

A Física e a Música no Barroco¹

The Physics and the Music in the Baroque

Maria Lúcia Netto Grillo, IF/UERJ, mluciag@uerj.br;

Luiz Roberto Perez Lisbôa Baptista, IF/UERJ, maestroluizroberto@ig.com.br;

Ricardo Pereira Martins, IFCH/UERJ, rico_byroniano@yahoo.com.br;

Natasha Gasparelli Penha Brasil, IF/UERJ, tatty_bbf@hotmail.com

Resumo

Para entendermos nossa situação atual, em todos os seus aspectos, tudo que nos envolve em termos de tecnologia, ciências, hábitos, músicas, etc, faz-se necessário olhar para a história passada. É indubitável que o que vivemos e pensamos hoje é consequência de tudo que já vivemos: isso ocorre em termos individuais e sociais. Uma das formas de conhecermos uma cultura, uma sociedade, a ciência desenvolvida por ela, é através de suas músicas e da história passada e recente. A maioria dos estudantes, principalmente do nível médio, consideram a Física como uma disciplina difícil e sem relação com o cotidiano. Através do ensino contextualizado pela História, e relacionando a Física com a Música, podemos motivar os alunos e levá-los a entender melhor o conteúdo programático. Propomos neste trabalho a aplicação do enfoque CTS no ensino de Física, através da utilização das Histórias da Música e da Física no período Barroco (séc. XVII).

Palavras-chave: física, música, história, barroco

Abstract

To understand our present situation, in all the aspects, in terms of technologies, sciences, habits, musics, etc, it's necessary to look the past history. There's no doubt that all that we live and think today it's a consequence of all that we lived: and this occurs in social and individual terms. One of the ways that we can to know one culture, one society, the science developed for her, it's through the music and of the ancient and recent history. The majority of the students, especially of middle level, consider the physics as a difficult subject and without relation with the everyday. Through the contextualized teaching with the History, and joining the physics and music, we can induce the students and conduct to better understand the programmed contents. In this work we propose the application of the CTS focus in the physics teaching, through of the Music and Physics History in the baroque period (XVII century).

Key words: physics, music, history, baroque

Introdução

Uma grande dificuldade enfrentada por professores de Ciências e de Física, é a falta de motivação de seus alunos, para quem a disciplina parece muito distante do cotidiano. Uma

¹ Apoio FAPERJ

opção para contornar esse problema é a utilização de exemplos e atividades relacionadas com os interesses dos estudantes. Nesse sentido, a Música pode ser um importante aliado do professor na busca por motivação. Além disso, uma vez que a Música é normalmente apreciada pela maioria das pessoas, a relação entre a Música e a Física pode sempre ser facilmente utilizada, com qualquer tipo de público, para despertar o interesse pela Ciência e divulgar muitos de seus fundamentos. Além disso a contextualização histórica complementa a relação Física-Música, levando ao entendimento do contexto de uma determinada época e facilitando o entendimento do momento atual.

Usamos então o enfoque CTS, que entre outros, possui os seguintes objetivos: promover o interesse dos estudantes em relacionar a Ciência com aspectos tecnológicos e sociais, adquirir uma compreensão da natureza da Ciência e do trabalho científico, formar cidadãos científica e tecnologicamente alfabetizados capazes de tomar decisões informadas e desenvolver o pensamento crítico e a independência intelectual (AULER, D, 2007).

Os PCN (BRASIL, 1999) indicam como forma de dinamizar o ensino-aprendizagem, o uso da interdisciplinaridade para a compreensão e apreensão do conhecimento como construção histórico-social.

Ao longo de anos, a organização do trabalho escolar tem-se dado por meio das disciplinas, cujo enfoque preserva a identidade, a autonomia e os objetivos próprios de cada uma delas. Assentados sobre a base ético-política do projeto escolar, e sobre o princípio da interdisciplinaridade, acredita-se que o currículo, como dimensão especificamente epistemológica e metodológica deste projeto, pode mobilizar intensamente os alunos, assim como os diversos recursos didáticos disponíveis e/ou construídos coletivamente. Pressupomos com isto, a possibilidade de se dinamizar o processo ensino-aprendizagem numa perspectiva dialética, em que o conhecimento é compreendido e apreendido como construções histórico-sociais.

Conforme nos chama atenção Martins (2010): “É certo que a ciência se desenvolve lentamente por meio das contribuições de um grande número de pessoas, muitas das quais desconhecidas”. As descobertas são sempre consequência do trabalho de muitas pessoas. Aqueles chamados de gênios normalmente usam trabalhos anteriores e os aperfeiçoam. As novas teorias são estabelecidas lentamente, algumas levam cerca de 100 anos ou mais. Também na Música podemos ver ao longo da História a influência de antepassados sobre os estilos. Algumas poucas vezes há uma ruptura, surgindo assim um novo paradigma, nas Ciências e nas Artes. Todas as áreas do conhecimento são influenciadas umas pelas outras. As atividades humanas nunca são isoladas; isto pode ser constatado através do estudo da História e contribui para compreendermos o desenvolvimento do conhecimento atual.

