



TÍTULO DO PROGRAMA

Newton e Nightingale

Série: A Beleza dos Diagramas

SINOPSE DO PROGRAMA

O documentário Newton e Nightingale, episódio da série A Beleza dos Diagramas, revela como dois personagens históricos transpuseram suas teorias para diagramas que mudaram a História: o primeiro, de Isaac Newton, esclareceu a natureza da luz; o segundo, da enfermeira Florence Nightingale, mostrou que era possível salvar vidas em hospitais aplicando cuidados sanitários básicos. No programa Sala de Professor, os convidados propõem atividades que vão da discussão sobre os conceitos básicos para a elaboração de diagramas e gráficos à reprodução do Experimentum Crucis de Isaac Newton, um experimento muito conhecido, muito discutido nos livros didáticos, mas raramente realizado nas escolas.

CONSULTORES

Otto Henrique Martins da Silva – Física

Lilio A. Paoliello Jr. – Matemática

TÍTULO DO PROJETO

À luz da Matemática

❖ APRESENTAÇÃO

Diagrama é uma potente ferramenta para auxiliar na leitura do mundo. Especialmente na Matemática, que trabalha com uma linguagem precisa e bastante específica, os diagramas podem representar a síntese, as relações e a decodificação. A proposta de Matemática será discutir os diferentes tipos de diagramas. O fenômeno da dispersão da luz é um dos mais importantes na história da Física e é simbolicamente representado pelo diagrama desenhado por Isaac Newton, no século XVII, do *Experimentum crucis*, e um dos temas deste



documentário. A compreensão desse fenômeno se dá pelo conceito da refração luminosa que é amplamente abordado no documentário e da Teoria das Cores elaborada por Newton – objeto de estudo desta proposta de aula.

O trabalho em sala de aula e o Enem

Nesta proposta, trabalhamos com alguns dos conteúdos disciplinares (objetos do conhecimento) listados na Matriz de Referência para o Enem 2013 e com o desenvolvimento das seguintes competências e habilidades:

Física

Conteúdo: Dispersão da luz e conceitos de cores e da luz branca

Competência e habilidade: Área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Competência de área 6: H21

Matemática

Conteúdo: Estatística, probabilidades e análise combinatória

Competência e habilidade: Matemática e suas tecnologias

Competência de área 4: H17 e H18

Competência de área 6: H24 e H26

Competência de área 7: H27, H28 e H29

Para obter a Matriz de Referência para o Enem, acesse o Anexo II do edital, disponível em:



<http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/edital/2013/edital-enem-2013.pdf>.

Acesso em: 17 jul. 2014.

❖ UM OLHAR PARA O DOCUMENTÁRIO A PARTIR DA FÍSICA

Esta atividade pode ser realizada com turmas do 2º ano do Ensino Médio e consiste na realização e discussão do fenômeno da dispersão da luz branca realizado por prismas ou rede de difração, obtida de CD com a parte espelhada retirada. Esse fenômeno consiste na refração da luz, quando ela passa por meios diferentes e ocorre a separação das cores.

A atividade deve ser iniciada com a exibição do documentário (após uma breve explicação) e a apresentação do diagrama do experimento realizado por Newton, conhecido como *Experimentum Crucis*. Os alunos deverão interpretar o esquema desenhado por Newton, descrevendo cada elemento que aparece no desenho e explicando a sua função.

Na sequência, sugere-se a realização do experimento com os prismas ópticos e a fonte de luz, num ambiente com pouca luminosidade e espaços suficientes para as projeções da luz no anteparo. Também, durante a montagem do experimento é preciso verificar as posições e orientações em que os prismas produzem melhor o efeito da dispersão luminosa, inclusive aquela em que ocorre o desvio mínimo da luz.

Para a realização das discussões, considere o texto **Sobre a Teoria das Cores de Newton** apresentado a seguir que subsidiará as discussões realizadas sobre as cores da luz e o fenômeno da dispersão luminosa. Durante a realização do experimento, proponha algumas questões com o objetivo de problematizar a



concepção sobre as cores da luz e o efeito produzido pelo experimento. Como sugestão às questões seguem alguns exemplos:

- Qual a cor da luz antes de incidir sobre o prisma?
- O que produz as cores da luz quando a mesma atravessa o prisma?
- Como isso deve ocorrer?
- Que cores aparecem no anteparo quando a luz atravessa o prisma?
- É possível reconstituir novamente a luz após a sua separação?
- Qual a sua explicação para as cores da luz?

