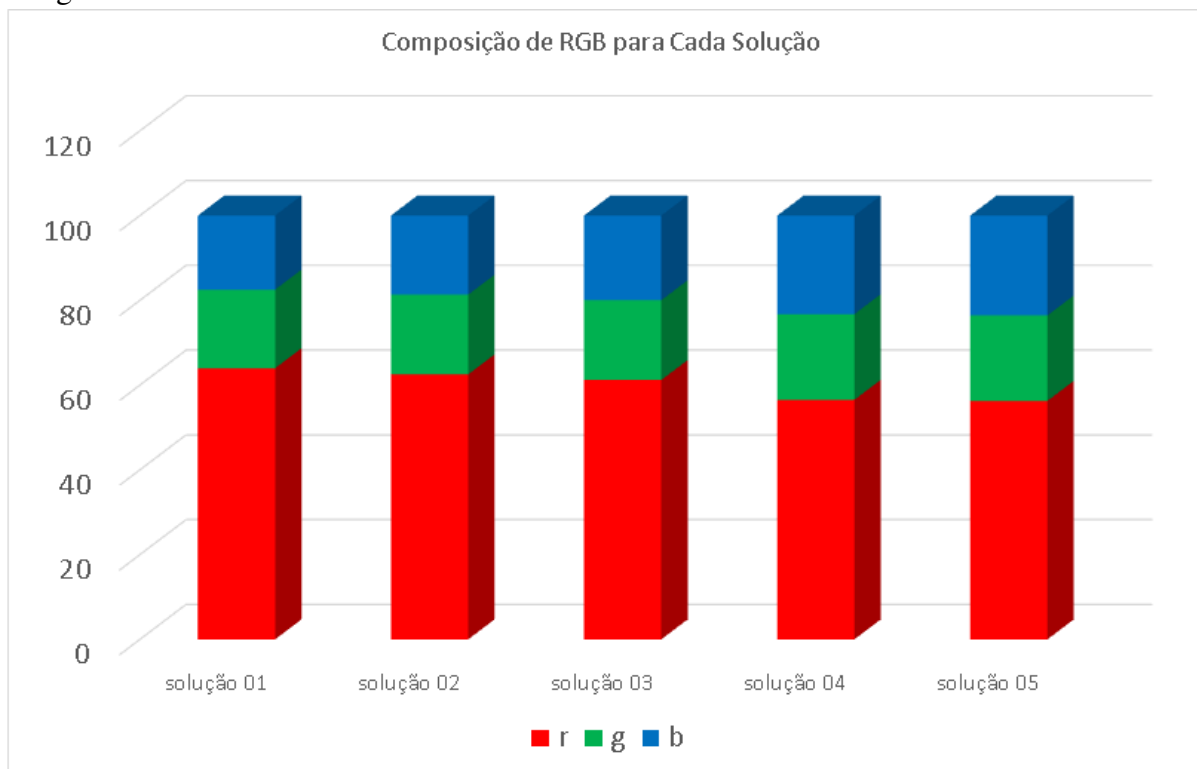
Fonte: elaborado pelo autor (2021).

Figura 29 – Três prints da tela do telefone na opção Detector de Cores do aplicativo Physics Toolbox. Aqui temos três medidas da mesma solução composta por 100 ml de água + 100 ml de Vinagre de Álcool.



Fonte: elaborado pelo autor (2021).

Figura 30 – Gráfico em barra que indica a solução e suas respectivas composições de vermelho, verde e azul (RGB). Perceba a diminuição do vermelho à medida que ocorre a diluição do Vinagre de Álcool.



Fonte: elaborado pelo autor (2021).

4 CONCLUSÕES

Ao longo deste trabalho desenvolvemos uma sequência didática dividida em três partes sugerindo uma alternativa viável, tanto em realização quanto financeiramente, para o ensino de pH e de cores para a disciplina de ciências a nível de ensino fundamental. O destino deste trabalho foram as turmas de 9º ano, em especial das escolas públicas, visto que ainda não ocorreu a distinção da disciplina de ciências em física, química e biologia, sendo esse cenário bastante propício para a sugestão e futura aplicação de uma proposta baseada na interdisciplinaridade.