No Brasil o primeiro grande compositor da música sacra é José Maurício Nunes Garcia (1767-1830), um pouco posterior do que é considerado como período barroco na Europa. Foram os padres jesuítas que trouxeram para o Brasil o estilo musical então em voga na Europa, que aos poucos foi sendo introduzido, principalmente através da Música Sacra.(CHAIM, 2006, p. 324). Também nas Ciências o Brasil teve seu desenvolvimento depois da Europa. Segundo Massarani e Moreira (2010), “A história da divulgação científica brasileira passou por um momento dos mais produtivos no início do século XX, especificamente na década de 1920”. Uma das atividades importantes dessa época foi a criação da Academia Brasileira de Ciências (ABC). Os fundadores foram Manoel Amoroso Costa (1885-1928), Henrique Morize (1870-1930), os irmãos Miguel e Alvaro Osório de Almeida [respectivamente, (1890-1953) e (1882-1952)] e Edgard Roquette-Pinto (1884-

1954), que buscaram traçar um caminho para a pesquisa básica e para a difusão mais ampla da Ciência no Brasil.

A Importância do Tempo Histórico e da História no Ensino de Física

No que se refere ao tempo existem duas dimensões às quais estamos inseridos, uma é a do tempo físico e a outra é a do tempo histórico. O tempo físico é definido como o do número dos movimentos naturais e “nesses movimentos há uma abolição da diferença entre passado/presente e futuro. O ser que está no início do movimento é o mesmo que se encontra no seu final: não há esquecimento das condições iniciais.” (REIS, 2003, p. 179) Ele também tem como base o princípio do número de posições que um corpo ocupa no espaço ao longo da sua trajetória, estando, portanto, implícita a relação tempo-espaço e que evidentemente não estamos fora, pois vivemos nesta dimensão tempo-espaço. Todavia, esse tempo físico “não se trata de um tempo vivido, mas neutro, indiferente, natural. O vivido humano é posto de lado como irrelevante para o conhecimento do tempo.” (REIS, 2003, p. 180)

O tempo histórico, em contrapartida busca conciliar essa dimensão do vivido humano abandonado pelo tempo físico. A dimensão histórica refere-se à vida humana, seja ela no coletivo ou no individual. Nele, são retomados os movimentos do passado/presente e futuro, por mais que este último não se tenha conhecimento. Portanto, de maneira bem simples podemos considerar que a limitação de percepção somente no tempo físico pode perder a dimensão do vivido, pois, nas vias práticas do nosso cotidiano podemos não estabelecer conexões ou mediações, necessárias para a nossa compreensão da realidade. Ricoeur, por exemplo, se referindo ao tempo histórico, considera-o como o terceiro tempo, que seria “tempo mediador entre o da natureza [físico] e o da consciência [filosófico]” (REIS, 2003, p. 184). Quanto a isso, considera o calendário um exemplo, pois seria:

A primeira ponte que a história lança sobre o abismo entre a natureza e a consciência é o "calendário". O calendário não "naturaliza" o vivido humano. Ele mantém a diferença dos dois tempos, mas participa de um e de outro, não se restringe a um ou a outro, e por ser assim mediador, é um terceiro tempo. O calendário é indispensável à vida dos indivíduos e sociedades. Eis a sua estrutura: sempre há um evento fundador, que abre uma nova época, "ponto zero" a partir do qual se conta e se data os eventos; depois, deste ponto zero percorre-se o tempo em duas direções: do presente ao passado, do passado ao presente. (REIS, 2003, p. 185)

Podemos considerar dos argumentos de Ricoeur, o fato de o calendário pertencer ao tempo físico, por ele manter características de continuidade e uniformidade, linearidade infinita, segmentável à vontade, a partir de instantes quaisquer, não tem presente, é reversível, pois se pode ir do presente ao passado e deste ao presente, é mensurável e numerável. É a astronomia que sustenta esta numeração e medida. E pertence ao da consciência, por calendário manter características da irreversibilidade, tendência do passado/presente ao futuro, da mudança, da memória e da espera. As datas (naturais-históricas) representam mais do que os números que as simbolizam. (REIS, 2003, p. 186)

No entanto, essa visão de tempo histórico de Ricoeur é questionável, assim como o faz Koselleck.

Para ele, o tempo histórico está longe de ser resolvido pelo calendário e continua a questão mais difícil posta pelo conhecimento histórico. Datas corretas são essenciais, mas são somente as condições prévias e não poderiam definir o "tempo histórico". Não é na cronologia baseada em movimentos naturais que pensa aquele que se interroga sobre as relações entre o tempo e a história. [...] O passado chega ao presente em ruínas, aos pedaços, em fragmentos, pela ação erosiva do tempo: prédios, templos, imagens humanas e sagradas, livros, idéias, rituais, palavras,

estórias, histórias, cemitérios, ícones, instrumentos, técnicas, artes, etc. (REIS, 2003, p. 191)

Koselleck concebe que o tempo histórico seja muito mais do que o tempo medido na natureza, e que o tempo histórico “se liga a conjuntos de ações sociais e políticas, a seres humanos concretos, agentes e sofrendores, às instituições e organizações que dependem deles. Cada uma delas com o seu ritmo próprio de realização.” (ibidem) Portanto, o tempo histórico apresentaria especificidades próprias que iriam além da percepção do tempo natural e do consciente. “A diferença entre passado e futuro, entre campo da experiência e horizonte de espera, em um presente, é possível apreender alguma coisa que seria chamada de tempo histórico. Passado e futuro reenviam-se um ao outro e esta sua relação é que dá sentido à ideia de temporalização.” (REIS, 2003, p. 193)

Visto que tempo histórico não é necessariamente o mesmo que o tempo físico, passemos a considerar a concepção de Fernand Braudel sobre o assunto, e que representou e representa uma grande transformação na visão de tempo histórico, para os historiadores e que em certa medida deveria representar para os cientistas em geral, pelo seu caráter interdisciplinar.