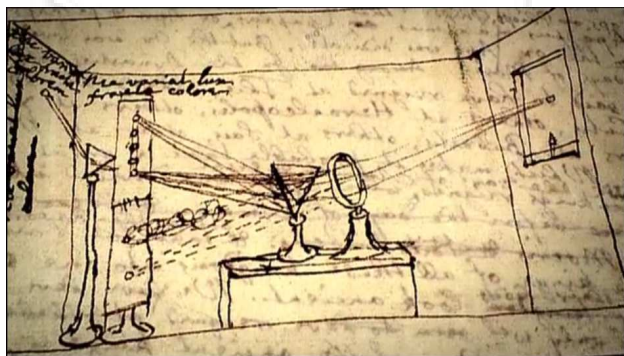
Sobre a Teoria das Cores de Newton

O fenômeno da dispersão da luz foi cabalmente explicado por Isaac Newton no trabalho publicado em 1672 na revista da *Royal Society*, em Londres. Outros filósofos como René Descartes, Robert Boyle, Francesco Maria Grimaldi e Robert Hooke desenvolveram estudos qualitativos sem detalhamento matemático e geométrico e não levaram à explicação atualmente aceita para o fenômeno da dispersão da luz. (MARTINS e SILVA, 1996, p. 313). Ainda, pode-se destacar que a concepção sobre a luz e as cores na época tomava como pressuposto que as cores eram produzidas pelo prisma, quando a luz o atravessava. Essa concepção foi apresentada por Hooke em sua obra *Micrographia* que “defendia que a luz branca era um tipo simples de vibração não periódica e a luz colorida era uma modificação adquirida da luz branca ao ser refratada obliquamente (HOOKE, 1961)”. (MARTINS e SILVA, 2003, p. 60). Contudo, a hipótese de Newton consistia em considerar a luz branca como uma mistura heterogênea de raios de todas as cores. E, a partir dessa hipótese, Newton conseguiu mostrar que não era o prisma que produzia as cores luminosas, mas que as cores eram inerentes à própria luz e que a luz branca era constituída de outras cores básicas.

Newton formulou a teoria das cores a partir de vários experimentos e realizou o *Experimentum crucis* que teve como ponto principal descobrir se as cores poderiam, ou não, ser transformadas e criadas. (MARTINS e SILVA, 2003).



Este experimento foi realizado em *Woolsthorpe*, quando Newton teve de fugir de Londres por causa de uma praga que atingiu a Inglaterra entre 1665 e 1666.



Esse período na vida do cientista ficou conhecido como *anni mirabiles* devido à grande produção desenvolvida por ele, em matemática, mecânica, gravitação e os trabalhos em óptica. O experimento foi desenhado por Newton (ver figura a seguir) em suas anotações

e corresponde a um dos diagramas discutido no documentário.

A sua montagem foi descrita no trabalho publicado em 1672, onde diz:

tomei duas pranchas e coloquei uma delas perto da janela e atrás do prisma de tal forma que a luz pudesse passar através de um pequeno buraco feito nela para esse propósito, e incidir na outra prancha, a qual coloquei uma distância de cerca de 12 pés, tendo primeiro feito um pequeno buraco nela também, para um pouco da luz Incidente passar através dele. Então eu coloquei outro prisma atrás dessa segunda prancha, de tal modo que a luz que atravessou ambos os anteparos pudesse passar através dele também e ser novamente refratada antes de atingir a parede. (NEWTON *apud* MARTINS e SILVA, 1996, p. 318).