Nesta proposta procuramos sempre utilizar materiais e ferramentas que julgamos serem de simples acesso tanto para o aluno quanto para o professor.

Apesar do presente trabalho se tratar de uma proposta de conjunto de aulas decidimos realizar todos os experimentos que deverão ser realizados pelo professor em sala. Na primeira aula (seção 3.1), Luz e Cor, conseguimos replicar os resultados para as composições de cores primárias Azul + Verde = Ciano, Azul + Vermelho = Magenta e Vermelho com Verde = Amarelo além das junções das primárias com as secundárias, originando o branco: Vermelho + Ciano, Azul + Amarelo e Verde com Magenta.

Em seguida, a seção 3.2, trabalhamos a questão do potencial hidrogeniônico (pH), como se caracteriza e seus usos. Trouxemos uma régua comercial de pH e também realizamos demonstrações de casos nas quais mergulhamos duas dessas fitas (cada uma em uma solução) em uma solução de ácido muriático e outra em uma solução de Água Sanitária e comparamos com as referências impressas no verso da embalagem. Além disso, também realizamos a experiência de mistura do suco do repolho roxo com soluções ácidas e básicas. Para as ácidas pudemos notar que a coloração tendeu para o vermelho e para as básicas a cor tendeu para o lado oposto do espectro eletromagnético.

Por fim, aula 3 - seção 3.3, utilizamos a função Detector de Cores do app Physics Toolbox para conseguirmos os códigos em formato Hexadecimal das cores registradas em cada solução de Vinagre e Álcool e Água e em seguida os convertemos para RGB, formato trabalhado desde a aula 1 - seção 3.1, para então plotarmos um gráfico de barra explicitando a composição de Vermelho, Verde e Azul em cada solução. O resultado é que, à medida que a concentração de Vinagre diminui a composição de vermelho na amostra também decresce.

REFERÊNCIAS

- BELLONE, E. **A world on paper: Studies on the second scientific revolution**. 1. ed. Cambridge: The MIT Press, 1980.
- BENGTSSON, D.; JÓNÁS, L.; LOS, M.; MONTANGERO, M.; SZABÓ, M. G. How deep is your blue?—coloured chemistry with smartphones. **Science on Stage Deutschland**, v. 4, n. 5, p. 20–24, 2014.
- BOX, P. M. T. **Crianças e Smartphones no Brasil**. Brasil, 2019. Disponível em: <https://www.mobiletime.com.br/pesquisas/criancas-e-smartphones-no-brasil-outubro-de-2021/>. Acesso em: 13 dez. 2021.
- BRASIL. **Base nacional comum curricular**. Brasil, DF: MEC, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 13 dez. 2021.
- CENTRO DE REFERÊNCIA PARA O ENSINO DE FÍSICA. **Nem toda a cor está no espectro visível! Como pode ser isso?** Porto Alegre, RS: [S. n.], 2010. Disponível em: <https://cref.if.ufrgs.br/?contact-pergunta=nem-toda-a-cor-esta-no-espectro-visivel-como-pode-ser-isso>. Acesso em: 18 dez. 2021.
- CENTRO DE REFERÊNCIA PARA O ENSINO DE FÍSICA. **Se as Cores Primárias São Três, Não Entendo os Sete Setores do Disco de Newton**. Porto Alegre, RS: [S. n.], 2013. Disponível em: <https://cref.if.ufrgs.br/?contact-pergunta=se-as-cores-primarias-sao-tres-nao-entendo-os-sete-setores-do-disco-de-newton>. Acesso em: 18 dez. 2021.
- CENTRO DE REFERÊNCIA PARA O ENSINO DE FÍSICA. **Cores nas Telas de Monitores**. Porto Alegre, RS: [S. n.], 2020. Disponível em: <https://cref.if.ufrgs.br/?contact-pergunta=cores-nas-telas-de-monitores>. Acesso em: 18 dez. 2021.
- DAVIS, C.; OLIVEIRA, Z. de. **Psicologia na educação**. 2. ed. São Paulo: Cortez Editora, 1994.
- EVERITT, C. Maxwell's scientific papers. **Applied optics**, Optical Society of America, v. 6, n. 4, p. 639–646, 1967.
- GASPARIN, J. L. **Uma didática para a pedagogia histórico-crítica**. 5. ed. Campinas: Autores Associados, 2012.
- GREGORY, D. F.; ELLIS, R. L.; KELVIN, W. T. B.; FERRERS, N. M. **The Cambridge and Dublin Mathematical Journal**. Dublin: Macmillan, Barclay and Macmillan, 1849. v. 4.
- HEWITT, P. G. **Fundamentos de física conceitual**. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- JAPIASSU, H. O sonho transdisciplinar. **Revista Desafios**, v. 3, n. 1, p. 3–9, 2016.
- LIMA, L. de; LOUREIRO, R. C. Formação de licenciandos: tecnologia e interdisciplinaridade na docência. **Formação Docente**, v. 12, n. 1, p. 104–120, 2020.
- LIMA, L. de; LOUREIRO, R. C. O rock dos prefixos. 2021.
- NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica: eletromagnetismo**. 2. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2015. v. 3.