Sua importância reside no fato de durante as décadas de 1950 e 1960, por conta da corrente estruturalista do antropólogo francês Claude Lévi-Strauss, a História ter passado por um momento de crise, pela perda da visão da temporalidade e da mudança dos acontecimentos. O estruturalismo propagou a visão de que os acontecimentos seriam mera repetição numa estrutura inconsciente do indivíduo. “No estruturalismo, toda pesquisa deve ser orientada para a descoberta do invisível e impessoal estrutural. Os homens são substituídos por relações estruturais intemporais.” (REIS, 1994, p. 60) Essa corrente teve grande influência nos meios acadêmicos e a história perdia seu lugar, até que Braudel aparece com a resposta a essa crise através da noção de tempos múltiplos com a curta, a média ou a longa duração.

Braudel, que não negou a importância do estruturalismo, mas com sua noção de “múltiplas temporalidades” ele resgatou a importância da temporalidade e conseqüentemente da própria história. Ele ressalta que:

Essa duração social, esses tempos múltiplos e contraditórios da vida dos homens, que não são apenas a substância do passado, mas também o estofado da vida social atual. [...] Nada é mais importante, a nosso ver, no centro da realidade social, do que essa oposição viva, íntima, repetida indefinidamente entre o instante e o tempo lento a escoar-se. Que se trate do passado ou da atualidade, uma consciência clara dessa pluralidade do tempo social é indispensável e uma metodologia comum das ciências do homem. (BRAUDEL, 1969, p. 43)

As durações representariam formas distintas de percepção da realidade em que se apresentam seja na curta, na média ou na longa duração. A curta duração seria o evento, o cotidiano; trabalharia com um curto período, não limitando muito além de meses, ou poucos anos.

Na curta duração: o evento é explosivo, 'novidade sonante', como se dizia no século XVI. [...] Digamos então mais claramente, à medida dos indivíduos, da vida cotidiana, de nossas ilusões, de nossas rápidas tomadas de consciência – o tempo, por excelência, do cronista, do jornalista [...] Assim, cada um compreenderá que haja um tempo curto de todas as formas de vida econômica, social, literária, institucional, religiosa e mesmo geográfica (numa ventania, uma tempestade) assim como política. [...] O tempo curto é o mais caprichoso, mais enganadora das durações. (BRAUDEL, 1969, p. 45-46)

A média duração ou conjuntura corresponderia a maiores fatias do tempo, em que a análise do passado iria num período de décadas a quase meio século. Aqui está situada a História econômica e a História social, cuja marcha cronológica fica difícil de determinar.

Sem dúvida, esses períodos cronológicos não têm um valor absoluto. [...] O historiador dispõe seguramente de um tempo novo, elevado à altura de uma explicação onde a história pode tentar inscrever-se, dividindo-se de acordo com as referências inéditas, segundo essas curvas e sua própria respiração [...] Além disso, essas duas grandes personagens, conjuntura econômica e conjuntura social, não nos devem fazer perder de vista outros atores, cuja marcha será difícil de determinar, indeterminável, por falta de medidas precisas. As ciências, as técnicas, as instituições políticas, as ferramentas mentais, as civilizações, têm igualmente seu ritmo de vida e de crescimento, e a nova história conjuntural, só estará no ponto, quando houver completado sua orquestra. (BRAUDEL, 1969, p. 48)

E por último, a longa ou longuíssima duração, que segundo Braudel, seria a faixa propriamente estrutural da História. Aqui romper-se-ia a barreira dos séculos e se constituiria aquilo que quase não muda na História. A História de longa duração ou estrutural seria principalmente a História das mentalidades ou a atual Nova História Cultural, que trabalharia com menos mudança na sociedade, que são as mentalidades, daí a impressão de que as mentalidades não mudam, mas mudam, só que num ritmo muito lento.

O tempo braudeliano, portanto, seria uma variedade de possibilidades, seja na curta, média ou longa duração. Essas múltiplas temporalidades não “fluiriam” em separado, mas todas estariam agindo ao mesmo tempo, assim, junto com o cotidiano político está agindo a conjuntura da economia e do social, como também a estrutura das mentalidades e assim a História prossegue. E é por conta disso que surgem as divisões entre os diversos tipos de História, com caráter puramente metodológico de pesquisa, pois não se daria conta de estudar sobre tudo ao mesmo tempo. Dada essa divisão metodológica, faz-se necessário o diálogo interdisciplinar dos diversos campos de saber, daí a necessidade de a História dialogar com a Sociologia, com a Demografia, a Psicologia, com a Antropologia, etc. Partindo do pressuposto que a construção do conhecimento não se dá partindo de uma única perspectiva, sendo assim necessário o diálogo com os demais.