Após um profícuo estudo e vários experimentos realizados, Newton foi capaz de elaborar algumas proposições sobre a luz e suas cores, dentre as quais destacamos:

1. Como os Raios de luz diferem em graus de Refrangibilidade, eles também diferem em sua disposição para exibir essa ou aquela cor particular¹. Cores não são Qualificações da Luz derivadas de Refrações ou Reflexões dos Corpos naturais (como é geralmente acreditado), mas *propriedades Originais e inatas* que são diferentes nos diversos casos.
2. Ao mesmo grau de Refrangibilidade sempre pertence a mesma cor e à mesma cor sempre pertence o mesmo grau de Refrangibilidade [para cores simples ou puras]. Os

¹ Aqui Newton propõe a relação ente cores e índice de refração. [...] somente existe uma relação entre cor e índice de refração para as *cores simples*. A distinção entre cores simples e composta, que é nova e essencial na teoria de Newton, aparece apenas na proposição 5. (MARTINS e SILVA, 1996, p. 320).



- Raios *menos Refrangíveis* são todos dispostos a exibir uma cor *vermelha*, [...]. Da mesma forma os Raios *mais Refrangíveis* são todos dispostos exibir uma *Cor Violeta* profunda [...].
3. A espécie de cor e o grau de Refrangibilidade próprio de qualquer tipo particular de Raio não são mutáveis pela Refração, pela Reflexão de corpos naturais nem por qualquer outra causa que pude observar até agora.
[...]
 5. Há, portanto, dois tipos de Cores: um original e simples, o outro composto dessa. As cores originais ou primárias são *Vermelha*, *Amarelo*, *Verde*, *Azul* e um *Púrpura-violeta*, junto com *Laranja*, *Índigo* e uma variedade indefinida de gradações Intermediárias.
[...]
 7. Mas a composição mais surpreendente e maravilhosa foi aquela da *Brancura*. Não há nenhum tipo de Raio que sozinho possa exibi-la. Ela é sempre composta, e para sua composição são necessárias todas as Cores primárias citadas anteriormente misturadas numa proporção devida.²
[...]
 13. Poderia adicionar mais exemplos dessa natureza, mas concluirei com essa geral, que as Cores dos Corpos naturais não têm outra origem senão esta: que eles são variadamente qualificados a refletir um tipo de luz em maior quantidade que outros. E isso experimentei em um Quarto escuro, iluminando esses corpos com luz não composta de diversas cores. Por esse meio pode-se fazer qualquer corpo aparecer de qualquer cor. Eles não têm cor própria, mas sempre aparece da cor da luz lançada sobre eles, mas, no entanto, com essa diferença. (NEWTON *apud* MARTINS e SILVA, 1996, p. 320).

Sugerimos que o professor apresente aos alunos essas proposições de Newton com o objetivo de discutir o processo de construção do conhecimento, além de uma maneira própria para introdução de alguns dos conceitos ópticos como o índice de refração. Essa abordagem pode ser iniciada pela execução do próprio experimento de separação e a recomposição das cores.

A seguir relaciona-se a lista dos materiais para o experimento e as etapas da atividade, com o seguinte encaminhamento para a avaliação: a avaliação deve

²² “Não é verdade que sejam necessárias *todas* as cores do espectro para produzir o branco. Huygens discutiu esse ponto com Newton em duas cartas (COHEN & SCHOFIELD, 1978, p. 136-47)” (MARTINS e SILVA, 1996, p. 322).



contemplar as etapas da atividade: exibição do documentário, interpretação do diagrama e participação no experimento e nas discussões. Sobre esses aspectos espera-se que o aluno:

- Conheça as questões históricas e concepções sobre as cores da luz na história da ciência.
- Compreenda o fenômeno físico da refração e separação da luz.
- Entenda a formação da luz branca em relação às cores básicas.

Material

- Dois prismas ópticos triangulares;
- Uma fonte de luz – lâmpada pequena (< 10 W);
- Fendas (para selecionar feixes de luz);
- Duas lentes convergentes.

Etapas

- Apresentação do documentário;
- Interpretação do diagrama pelos alunos;
- Realização do experimento;
- Discussão das questões sobre as concepções e a refração da luz.

Veja mais... (Acessos em: 12 jul. 2014)

- <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=32031>> - Experimento virtual para determinação do índice de refração.
- <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaColecao.html?id=505>> - Seleção de diversos materiais sobre luz e cores.

