

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS**  
**DEPARTAMENTO DE FÍSICA**

**GABRIELLY MARIA CAMARGO DE JESUS**

**UMA PROPOSTA DE ENSINO – A REVOLUÇÃO INDUSTRIAL ANALISADA  
COM ENFOQUE CTS: O NASCIMENTO DA TERMODINÂMICA E SUAS  
TRANSFORMAÇÕES SOCIAIS**

**MARINGÁ**  
**2021**

GABRIELLY MARIA CAMARGO DE JESUS

**UMA PROPOSTA DE ENSINO – A REVOLUÇÃO INDUSTRIAL  
ANALISADA COM ENFOQUE CTS: O NASCIMENTO DA  
TERMODINÂMICA E SUAS TRANSFORMAÇÕES SOCIAIS**

Monografia apresentada ao Departamento de Física da Universidade Estadual de Maringá como requisito parcial para obtenção do título de Licenciada em Física.

Orientador: Professor Dr. Marcos Cesar Danhoni Neves

**UMA PROPOSTA DE ENSINO – A REVOLUÇÃO INDUSTRIAL  
ANALISADA COM ENFOQUE CTS: O NASCIMENTO DA  
TERMODINÂMICA E SUAS TRANSFORMAÇÕES SOCIAIS**

Monografia apresentada ao Departamento de Física da Universidade Estadual de Maringá como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciada em Física.

**BANCA EXAMINADORA:**

---

Professor Dr. Marcos Cesar Danhoni Neves - Orientador  
Universidade Estadual de Maringá - UEM

---

Professor Dr. Daniel Gardelli  
Universidade Estadual de Maringá - UEM

---

Professora Dr. Luciano Carvalhais Gomes  
Universidade Estadual de Maringá - UEM

Dedico este trabalho a todas as pessoas que acreditam e buscam uma educação melhor para o nosso país. A vocês o meu obrigada e força para que continuem nessa luta.

“Educação não transforma o mundo.

Educação muda pessoas.

Pessoas transformam o mundo”.

(Paulo Freire)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a toda a minha família, por todos os recursos disponibilizados para minha educação e pelo apoio durante toda a Graduação, cada um de vocês foi essencial nesse tempo de curso. E no caso deste trabalho, agradeço em especial, a minha sobrinha Rayka (peço licença para uma piada interna que prometi escrever aqui, “Rayka é tudo culpa sua”) e minha cunhada Rafaela, pessoas com quem eu tive várias conversas sobre o tema aqui apresentado e que estiveram do meu lado durante toda sua elaboração, obrigada por estarem ao meu lado.

Agradeço também a cada um dos meus amigos que estiveram comigo durante essa jornada. A Alexia e ao Daniel que estão comigo desde os tempos de colégio, obrigado por sempre estarem aqui. Ao Henrique (obrigada por toda a ajuda e carinho diários) e a Izabely, meus companheiros de Graduação, vocês tornaram esses anos bem melhores, admiro muito vocês. A Jéssica que esteve sempre do meu lado e que tem uma incrível capacidade de deixar tudo melhor, como eu costumo pensar “Essa menina é Luz”. E por fim, a Isadora, Gabriel e Kaique, que foram tão importantes pra mim nesse final de Graduação, que me acolheram e me ajudaram a manter a cabeça no lugar pra chegar até aqui. Todos vocês foram essenciais.

Agradeço aos programas aos quais tive a oportunidade de participar (PET-Física, PIBIC e Residência Pedagógica), cada um deles teve uma valiosa contribuição em minha formação, através das experiências e conhecimentos que os mesmos me proporcionaram ao longo da Graduação.

Agradeço ao projeto de pesquisa “INTERART - Interação entre arte, ciência e educação: diálogos e interfaces com as Artes Visuais”, que através de suas ricas discussões, fez meus horizontes serem expandidos. E agradeço também, à professora Josie, por ter me deixado fazer parte deste grupo e ter me acolhido tão bem.