PEIXOTO, R. de L. **Uma análise sobre o desempenho dos participantes do estado do Ceará no ENEM**. 2018. 44 p. Monografia (Trabalho de conclusão de curso) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

PRADO, R. M. S.; SANTOS, R. A.; SANTOS, E. C. M.; SANTOS, W. C. A importância da experimentação para o ensino-aprendizagem da química: o repolho roxo como indicador ácido-base para verificação de pH com estudantes do ensino médio público. In: **VI Congresso Nacional de Educação: avaliação, processos e políticas**. Fortaleza: [S. n.], 2019.

SEARS; ZEMANSKY. **Física III - Eletromagnetismo**. 10. ed. São Paulo: Pearson, 2003. v. 3.

SOUZA, S. C. d.; DOURADO, L. Aprendizagem baseada em problemas (abp): um método transdisciplinar de aprendizagem para o ensino educativo. **Holos**, v. 5, n. 31, p. 182–200, 2015.

STEWART, J. **Cálculo**. 7. ed. São Paulo: Cengage learning, 2013. v. 1.

STEWART, J. **Cálculo**. 7. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2013. v. 2.

VIEYRA, R.; VIEYRA, C.; JEANJACQUOT, P.; MARTI, A.; MONTEIRO, M. Turn your smartphone into a science laboratory. **The science teacher**, v. 82, n. 9, p. 32, 2015.

WHITE, D. P. **Química a ciência central**. 9. ed. São Paulo: Pearson Education, 2005.

APÊNDICE A – PLANO DE AULA 1

PLANO DE AULA

IDENTIFICAÇÃO

TEMA: Ondas Eletromagnéticas	ASSUNTO: Cor e Luz, Ondas Eletromagnéticas, Cores Aditivas Primárias.	AULA EM NÍVEL DE: 9º Ano - Fundamental
DATA:	HORÁRIO/DURAÇÃO: Duas aulas de 45min. cada (90 minutos ao todo).	PROFESSOR: Carlos Breno Moura Gomes

PLANO

OBJETIVOS:	CONTEÚDO PROGRAMÁTICO	RECURSOS
Construir o significado de cor, diagnosticar os conceitos prévios sobre onda e luz, diferenciar os tipos de ondas eletromagnéticas, analisar o sistema RGB, elaborar as combinações com as cores básicas do sistema RGB.	<ul style="list-style-type: none"> – O Conceito de Onda; – Os diferentes tipos de onda (Mecânica, Eletromagnética); – O Espectro Eletromagnético; – O Esquema do Olho Humano; – O Sistema RGB; – A Subjetividade de Cor para a Física; – Aplicação: pixels. 	<ul style="list-style-type: none"> – Pincel; – Lousa; – Smartphones com o app Physics Toolbox instalado;