❖ UM OLHAR PARA O DOCUMENTÁRIO A PARTIR DA MATEMÁTICA

O objetivo da proposta é discutir os diversos tipos de diagramas e seus usos na Matemática como instrumentos para a resolução de problemas. Um **diagrama** é uma representação visual estruturada e simplificada de um determinado conceito, ideia etc. Do Diagrama da Rosa ao gráfico “de pizza” (por setores), do diagrama de Venn aos mapas conceituais, da árvore de possibilidades ao fluxograma de resolução de uma equação. Um bom momento para tratar de assuntos áridos, tais como análise combinatória, de uma forma mais leve e interessante.



Após a exibição do documentário o professor pode problematizar a questão do uso de diagramas, partindo do dito popular “a estatística não mente, os estatísticos mentem ou falam a verdade ou justificam a realidade”. Alguns pontos observados no vídeo podem concretizar a discussão:

- Por que Florence escolheu fazer o diagrama da Rosa e não um gráfico por setores ou gráfico cartesiano?
- Em quê o diagrama de Rosa se assemelha a um gráfico que você conhece?
- Qual foi a contribuição de Florence para a resolução do problema que ela enfrentava em seu trabalho como enfermeira?

Promova uma roda de conversa para discutir as hipóteses dos alunos. As expectativas que se pode ter nesse momento são:

- O diagrama de Rosa tem uma leitura mais fácil, não há necessidade de se ter conhecimentos matemáticos específicos.
- Esse tipo de gráfico chama a atenção do leitor para as informações que se deseja comunicar.
- O diagrama de Rosa tem uma construção mais fácil do que o gráfico cartesiano ou por setores. Embora sejam semelhantes em seus aspectos, para construir um gráfico por setores, teríamos que estabelecer uma relação entre os meses em que ocorreu o fenômeno e a abertura do ângulo do setor que os representariam.

Construindo um diagrama como a da enfermeira Florence, temos cálculos mais fáceis, visto que cada mês foi representado em um setor (pétala da rosa):

$$360^\circ : 12 = 30^\circ \text{ para cada mês}$$

Além disso, ela representou cada quantidade relativa ao fenômeno estudado por uma pétala de tamanho diferente, utilizando medida de comprimento linear.

Se construísse um gráfico por setores, teria que calcular a relação entre o número de doentes mortos por ferimentos, por endemias ou doenças contagiosas