Para mim, a história é a soma de todas as histórias possíveis – uma coleção de misteres e de pontos de vistas, de ontem de hoje, de amanhã. O único erro, a meu ver, seria escolher uma dessas histórias com exclusão das outras. Foi e seria o erro historicizante. Sabe-se que não será cômodo convencer todos os historiadores e, menos ainda, as ciências sociais, empenhadas encarniçadamente em nos reconduzir à história tal como ontem. (BRAUDEL, 1969, p.43)

Por conta dessa multiplicidade de tempos e de perspectivas, esse diálogo é fundamental para a construção do conhecimento histórico. Mas será que isso se limita, somente à História? A Física não está na História? Evidente que sim, a Física enquanto atividade humana tem a sua importância na História, além de ela mesma pertencer a um determinado tempo histórico. Logo, o estudo da Física relacionado com a História se torna fundamental. Entretanto, essa importância não fica restrita a sua construção histórica, mas na sua relação com o social, o político, o econômico, o filosófico, o mental e até religioso (não seria preciso lembrar que Newton além de grande físico foi um teólogo renomado) que a ciência como um todo está imerso. Assim, a perspectiva braudeliana está intimamente ligada com a questão da importância da História no ensino da Física, pois, permite que o estudante e o pesquisador tenham uma dimensão de “totalidade” e dos múltiplos ritmos dos diversos segmentos da sociedade, tanto como com a relação da sua disciplina com o seu exterior. Isto os permite ter uma gama de conhecimento que lhes garante ser mais crítico em relação a sua disciplina, bem como, com a realidade que o cerca. E o enfoque CTS propõe exatamente isso.

Revolução Científica

A chamada Revolução Científica é um período da História da Ciência que envolve o Renascimento e o Barroco. Vai de 1543, data da publicação do *De revolutionibus* de Nicolau Copérnico até a obra de Isaac Newton, *Philosophiae naturalis principia mathematica*, publicada pela primeira vez em 1687. É um período de grandes mudanças na Ciência e tem as principais características na obra de Galileu, inspirado pelas idéias de Francis Bacon (falecido em 1626) e Descartes (falecido em 1650). Newton aperfeiçoou o trabalho de Galileu especialmente na mecânica e na imagem newtoniana do universo concebido como uma máquina, ou seja, um relógio. (REALE E ANTISERI, 1990, p. 185). No início foi apenas uma revolução no campo da Astronomia, com Copérnico, Tycho Brahe, Kepler e Galileu, o que levou à Física Clássica de Newton.

Podemos resumir os aspectos principais:

- Copérnico: coloca o Sol no centro do mundo, e não a Terra,
- Tycho Brahe: substitui a idéia de esfera (esferas materiais que, na velha cosmologia, arrastavam os planetas com seu movimento) pela idéia de órbita,
- Kepler: faz uma sistematização matemática do sistema copernicano e introduz a idéia das órbitas elípticas, e não esféricas como pensavam antes,
- Galileu: iguala a Física terrestre à Física celeste e introduz o princípio da inércia,
- Newton: teoria gravitacional (unifica os trabalhos de Kepler e Galileu)

Além dessas novas teorias mudou também a idéia sobre o homem, sobre a Ciência, sobre o homem de Ciência, sobre o trabalho científico e as instituições científicas, sobre as relações entre Ciência e sociedade, entre Ciência e Filosofia e entre o saber científico e a fé religiosa. Galileu estabeleceu a autonomia da Ciência em relação à fé e à Filosofia, em seu método científico: a Ciência é antes de tudo experimental (embora não se possa negar a grande influência da tradição mágico-hermética e filosófica – Copérnico era médico e usava a astrologia em seus trabalhos).

A nova Ciência ficou conhecida como Ciência Moderna, com novas categorias, métodos, instituições e modos de pensar. A Ciência deixa de ser exclusividade de alguns iluminados tornando-se controlável publicamente. Um fator que surgiu nesse período foi o grande interesse do Estado pela Ciência e com isso, ocorreu em alguns países a fundação de laboratórios, academias ou sociedades científicas. Pessoas dispostas a debater sobre novos assuntos compunham essas academias. Em Nápoles, havia uma série de academias e das quais uma, no mínimo, se voltava à ciência. A Accademia do Lincei, em Florença, era a que Galileu pertencia.

Dois discípulos de Galileu, em 1657, criaram a Accademia Del Cimento com o auxílio de membros da família Médici. Esta foi a primeira sociedade que visou a divulgação da ciência física experimental. Foram desenvolvidas nesta academia experiências relacionadas à propagação da luz e do som e também para provar experimentalmente alguns problemas formulados por Galileu, dentre os quais, a determinação da velocidade do som. Tais academias tiveram grande responsabilidade na divulgação, promoção, publicação periódica das discussões e investigações científicas. (RONAN, 1987, p. 109)

A Ciência era uma atividade mais popular do que é hoje. Todos tinham acesso ao conhecimento, que era difundido, sem precisar frequentar uma universidade, nem mesmo ter amplos conhecimentos de livros de matemática ou latim. Paralelamente a esse movimento de

popularização da Ciência a Música também segue essa linha de popularização, quando iniciam-se as apresentações públicas de Músicas, que antes eram restritas à corte.

Porém um tema que atravessa grande parte da revolução científica é a do Deus geômetra, que criou o mundo imprimindo nele uma ordem matemática e geométrica, que o pesquisador deve procurar.

Francis Bacon, ao introduzir o seu método experimental, na verdade combatia o pensamento mágico: “os métodos e procedimentos das artes mecânicas, o seu caráter de progressividade e de interobjetividade, fornecem o modelo para a nova cultura”. O saber não podia mais ser obscuro e arbitrário, exclusividade de uns poucos iluminados, mas deveria ter controle público da experiência. Os iniciadores da ciência moderna buscavam o rigor lógico, o caráter público dos métodos e dos resultados e a clareza.