PROCEDIMENTOS (Duas aulas de 45 minutos cada)

INTRODUÇÃO:	DESENVOLVIMENTO:	CONCLUSÃO:
<p>O primeiro momento inicia com uma aula expositiva dialogada sobre as ondas eletromagnéticas fazendo uso, sempre que necessário da analogia com as ondas mecânicas. Em seguida apresenta-se os diferentes tipos de ondas eletromagnéticas e como as classificamos utilizando o espectro eletromagnético.</p>	<p>Após a introdução será apresentado, de modo simplificado, o esquema do olho humano, quais suas principais partes e o caminho até a luz ser interpretada pelo cérebro. Depois, apresenta-se a teoria da tricromia de Thomas Young e a subjetividade de cor para a física.</p>	<p>Por fim, os alunos serão alocados em uma sala que possa ser deixada a mais escura possível para a utilização do aplicativo Physics Toolbox na realização da combinação das cores. Primeiramente ensinando-os como acessar o Gerador de Cores do app para que os mesmos consigam realizar a junção das cores em um anteparo branco (podendo ser até mesmo as paredes da sala). Esse momento será norteado por uma atividade de composição de cores presente no anexo deste plano que deverá ser respondido pelos discentes. É interessante que este último passo seja feito em uma aula de 45 min.</p>

AValiação NA APRENDIZAGEM

Participação na aula, presença, bem como a realização da atividade prática de composição de cores.
--

INDICAÇÕES BIBLIOGRÁFICAS

- [1] HEWITT, P. G. Física conceitual. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- [2] SILVEIRA, F.L. Cores Nas Telas de Monitores. Pergunte ao CREF, 2020. Disponível em: <https://cref.if.ufrgs.br/?contact-pergunta=cores-nas-telas-de-monitores>. Acesso em: (18/12/2021).
- [3] SILVEIRA, F.L. Nem Toda a Cor Está no Espectro Visível! Como Pode ser Isso? Pergunte ao CREF, 2010. Disponível em: <https://cref.if.ufrgs.br/?contact-pergunta=nem-toda-a-cor-esta-no-espectro-visivel-como-pode-ser-isso>. Acesso em (18/12/2021).
- [4] SILVEIRA, F.L. Se as Cores Primárias São Três, Não Entendo os Sete Setores do Disco de Newton. Pergunte ao CREF, 2013. Disponível em: <https://cref.if.ufrgs.br/?contact-pergunta=se-as-cores-primarias-sao-tres-nao-entendo-os-sete-setores-do-disco-de-newton>. Acesso em: (18/10/2021).
- [5] Vieyra software. Color by Addition. Vieyra Software, data desconhecida. Disponível em: <https://docs.google.com/document/d/1FEem8L9ppOeFujmO4L3ecuJhskBAAfyczBBh4BziYsXk/edit>. Acesso em: (18/12/2021).

ROTEIRO PARA A PRÁTICA EXPERIMENTAL E QUESTIONÁRIO UTILIZADO PARA A AVALIAÇÃO DOS ESTUDANTES.

Esse roteiro é o que será usado na parte CONCLUSÃO do tópico 3. PROCEDIMENTOS. Lembre-se de que ele é apenas uma sugestão, portanto o conteúdo das questões bem como o número das mesmas pode ser alterado a vontade pelo professor.

Questão 1. Qual o princípio por trás da possibilidade de mistura de cores?

Questão 2. De acordo com os experimentos realizados quais são as cores resultantes das seguintes combinações?

(a) Azul + Vermelho =

(b) Vermelho + Verde =

(c) Azul + Verde =

Questão 3. Qual o significado de cores complementares?