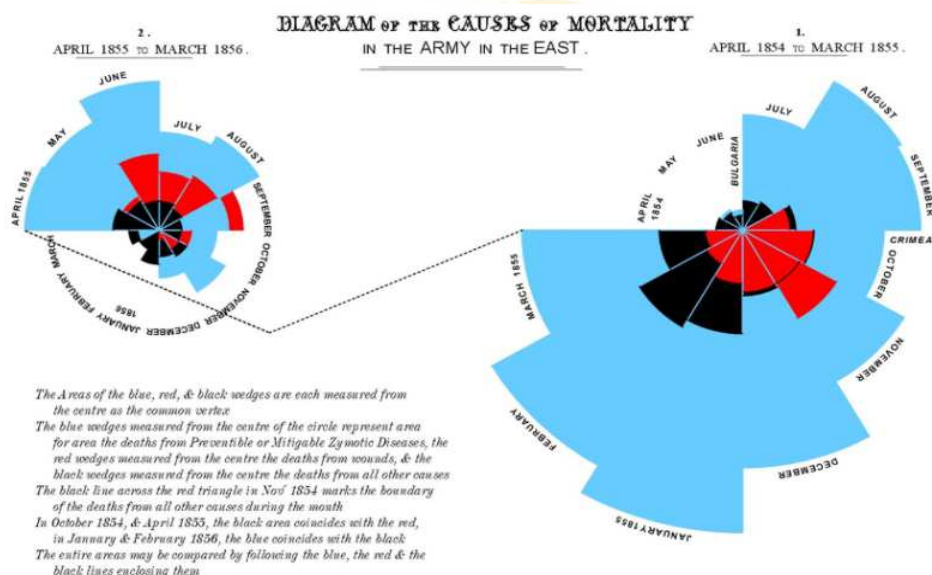


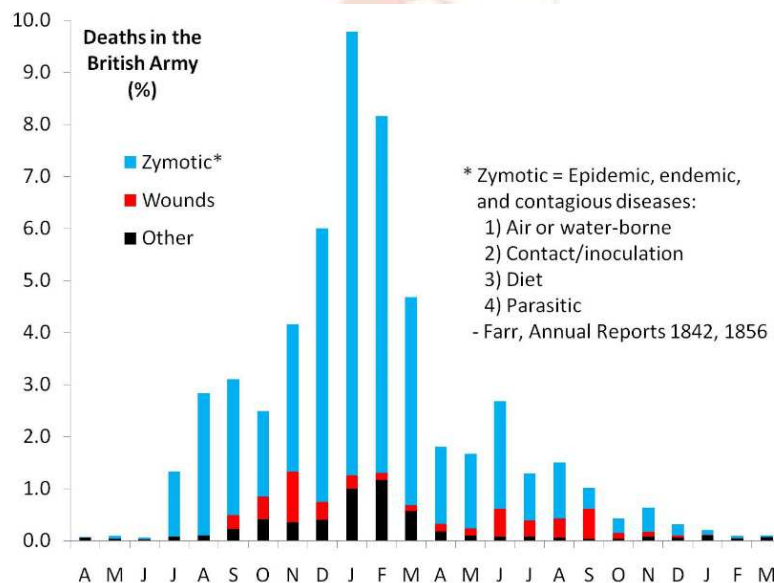
ou outras. Poderia também ser um gráfico para tipo de morte, mas os cálculos seriam mais difíceis e os ângulos relativos a cada setor teriam medidas não exatas.

O grande achado de Florence foi elaborar um diagrama em que pudesse ser observado com facilidade o ponto crucial da questão: morriam mais pessoas infectadas por doenças cujo contágio aconteceu no hospital do que por decorrência do próprio ferimento de guerra. Essa constatação mobilizou autoridades da época para o fato que ela tentava evidenciar. Foi preponderante para sensibilizar as autoridades sanitárias da região em que ela trabalhava.

Em seguida, proponha aos alunos para construírem os gráficos de Florence de outra forma. Cada grupo de alunos pode escolher um tipo diferente: por colunas, por barras, por linha ou por setores.

Para comparação, a seguir apresentamos o diagrama da Rosa e o respectivo gráfico de colunas obtido com os mesmos dados da Florence. Em inglês, eles estão disponíveis em: <<http://www.economist.com/node/10278643>>. Acesso em: 12 jul. 2014.





Os alunos podem elaborar gráficos com dados reais a partir de uma pesquisa na escola ou na cidade sobre assuntos relevantes.

Dê especial atenção à construção do gráfico de Rosa. Oriente os alunos para verificarem a relação entre a quantidade de dados (ou de classes de dados) a serem representados e as variáveis relativas à pesquisa que devem ser representadas de forma linear nas pétalas da rosa, de maneira proporcional à quantidade representada. Por exemplo, suponha que deseja-se representar o número de alunos por classe de uma escola. Se essa escola tiver 40 salas de aula, o total do círculo deverá ser dividido entre elas, ou seja:

$$360^\circ : 40 = 9^\circ$$

Ou seja, 9° será a abertura de cada pétala da rosa.

Se uma classe tiver 45 alunos, esse valor deverá ser representado pelo comprimento da pétala. Assim, tomando 10 cm para representar a quantidade de 100 alunos, o comprimento da pétala referente a essa classe deverá ter 4,5 cm.

Vamos supor que outra informação pesquisa fosse o sexo dos alunos de cada classe e que uma dada classe tivesse 25 homens e 20 mulheres. A representação desses dados seriam 2,5 cm para os homens e 2 cm para as mulheres marcados dentro da mesma pétala da classe.



Se houver possibilidade, oriente para que seus alunos façam os gráficos utilizando um aplicativo, tal como *Excell*, do pacote *Microsoft Office* ou outros livres.