A revolução científica rompe com as idéias aristotélicas, que buscavam as essências, com teorias e conceitos definitivos. Segundo Reale e Antisseri (1990, p. 188) “não é mais o que, mas o como; não é mais a substância, mas sim a função, que a ciência galileana e pós-galileana passariam a indagar”.

Como conseqüência surge o novo tipo de especialista ou douto, diferente do mago, astrólogo, filósofo, humanista, artesão ou artista do Renascimento, ou mesmo do professor universitário, que tinha a responsabilidade de divulgar os textos do passado. Surge o cientista experimental moderno, que faz os experimentos com instrumentos de medida cada vez mais precisos. As artes mecânicas, que antes eram consideradas indignas de um homem livre, se unem ao novo saber experimental. Porém a nova Ciência teve início com teóricos e filósofos, não com técnicos e engenheiros.

Como a Ciência tinha um caráter fortemente experimental e todos podiam tentar repetir o experimento, isso levou ao desenvolvimento da instrumentação científica, com novos telescópios, microscópios e barômetro. Newton acaba com a distinção que os anteriores faziam entre mecânica racional e mecânica prática. “O instrumento aparece como meio que, levando-nos ao interior dos objetos, garante uma maior objetividade contra os sentidos e os seus testemunhos”. (REALE E ANTISSERI, 1990, p. 197). Isso levou também à construção de novos instrumentos musicais.

Embora a visão de Ciência que temos hoje não seja mais a de Copérnico, nossa Ciência não teria existido sem a mudança de paradigma introduzido por Copérnico. Segundo Kuhn (2003, p. 13), paradigmas são “as realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma Ciência”. As revoluções científicas são momentos decisivos no desenvolvimento da Ciência. A grande revolução do século XVII não foi a única, mas foi muito importante. Cada um dos grandes cientistas “forçou a comunidade a rejeitar a teoria científica anteriormente aceita em favor de uma outra incompatível com aquela” (KUHN, 2003, p. 25).

O desenvolvimento das Ciências não se dá de forma linear, como às vezes parece. Os livros em geral apresentam a História como uma sucessão de fatos e a acumulação de conhecimentos. Os conhecimentos que temos hoje não é conseqüência do acúmulo de descobertas e invenções individuais. Não é assim que a Ciência se desenvolve. Os livros dão essa idéia por motivos didáticos, mas acabam “escondendo o processo que está na raiz dos episódios mais significativos do desenvolvimento científico” (KUHN, 2003, p. 180). Com isso muitos acabam mesmo trabalhando em Ciência sem saber exatamente em que consiste esse trabalho. São na verdade as revoluções, quando há a mudança de paradigma, que causam as evoluções. O impacto da obra de Newton, por exemplo, mostra o efeito provocado pela

alteração de paradigma. Sua influência não se limitou ao campo da mecânica ou da Física, mas atingiu diversas Ciências. Newton apresentou, em suas 3 leis, uma reinterpretação de observações bem conhecidas.

Para entendermos melhor como essas grandes mudanças acontecem seguimos a linha de Thomas Kuhn, que diz que a escolha de um paradigma “não pode jamais ser resolvida de forma inequívoca empregando-se tão somente a lógica e os experimentos”. (KUNH, 2003, p. 128). O momento da escolha de um paradigma, que gera a revolução, gera “questões que não podem ser resolvidas pela Ciência normal” (KUNH, 2003, p. 144). A Ciência normal é o desenvolvimento do conhecimento dentro de um paradigma. “Visto que nenhum paradigma consegue resolver todos os problemas que define e posto que não existem dois paradigmas que deixem sem solução exatamente os mesmos problemas, os debates entre paradigmas sempre envolvem a seguinte questão: quais são os problemas mais significativos a serem resolvidos?” (KUNH, 2003, p. 145). E critérios exteriores à Ciência definem qual o paradigma será aceito como verdadeiro. E é recurso a critérios externos, segundo Kuhn (2003, p. 145), que torna revolucionários os debates entre paradigmas.

Podemos entender melhor as revoluções se levarmos em conta que a própria interpretação de um experimento depende da experiência e do treino prévio do executor. O paradigma adotado pelo experimentador definirá a própria percepção. “O que um homem vê depende tanto daquilo que um homem olha como daquilo que sua experiência visual-conceitual prévia o ensinou a ver”. (KUNH, 2003, p. 150). Então a percepção pode mudar com a mudança do paradigma. Isso ocorre em cada pequeno experimento, como por exemplo a observação de um pêndulo feita por Galileu. Muitos já tinham visto corpos oscilando. Porém, como cada interpretação pressupõe um paradigma, os aristotélicos interpretavam como um corpo caindo com dificuldade. Galileu, influenciado pela teoria do impetus (paradigma do final da Idade Média, de João Buridan e Nicolau Oresme), viu um corpo oscilando como um pêndulo, que por pouco não conseguia manter seu movimento indefinidamente. Naturalmente a genialidade de Galileu foi importante.