Questão 4. Com base nas perguntas anteriores, quais as cores resultantes para as combinações entre:

(a) Magenta + Verde =

(b) Azul + Amarelo =

(c) Ciano + Vermelho =

APÊNDICE B – PLANO DE AULA 2

IDENTIFICAÇÃO

TEMA: Potencial Hidrogeniônico	ASSUNTO: pH, escala de pH e utilização da tira universal de pH.	AULA EM NÍVEL DE: 9º Ano - Fundamental
DATA:	HORÁRIO/DURAÇÃO: Duas aulas de 45min. cada (90 minutos ao todo).	PROFESSOR: Carlos Breno Moura Gomes

PLANO

OBJETIVOS:	CONTEÚDO PROGRAMÁTICO	RECURSOS
Compreender de onde vem, o que é e para quê serve uma escala de pH e sua metodologia de classificação por cores. Além disso, entender a motivação e como se utiliza uma tira de pH pré-fabricada.	<ul style="list-style-type: none"> – Conceito de Potencial Hidrogeniônico; – Escala numérica de pH; – Classificação por cores; – Fita medidora de pH. 	<ul style="list-style-type: none"> – Pincel; – Lousa; – Copo Descartável (quantidade igual ao número de soluções utilizadas pelo professor); – Copo de Vidro caso utilize ácidos fortes como o HCl.

PROCEDIMENTOS (Duas aulas de 45 minutos cada)

INTRODUÇÃO:	DESENVOLVIMENTO:	CONCLUSÃO:
<p>Inicialmente uma aula expositiva/dialogada sobre os conceitos teóricos como o pH, acidez e basicidade e escala numérica para esses elementos.</p>	<p>Argumentar a existência de outro modo, mais usual, de classificar a acidez e a basicidades das substâncias e apresentar as fitas de medição de pH. Para isso, recomendamos a utilização de pelo menos duas substâncias conhecidas opostas (uma ácida e outra básica) visando uma melhor análise comparativa por parte dos alunos com o verso da embalagem onde se encontra a régua de comparação específica da régua utilizada.</p>	<p>Por fim, faz-se a experimentação com o suco do repolho roxo (previamente fabricado pelo professor). Para isso, o professor deve levar algumas substâncias (o número e as substâncias são trazidas no apêndice deste plano de aula) a fim de realizar as misturas com o suco de repolho em sala de aula utilizando os copos plásticos. Inicialmente colocam-se quantidades iguais de suco de repolho em diferentes copos plásticos que serão dispostos sobre uma mesa e em seguida colocam-se as substâncias que deseja-se classificar em ácida ou básica. Para cada uma delas a cor do suco de repolho vai mudar. Em algumas misturas as cores para diferentes substâncias terão a mesma coloração mas com tonalidades diferentes e isso será usado como motivação para a criação de uma régua mais precisa (aula 3).</p>

AVALIAÇÃO NA APRENDIZAGEM

Participação na aula, presença, interação nas perguntas sobre as quais possíveis tendências de coloração.

INDICAÇÕES BIBLIOGRÁFICAS

- [1] COMPLETA, Química. REPOLHO ROXO INDICADOR DE PH (TESTANDO MATEIRAIS DE CASA) Prof. Cláudio Perdigão. Youtube. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=6XEdYA2CIst> t=94s. Acesso em 09/01/2022.
- [2] BROWN, Theodore L. et al. Química: a ciência central. 12ª Edição. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.
- [3] Autor Desconhecido. Como funciona o indicador de pH a base de repolho roxo? Saber Atualizado, 2020. Disponível em: <https://www.saberatualizado.com.br/2019/11/como-funciona-o-indicador-de-ph-base-de.html> Acesso em (19/01/2022).