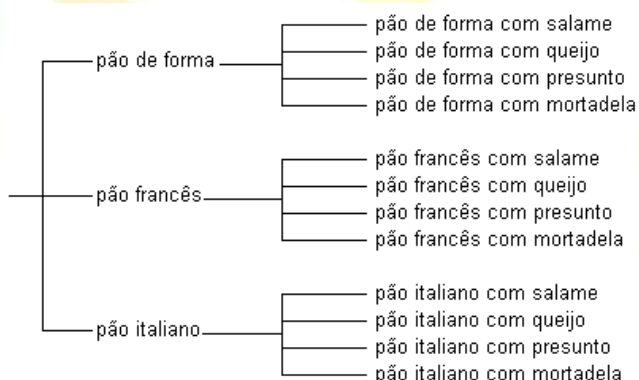
Outro desdobramento dessa atividade é discutir a questão do diagrama como instrumento da modelagem em matemática. A modelação permite a discussão sobre a simulação de sistemas reais a fim de prever o comportamento dos mesmos e consiste na arte (ou tentativa) de se descrever matematicamente um fenômeno.

Embora atualmente não é mais comum trabalhar com Teoria de Conjuntos no Ensino Médio, muitos problemas de quantificação podem ser modelados com o auxílio de diagramas de Venn. Sugerimos que o professor faça um ou dois exercícios utilizando esse diagrama.

Alguns problemas de probabilidade podem ser resolvidos por meio de outro tipo de diagrama: a árvore de possibilidades. Acompanhe:

Os sanduíches da padaria Regência são famosos no bairro. O freguês pode escolher entre três tipos de pão: pão de forma, pão francês ou pão italiano. Para o recheio há quatro opções: salame, queijo, presunto ou mortadela. Qual a probabilidade de um cliente escolher um sanduíche de presunto, no pão francês?

Vejamos como o problema pode ser resolvido. Para *todas* as combinações possíveis, precisamos pensar de maneira organizada.



Pelo diagrama podemos observar que há 12 possibilidades de sanduíches, e 1 possibilidade para o sanduíche de presunto no pão francês.



$$P(fp) = 1/12 = 8\% \text{ aproximadamente}$$

Material

- Vídeo;
- Aplicativo para construção de gráfico;
- Lista de problemas de quantificação com aplicação de diagrama de Venn;
- Lista de problemas de probabilidade com árvore de possibilidades.

Etapas

- Apresentação do conceito de diagrama;
- Apresentação das questões problematizadoras para o documentário;
- Roda de conversa para discussão das hipóteses dos alunos;
- Construção de gráficos com os dados do diagrama de Rosa;
- Pesquisa local;
- Elaboração de gráficos da pesquisa local;
- Apresentação e resolução de problemas de quantificação com a aplicação de diagramas de Venn;
- Apresentação e resolução de problemas de probabilidade com a aplicação de árvore de possibilidade.

Veja mais... (Acesso em: 12 jul. 2014)

- <<http://users.libero.it/prof.lazzarini/EffeDiX/>>. - Aplicativo para construção de gráficos de funções elementares.

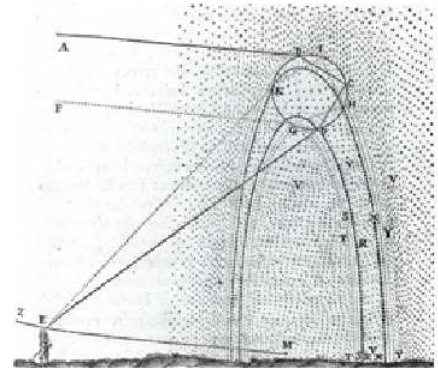


Diagrama da formação do arco-íris de Descartes.

❖ UMA CONVERSA ENTRE AS DISCIPLINAS

Nessa etapa sugerimos aos professores discutirem outros diagramas significativos da História da Ciência e que ainda são utilizados como importantes recursos no ensino das Ciências da Natureza e da Matemática. Dentre estes podemos destacar o diagrama de Linus Pauling, que representa a distribuição eletrônica nos átomos.

Um diagrama importante que contribuiu para a compreensão do fenômeno do arco-íris foi o diagrama de Descartes, que também formulou uma lei que fornece os ângulos em que os raios luminosos são refratados quando ocorre a refração.