Agradeço a todos os professores da Graduação que foram “professores fora da caixa” e fugiram do ensino puramente tradicional, a fim de contribuir para uma formação melhor de cada um dos alunos. Aqui em especial, agradeço aos professores Daniel Gardelli, Ricardo Francisco Pereira, Luciano Carvalhais Gomes, Breno Ferraz de Oliveira. Agradeço também a professora Hatsumi Mukai, por todo o auxílio prestado na elaboração desse trabalho.

Agradeço ao meu orientador, ao Prof. Dr. Marcos Cesar Danhoni Neves, pelo auxílio e orientação, durante toda a Graduação nos projetos aos quais tivemos a chance de participarmos juntos e, também, na elaboração do presente trabalho. Além de um ótimo professor é também uma pessoa admirável, que sempre demonstrou empatia e compreensão.

Finalmente, gostaria de dizer a todas as pessoas aqui citadas, que se cheguei até aqui, foi graças à contribuição de cada um de vocês. Obrigada!

## RESUMO

Diante da situação em que se encontra o ensino de Física nos dias de hoje, em que o ensino é principalmente tradicionalista, no qual o professor é o detentor do conhecimento e o aluno tratado como uma “tábula rasa”, faz-se necessário repensar as propostas de ensino que são utilizadas em sala de aula. Pensando nisso, o presente trabalho tem como objetivo estudar, com enfoque CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), alguns aspectos da Revolução Industrial, em específico, o nascimento da Termodinâmica e as consequências sociais da mesma, tendo em vista a criação de uma proposta de ensino com base nesse conteúdo, visando ser uma maneira de deixar o ensino de Física mais atraente, contextualizado e que além disso, proporcione uma formação na qual os alunos tenham a possibilidade de enxergar as relações da Ciência com a Tecnologia e a Sociedade, tornando-a mais significativa possível.

**Palavras-chave:** Ensino de Física. CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade). Revolução Industrial. Termodinâmica.

## ABSTRACT

In view of the situation in which Physics teaching is today, where teaching is mainly traditional, where the teacher is the holder of knowledge and the student is treated as a “blank slate”, it is necessary to rethink the proposals of teaching that are used in the classroom. With this in mind, this paper aims to study, with an STS focus (Science, Technology and Society), the industrial revolution, specifically, the birth of thermodynamics and the social consequences of it, with a view to creating a teaching proposal based on this content, aiming to be a way to make Physics teaching more attractive, contextualized and that, in addition, provides training where students have the possibility to see the relationship between Science and Technology and Society, making it the as meaningful as possible.

**Key-Words:** Teaching Physics. STS (Science, Technology and Society). Industrial Revolution. Thermodynamics.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1:</b> Lançadeira Volante de John Kay.....	23
<b>Figura 2:</b> Spinning-jenny de James Hargreaves.....	24
<b>Figura 3:</b> Water-frame de Richard Arkwright .....	24
<b>Figura 4:</b> Mule-jenny de Samuel Crompton .....	25
<b>Figura 5:</b> Tear Mecânico de Edmund Cartwright .....	27
<b>Figura 6:</b> Tear Mecânico de Jacquard.....	27
<b>Figura 7:</b> Máquina Térmica de Thomas Savery.....	31
<b>Figura 8:</b> Máquina Thomas Newcomen.....	32
<b>Figura 9:</b> Máquina Térmica de James Watt .....	33

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	11
1. O ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL .....	13
2. A ABORDAGEM CTS (CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE).....	17
3. A REVOLUÇÃO INDUSTRIAL: SEUS PRINCIPAIS MOMENTOS .....	21
4. A TERMODINÂMICA: SEUS DESDOBRAMENTOS HISTÓRICOS.....	30
4.1 AS MÁQUINAS TÉRMICAS .....	30
4.2 O CICLO DE CARNOT.....	33
4.3 AS LEIS DA TERMODINÂMICA .....	34
5. UMA VISÃO CTS SOBRE OS ASSUNTOS AQUI APRESENTADOS.....	37
6. SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	41
6.1 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA PROPOSTA.....	42
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	51
REFERÊNCIAS .....	52
APÊNDICE A .....	54
APÊNDICE B .....	60
APÊNDICE C .....	62