APÊNDICE C – PLANO DE AULA 3

PLANO DE AULA

IDENTIFICAÇÃO

TEMA: Relação entre concentração e pH.	ASSUNTO: pH, Escala de pH, concentração, cores.	AULA EM NÍVEL DE: 9º Ano - Fundamental
DATA:	HORÁRIO/DURAÇÃO: 45 minutos	PROFESSOR: Carlos Breno Moura Gomes

PLANO

OBJETIVOS:	CONTEÚDO PROGRAMÁTICO	RECURSOS
Refinar a escala de potencial hidrogeniônico construída na aula anterior (aula 2) agora conseguindo diferenciar entre soluções mais ou menos concentradas.	<ul style="list-style-type: none"> – Escala de pH; – Concentração; – O método Científico; – Proporcionalidade; – Medidas; – Régua de pH baseada na concentração. 	<ul style="list-style-type: none"> – Embalagens de 500ml de Vinagre de Álcool marca qualquer; – Medidor de volume para líquidos; – Copos plásticos de 300ml. – Smartphones com o aplicativo de Physics Toolbox; – Computador ou notebook.

PROCEDIMENTOS (Duas aulas de 45 minutos cada)

INTRODUÇÃO:	DESENVOLVIMENTO:	CONCLUSÃO:
<p>O professor, partindo da ideia da limitação da escala de pH com o suco de repolho irá sugerir e fomentar a seguinte ideia: teria como melhorar esse nosso modelo explicativo? Salientando que isso faz parte do método científico. Tal regimento do fazer científico indica que na ausência de um modelo mais abrangente e completo para a explicação de determinado fenômeno surge a necessidade de cria-lo.</p>	<p>Nesse momento serão recuperados resultados anteriores de concentração de ácido da aula 2 e lançar a seguinte pergunta: a concentração de ácido na solução influencia a cor da mistura do mesmo com o repolho roxo? Em seguida o professor proporá a criação de uma segunda régua de pH agora baseada na concentração de determinada solução, separando os alunos em grupos de alunos. O número de pessoas em cada grupo estará sujeito à disposição de alunos na classe (sugerimos grupos de 3 alunos, cada). Aqui, utilizamos o vinagre de álcool pela facilidade de manipulação e de obtenção. Adicionando-se determinada quantidade do vinagre em um número pré-determinado de copos (aqui usaremos cinco). Em cada um colocaremos uma quantidade proporcional e variável de água a fim de dissolver o vinagre em meio aquoso, variando assim seu pH para em seguida colocarmos quantidades iguais do extrato de repolho roxo e verificarmos a mudança de tonalidade de um copo para outro.</p>	<p>Cada aluno, dotado de suas próprias proporções entre vinagre e água fará sua própria régua de concentração. É interessante que o professor incentive a divisão de tarefas, um aluno para realizar as proporções, outro para realizar as detecções de cores com o smartphome e outro para registrar os códigos das colorações. Ao fim da atividade o professor coletará os dados das régua e criará uma régua de base para toda a classe, considerando os resultados (códigos de cores) que mais se repetiram ao longo de toda a classe. É interessante que nenhuma régua de nenhum grupo não seja levada em consideração. Para isso o professor pode argumentar que os desvios do padrão criado ao fim podem ter sido conseguidos devido aos erros de medida no momento da realização das proporções e que isso não é invalidado pelo método científico já que toda medida tem erro.</p>

AVALIAÇÃO NA APRENDIZAGEM

Realização da atividade em grupo, a divisão de tarefas, a compreensão do experimento pela turma.

INDICAÇÕES BIBLIOGRÁFICAS

- [1] HEWITT, P. G. Física conceitual. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- [2] Instituto de Matemática Pura e Aplicada. PAPMEN – Julho de 2015, Data Desconhecida. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=QpN5LCEk1HY>
t=256s. Acesso em: 22/01/2022.
- [3] COMPLETA, Química. REPOLHO ROXO INDICADOR DE PH (TESTANDO MATERIAIS DE CASA) Prof. Cláudio Perdigão. Youtube. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=6XEdYA_zCI8
t=94s. Acesso em 09/01/2022.
- [4] BENGTTSSON, D. et al. How Deep is Your Blue? – Coloured Chemistry with Smartphones. Smartphones in Science Teaching, Germany, iStage nº2, páginas 20-24, data desconhecida.