O Barroco

O século do Barroco foi coincidentemente o século da considerada Revolução Científica, a saber, século XVII. Este século foi rico em transformações, tanto que elas se multiplicaram, nos diversos campos da sociedade. Assim, podemos observar na política, há a consolidação da monarquia absoluta que tinha como figura emblemática Luís XIV, considerado o rei Sol; no campo religioso, os conflitos decorrentes da Reforma e da Contrarreforma; no econômico, o avanço do mercantilismo sobre o decadente feudalismo, além da emergência dos Países Baixos como potência econômica por conta da sua independência da Espanha e de suas conquistas no Atlântico-Sul; nas Artes, há a imponência e o rebuscamento do Barroco, seja na Literatura, na Arquitetura ou na Música; e o advento da dita Ciência Moderna.

O Barroco é um período da História que compreende os anos de 1600 a 1750 aproximadamente, e que trouxe mudanças marcantes e contribuições para as Ciências e as Artes, com importância até nossos dias. Conforme Chaim (2006, p. 25)): este período caracterizou-se por uma enorme evolução da expressão musical, aperfeiçoando-se e dando-se maior esplendor e ornamentação às linhas melódicas, consolidando-se a tonalidade e o sentido de harmonia”. Em Candé (2001) temos que para a Enciclopédia, o adjetivo barroco qualificava “uma nuance do bizarro” na arquitetura. A Pintura da época foi então também chamada de barroca, com temas “entulhados de tapeçarias, anjinhos, folhagens, motivos

arquitetônicos” (CANDÉ, 2001, p. 422). Por extensão depois a época inteira foi chamada de Barroca.

É o tempo da revolução científica, de Galileu, Newton, Mersenne, Descartes, do advento da chamada Física Moderna, de grandes desenvolvimentos na Literatura, Pintura, Música, consequentes processos iniciados ainda no Renascimento. É o tempo de Miguel Cervantes na Literatura, Rembrandt na Pintura, Cláudio Monteverdi, Henry Purcell, Handel, Corelli, Scarlatti e Bach na Música. Acompanhando a revolução científica podemos dizer de certa maneira que aconteceu também a revolução nas Artes, especialmente na Música, embora não seja normalmente usado esse termo. Surgem novos estilos na Pintura, Escultura e Arquitetura, altamente decorativas, que emergem durante a Contra-Reforma, diferentes do estilo linear do Renascimento. Teatros e igrejas eram locais altamente decorados. Todo esse rebuscado combina bem com o estilo das músicas de Scarlatti, que não se contenta com uma linha melódica, mas acrescenta uma série de ornamentos, assim como Bach, com seus contrapontos e suas modulações. Esses novos recursos levaram ao temperamento igual, que, segundo Menezes (2004, p. 263) já vinha sendo discutido há muitos anos e foi reconhecido como uma necessidade – conforme trabalho histórico e teórico, desenvolvido em 1636/1637, sobre afinação e temperamento, de Mersenne (que obteve a 1ª medida correta da velocidade do som) e apresentado inicialmente no Cravo Bem Temperado de Bach, que usa muitas modulações, inadmissíveis sem o temperamento igual. A escala igualmente temperada é a escala mais utilizada no ocidente até hoje, apesar dos pequenos batimentos, devidos à superposição de ondas de frequências muito próximas.

O ano de 1642 assistiu a morte de Galileu e o nascimento de Newton, ambos responsáveis pelo desenvolvimento das leis da Mecânica Clássica, válidas para velocidades muito abaixo da velocidade da luz, que são as velocidades do nosso cotidiano.

Segundo Lord e Snelson (2008, p. 25) os compositores tornaram-se mais móveis, tirando proveito da maior formalidade na formação e na classificação mais detalhada dos desenvolvimentos musicais, com Scarlatti, Lully e Handel. São construídos novos instrumentos musicais, depois de pesquisas em Acústica Musical, considerando a formação de ondas estacionárias, a propagação do som em cordas e tubos, a ressonância e o timbre. Surgem assim o violino, a viola e o grande órgão. É evidente que novos instrumentos permitem novas criações musicais. Surgem então, ao longo de todo o período, a ópera, o oratório, a cantata, a sonata, a suíte, a sinfonia e o concerto grosso. Distinguem-se a Música Sacra e a Música Secular. Surge nessa época também o baixo contínuo, “como acompanhamento necessário à sustentação da arquitetura harmônica da composição musical” (Chaim, 2006, p. 26). Em 1602 Viadana apresenta a teoria do baixo contínuo no prefácio de seus Concerti Ecclesiastici, porém não se sabe quem foi o inventor. “Surgido na Itália, depois adotado na Alemanha em 1615, na Inglaterra em 1617 e na França em 1635, o baixo contínuo torna-se o acompanhamento indispensável de toda a Música do século XVII e início do século XVIII. Desempenha um papel fundamental na formação de novos estilos e gêneros.” (Candé, 2001, p. 421).

A Física no Barroco

Como vimos, o período do começo do séc. XVII ao fim do séc. XVIII, foi de grande importância para a Ciência Moderna. O mundo natural, em um aspecto geral, modificou-se. Uma revolução que Copérnico começou, se desenrolou rapidamente de uma forma tão ampla, incluindo assim, a Matemática, a Física, a Astronomia e consequentemente muitas outras áreas.