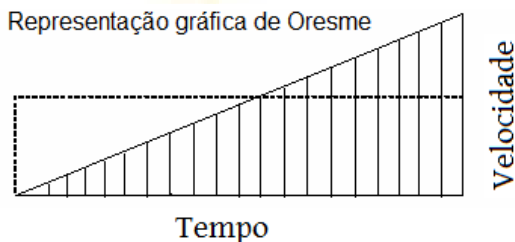
No entanto, há um diagrama formulado por um pensador do século XIV, chamado Nicole Oresme, que teve uma grande importância para a Física e a Matemática. Na Física, esse diagrama possibilitou uma representação gráfica da velocidade e tempo para o movimento uniformemente variado – que já era objeto



de estudo dos pensadores do Merton College, em Oxford, no século XIV – e uma técnica que ficou conhecida como a Regra de Merton que, numa linguagem atual, afirma: “O espaço percorrido por um corpo animado de velocidade uniformemente variada desde o tempo $t = 0$ até um instante t é igual ao espaço percorrido no mesmo tempo por um móvel com velocidade instantânea igual à velocidade média do primeiro.” (BAPTISTA e FERRACIOLI, 1999, p. 194). Essa regra corresponde a uma forma para o cálculo do espaço percorrido por um móvel com velocidade uniformemente variável (pois na época não havia ainda as equações dos movimentos uniforme e uniformemente variado) e foram importantes para que Galileu Galilei desenvolvesse seus estudos sobre os movimentos dos corpos.

Na Matemática, esse trabalho de Oresme pode ser considerado a primeira representação gráfica conhecida como a latitude das formas. Em seu diagrama, Oresme traçou o gráfico da velocidade-tempo, marcando pontos ao longo de uma reta horizontal, representando o tempo (longitudes) e, para cada instante, traçou uma reta perpendicular cujos comprimentos representavam as velocidades (latitude). (BOYER, p. 192, 1974). Essa construção resulta num triângulo retângulo, cuja representação fazemos na figura abaixo.

Representação gráfica de Oresme



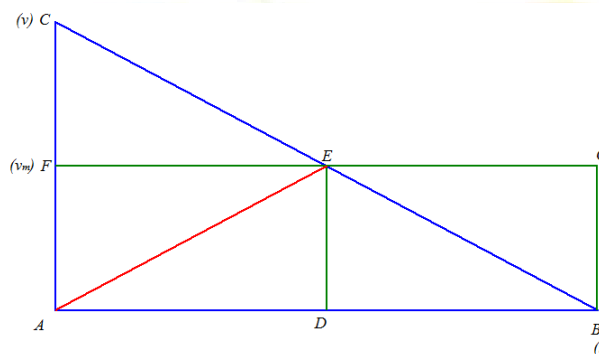
Segundo Boyer, esse diagrama é uma expressão da lei do movimento de um movimento uniformemente variado, isto é, com aceleração constante, como a queda sob ação da gravidade:

Do diagrama geométrico resulta claramente que a área na primeira metade do intervalo de tempo está para a área da segunda metade na razão de 1 para 3. Se subdividirmos o tempo em três partes iguais as distâncias cobertas (dadas pelas áreas) estão na razão 1:3:5. Para quatro partes iguais, as distâncias estão na razão 1:3:5:7. De modo geral,



como Galileu mais tarde observou, as distâncias estão entre si como os números ímpares; e como a soma dos n primeiros números ímpares consecutivos é o quadrado de n , a distância total percorrida varia como o quadrado do tempo, a familiar lei de Galileu para os corpos que caem. (BOYER, p. 193, 1974).

Oresme também realizou a demonstração matemática da regra de Merton ao comprovar que a área do diagrama da velocidade *versus* o tempo – que representava o movimento com velocidade uniformemente variável – é igual à área correspondente da velocidade *versus* tempo para o movimento com velocidade constante (movimento uniforme). Essa demonstração pode ser obtida a partir da figura abaixo, onde temos o triângulo ABC e o retângulo ABGF, sendo v a velocidade final do movimento uniformemente variado; e v_m a velocidade média (ou simplesmente velocidade) do movimento uniforme. Neste caso, estamos considerando que a velocidade inicial (v_0) é zero, ou seja, o móvel partiu do repouso.



Portanto, devemos provar que a área do triângulo ABC é igual à área do retângulo ABGF.

Para isso devemos assumir que $v_m = \frac{v+v_0}{2} \Rightarrow v_m = \frac{v}{2}$, pois $v_0 = 0$.