No que se refere à Ciência, neste século se estabelecem as bases do que ficou conhecido como Ciência Moderna. Essa, na História da Ciência corresponderia ao período que iria aproximadamente do início do século XVII – com o paradigma galileano e a revolução do método científico – ao início do século XX – com os problemas da indução (GEWANDSZNAJDER, 1989, p. 39 - 62) e as modificações com a Física Quântica e a Teoria da Relatividade – constituindo uma Revolução em relação à Ciência feita no Renascimento. No século XVII, há principalmente uma transformação de mentalidade, assim, há por parte desses homens “modernos”,

Um desenvolvimento de um espírito inquisitivo e crítico, ainda que em estágio inicial e minoritário no meio intelectual. Tal incipiente desenvolvimento permitiria um suficiente avanço tanto no campo teórico e conceitual quanto no metodológico e experimental, cujos efeitos imediatos seriam o de procurar afastar preconceitos, dogmatismos e sectarismos do trabalho científico, e o fundamentar o conhecimento, ao menos em ramos das ciências exatas, em bases demonstráveis e comparáveis. (ROSA, 2010, p. 22)

As concepções do Renascimento científico continuaram atuando e dominando o pensamento científico, contudo, sem empreender algo intransponível ao desenvolvimento científico, teórico e experimental, haja vista, os avanços na Astronomia com Copérnico, Tycho Braher e Kepler. “Assim, as concepções aristotélicas-tomistas de um cosmos hermético, imóvel e hierarquizado seriam alteradas pelas de um universo aberto, em movimento e infinito, mas ligado pela unidade de suas leis.” (ibidem) No entanto, essa concepção ainda não fugira totalmente das explicações místicas e fantasiosas. Logo, fazia-se necessário uma nova concepção, uma verdadeira revolução nas ciências, daí pensarmos nas Revoluções Científicas. Todavia cabem uns parênteses quanto a essa questão, pois, apesar de utilizarmos o termo revolução, as transformações não se formam necessariamente de maneira brusca, mas “um processo de afirmação racional seria longo, lento e perigoso, com avanços e retrocessos, cheio de obstáculos e percalços, mas inevitável com a progressiva afirmação do pensamento científico e positivo.” (ibidem) Assim, alguns anseios e compreensões de Ciência, buscando a pesquisa, o estudo estruturado em observações e experimentação sistemática com objetivos claros e precisos; levariam ao longo do século XVII, o desenvolvimento dos vários ramos da ciência.

Um fator importante de ser considerado nesse contexto é o fato de as academias científicas fazerem às vezes da universidade, no que se refere ao desenvolvimento do espírito científico. Esta, preocupada na divulgação da escolástica e com temas teológicos e metafísicos; enquanto que aquela estava preocupada em ser uma reação a esse estado de coisas, ocupando-se com pesquisas e experimentos, constituindo uma verdadeira comunidade de sábios e eruditos. (ROSA, 2010, p. 23) Muitos dos cientistas que serão os pilares da revolução científica são membros dessas sociedades, sendo, em certa medida, um meio propagador de uma nova mentalidade. Assim, observam-se avanços nos diversos campos do saber, bem como:

A Matemática, a Astronomia e a Física, chamadas ciências exatas, foram as que mais se desenvolveram (geometria projetiva e analítica, teoria dos números, cálculo das probabilidades, cálculo diferencial, cálculo infinitesimal) e as primeiras, por conseguinte, a estabelecer uma base teórica e metodológica (Dinâmica, Ótica, Magnetismo e Mecânica Celeste) e a atingir o grau de racionalidade e experimentação da Ciência positiva. A dedução matemática contribuiria, decisivamente, para o progresso científico, e a criação da Física Moderna, cujas mesmas leis eram aplicáveis à Terra e ao universo”. (ibidem)

Vejamos agora como se deram, no século XVII, as descobertas com relação à Acústica e seus estudiosos, começando por Galileu.

Galileu Galilei, considerado o pai da Física Moderna, era filho do compositor e musicólogo, Vincenzo Galilei. Nascido em Pisa, criado numa família que via nas Artes uma grande importância e recebia com entusiasmo ideias novas. Na Universidade de Pisa, estudou Medicina mas esta não era sua vocação, gostava da Matemática. Ao longo do curso de Medicina, durante alguns serviços da igreja, descobriu, utilizando sua pulsação, o isocronismo do pêndulo medindo o tempo do balançar de um candelabro. Verificou, então, que o tempo de cada balanço era igual, independente da amplitude de oscilação. (RONAN, 1987, p. 79)

Suas contribuições foram vastas principalmente na Mecânica. Fez vários experimentos com sons, o que faz com que considerem-no o fundador da Acústica experimental. Através destes experimentos, apresentou uma “dedução quantitativa das leis das cordas estabelecendo as relações entre frequência, comprimento, diâmetro, densidade e tensão.” (HENRIQUE, 2007)

Estudou também a vibração e a ressonância, apresentando a caracterização, por relações de frequência dos sons, dos intervalos musicais.

Marin Mersenne, jesuíta, filósofo natural, matemático e musicólogo, nasceu em uma família de classe trabalhadora na pequena cidade de Oizé. Famoso por suas intervenções em atividades científicas, teve importância no estudo do som dos instrumentos musicais, principalmente no que diz respeito às cordas e aos tubos sonoros. Seu diferencial foi estudar o som de duas cordas variando seus aspectos geométricos (tensão, comprimento, diâmetro). Em relação aos tubos sonoros, enunciou as influências que a pressão do ar poderia interferir no deslocamento pelo tubo. Com isso, mais tarde, ao observar as características do fenômeno de eco, conseguiu um brilhante erro aproximado de 10% para a velocidade do som, que posteriormente foi tabelado pelos estudos avançados de Isaac Newton.

Depois do problema da determinação da velocidade do som (que Giovanni Borrelli e Vincenzo Viviani, discípulos de Galileu, determinaram tal valor através de um pêndulo simples, após um experimento), temos o desenrolar de discussões e pesquisas a respeito da propagação do som no ar.

No começo dessas pesquisas, um cientista chamado Gianfrancesco Sagredo, suspendeu uma campainha em um balão de vidro e ao final do seu experimento, concluiu que a campainha não produziria som caso o balão fosse agitado. Posteriormente, Robert Boyle, que se interessava por Química e Física do ar, provou que, para que o som seja transmitido, é preciso que haja um meio material. Frente a isso, Isaac Newton, através de cálculos teóricos, chegou a um valor para a velocidade do som, aproximado ao real. Newton falava ainda de uma relação “entre as cores fundamentais do espectro e as notas de uma escala.”

Através do experimento das rodas dentadas (ou rodas de Hooke), Robert Hooke, um grande pesquisador com muita capacidade para execução de experimentos, mediu de forma direta, pela primeira vez, a frequência. Isso se completa com os estudos do matemático John Wallis, que se resumem no postulado dizendo que os pontos nodais da corda vibrante estão ligados aos harmônicos desta.

Boyle, também, contribuiu para os estudos com relação à Acústica, sendo ele um dos cientistas a enunciar as leis dos gases perfeitos na termodinâmica. Questionando-se algumas particularidades, fez estudos sobre a propagação de som no vácuo, materializando-os num livro.

Athanasius Kircher foi um jesuíta que muito contribuiu para diversos campos da Ciência, dentre eles, para os estudos em Acústica no vácuo. Seus estudos foram um tanto mais profundos que os de Boyle, na área da Acústica. Kircher utiliza-se de instrumentos musicais antigos para iniciar seus estudos, que se baseavam em inúmeros fenômenos ligados à

propagação do som. Faz uma contribuição à Medicina detalhando a anatomia do ouvido e do aparelho vocal, e também, os instrumentos conhecidos até então. (HENRIQUE, 2007)

O matemático e físico Joseph Sauveur é considerado o criador da Acústica Musical. Isso porque no séc. XVIII apresentou um formalismo para o movimento harmônico a partir da vibração de uma corda tensa, e de som fundamental (HENRIQUE, 2007). Descreveu também as ideias primordiais do movimento de ondas nas cordas e que as mesmas podem vibrar com vários movimentos harmônicos de modo simultâneo. Esta explicação física caracteriza o som produzido por instrumentos de corda.

Conclusões e Agradecimentos

Concluimos nesse trabalho que o período do Barroco e da Revolução Científica produziu as bases dos conhecimentos que temos hoje, nas Ciências, nas Artes, na Tecnologia, no conhecimento em geral. Estudar esse aspecto histórico-científico é importante, de acordo com o enfoque CTS, para motivar o estudo e o trabalho nas Ciências porque propicia a compreensão do que realmente seja fazer Ciência, e para que serve, incluindo a sua contribuição social.

Agradecemos à FAPERJ pelos auxílios que nos tem dado, permitindo o desenvolvimento deste e de outros trabalhos.

Referências

- AULER, D.; **Enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade: Pressupostos para o contexto brasileiro**; Ciência e Ensino, vol. 1, nov, 2007.
- BRAUDEL, Fernand. **Escritos Sobre a História**. São Paulo: Perspectiva, 1969.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio**: Ministério da Educação – Brasília, Contexto do Ensino Médio – Indicações para a construção de um projeto interdisciplinar, <http://portal.mec.gov.br/seb>, acesso em 29/6/2001, 1999.
- CANDÉ, R.; **História Universal da Música**, São Paulo: Ed. Martins Fontes, 2001.
- CHAIM, I. A., **A Música Erudita da Idade Média ao Século XX**, São Paulo: Ed. Letras e Letras, 2006.
- GEWANDSZNAJDER, Fernando. **O que é método científico**. São Paulo: Pioneira, 1989.
- HENRIQUE, L. L.; **Acústica Musical**, Lisboa: Ed. Calouste Gulbenkian, 2007
- LORD, M. e SNELSON, J.; **História da Música**, Eslovênia: Ed. H. F. Ullmann, 2008.
- MARTINS, R. A.; **O Mito de Galileu Desconstruído**, Revista História da Ciência, <http://www.revistadehistoria.com.br/historiadaciencia/>, acesso em 29/06/2011, 2010.
- MASSARANI, L. e MOREIRA, I. C., **Ciência para Todos**, Revista História da Ciência, <http://www.revistadehistoria.com.br/historiadaciencia/>, acesso em 29/06/2011, 2010.
- REIS, José Carlos. **Escola dos Annales, a Inovação em História**. São Paulo: Ed. Paz e Terra, 2000.

REIS, José Carlos. **História & teoria: historicismo, modernidade, temporalidade e verdade.** Rio de Janeiro: Ed. FGV, 2003.

RONAN, C. A, **História Ilustrada da Ciência da Universidade de Cambridge, v. 3,** São Paulo: Ed. Jorge Zahar, 1987.

ROSA, Carlos Augusto de Proença. **História da Ciência: A Ciência Moderna.** Brasília: Fundação Alexandre de Gusmão, 2010.