Para a área do triângulo ABC, temos que: $A_t = \frac{1}{2} \overline{AB} \times \overline{AC}$, onde $\overline{AB} = t$ e $\overline{AC} = v$; logo $A_t = \frac{tv}{2}$, mas $v = 2v_m \Rightarrow A_t = \frac{t \cdot 2v_m}{2} \Rightarrow A_t = t \cdot v_m$.

Como a área do retângulo é dada por $A_r = \overline{AF} \times \overline{AB}$; $\overline{AF} = v_m$ e $\overline{AB} = t$, temos que: $A_r = t \cdot v_m$ – que corresponde ao mesmo valor da área do triângulo ABC.



Essas explicações podem ser sintetizadas em uma montagem audiovisual que deve ser produzida pelos alunos. A ideia é que eles se coloquem na posição de Oresme e que construam um diagrama, mas com os atuais recursos digitais. Por exemplo, o diagrama a ser produzido pode ter características de infográfico, gênero textual bastante utilizado pela mídia atualmente. Infográficos são quadros informativos que misturam texto e ilustração para transmitir visualmente uma informação. Em vez de contar, o infográfico mostra a informação como ela é, com detalhes mais relevantes e forte apelo visual.

Os infográficos são de grande atrativo para a leitura, facilitam a compreensão do texto e oferecem uma noção mais rápida e clara dos sujeitos, do tempo e do espaço das informações.

Nesse tipo de diagrama, tudo pode ser explicado, esclarecido e detalhado - de forma sintética, em linguagem coloquial e direta. O mesmo vale para a organização visual; tudo o que puder ser dito sob a forma de quadro, mapa, gráfico, ilustrações ou tabela não deve ser dito sob a forma de texto.

Comece a atividade com uma pesquisa sobre infográficos disponíveis na mídia. Em parceria entre os dois professores, promova uma roda de conversa sobre as principais características dos exemplos coletados. Faça uma lista coletiva com essas características.

Em seguida, liste com a classe, os passos de Oresme e as explicações que devem ser apresentadas no infográfico.

Pesquise os aplicativos disponíveis na rede que poderão facilitar o trabalho de composição do diagrama. Organize a classe em grupos de 5 alunos, no máximo, para realizar a atividade de composição do infográfico. Oriente-os para que façam esboços em papel, utilizando barbantes para indicar conexões hipertextuais. Se a escola não possuir equipamentos de informática, a atividade poderá ser feita em papel cartolina ou papel *kraft*.



Material

- Exemplos de infográficos pesquisados em jornais, revistas, *sites*;
- Aplicativos gráficos para montagem de infográfico;
- Material para esboço do infográfico em papel: lápis, régua, cartolina, papel *kraft*, canetas, cola, recortes de revistas e jornais;
- Equipamentos de informática para criação e apresentação do infográfico.

Etapas

- Apresentação do trabalho de Oresme;
- Explicações sobre o fenômeno físico observado;
- Explicações matemáticas do estudo de Oresme;
- Pesquisa sobre infográficos;
- Montagem e apresentação do(s) infográfico(s) criado(s) pela classe.

❖ BIBLIOGRAFIA, SUGESTÕES DE LEITURA E OUTROS RECURSOS

Livros e Revistas

SILVA, Cibelle Celestino e MARTINS, Roberto de Andrade. A teoria das cores de Newton: um exemplo do uso da história da Ciência em sala de aula. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 1, p. 53-65, 2003.

_____. A “Nova Teoria sobre Luz e Cores” de Isaac Newton: uma tradução comentada. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. V. 18, n. 4, p. 313-327, 1996.

Sites e Outros recursos (Acessos em: 12 jul. 2014)

Seara da Ciência: a refração da luz. Disponível em:
<<http://www.searadaciencia.ufc.br/tintim/fisica/refracao/tintim10.htm>>.

E-física: Óptica. Disponível em: <<http://efisica.if.usp.br/optica/basico/>>.

General Physics Java Applets Disponível em:
<<http://surendranath.tripod.com/Applets.html>>.

Phet: color Vision. Disponível em: <<http://phet.colorado.edu/en/simulation/color-vision>>. Acesso em: 11/10/2013.

YouTube: Decomposição da luz: Disponível em :
<<https://www.youtube.com/watch?v=VmkglWBGNYw>>.