## INTRODUÇÃO

O ensino de Física, apesar dos avanços em pesquisa sobre métodos que possam ser utilizados como ferramentas de ensino, ainda continua sendo principalmente marcado pelo ensino tradicionalista, aquele em que o professor (detentor de todo o conhecimento) passa o conteúdo para seu aluno (que o recebe de maneira passiva), sendo o principal foco desse estilo de ensino a transmissão de conhecimentos de um para o outro. Além disso, é também focado na memorização dos conteúdos, especialmente em fórmulas matemáticas, em que é avaliada a capacidade do aluno de reter essas informações (o quanto ele gravou do que lhe foi exposto) ao invés de se preocupar com de fato com o que foi aprendido e se houve o completo entendimento do fenômeno que pretendia ser explicado.

Desse modo, temos a inibição dos estudantes durante seu processo de aprendizagem, já que o único trabalho deles será o de ouvir e decorar o que o professor expõe sobre determinado assunto. Sobre isso, Neves estabelece que:

Dão-lhe aulas sobre as coisas do mundo, mas dar-lhe aulas não é estabelecer uma compreensão singular efetiva. No processo da reflexão, e do mundo que dela emerge, captamos sujeitos revoltados com a memória, com a matematização excessiva (no pior sentido dessa matematização: o ensino formulístico), com a desmotivação, com a falta de embasamento e com a falta de liberdade para uma visão autêntica de mundo no debate com os pares. A imaginação, fenômeno singular, é varrida dos bancos escolares. [...] No calabouço da incompreensão, da distância infinita das fontes originais do conhecimento, a ciência esvazia-se de seu significado primeiro, construindo, através da perpetuação da acumulação e da assimilação passiva de seus conhecimentos, um mundo ficcional de compreensões aparentes e de repetições mecânicas, estas sim verdadeiramente efetivas e eclipsadoras do conhecimento real. (NEVES, 1992, p. 215-216).

Devido a esse tipo de ensino, puramente tradicional, ainda ser o usual e quase ditador na hora em que pensamos sobre como ensinar física, vemos que é necessário pensar sobre as abordagens pelas quais ele possa ser mais efetivo do que encontramos hoje, com uma aprendizagem que seja de fato efetiva. Com esse intuito, portanto, o presente trabalho visa desenvolver uma sequência didática, em que o conteúdo ensinado traga um lado mais realista da ciência, mostrando além de suas fórmulas matemáticas.

Para isso, utilizaremos alguns aspectos da história da primeira Revolução Industrial, que trouxe consigo os desmembramentos da área de estudo da física, chamada termodinâmica. Para realizar a análise desses dois conteúdos utilizaremos o enfoque CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade). Esse enfoque permite que os alunos tenham uma visão

mais abrangente do que é ciência e como ela se relaciona diretamente com a tecnologia e a sociedade, proporcionando assim uma formação mais crítica a respeito dos conhecimentos científicos.

A partir dessa análise, será criada então, uma sequência didática que se utilizará de alguns aspectos da história da Revolução Industrial, para abordar os conceitos de termodinâmica, pretendendo tornar o conhecimento mais contextualizado e proporcionando a formação de cidadãos críticos, cientes de suas realidades e com competência para discutir as possíveis transformações científicas-tecnológicas futuras.

A fim de atingir esse objetivo, o presente trabalho foi dividido em sete capítulos. No primeiro abordaremos o ensino de física no Brasil e a necessidade de se buscar novas abordagens metodológicas.

No segundo, falaremos um pouco sobre o enfoque CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), abordando o que é e como ele pode ajudar para que o ensino seja mais efetivo.

No terceiro, será feito um apanhado histórico sobre a Revolução Industrial, elencando seus principais momentos.

No quarto, o surgimento da termodinâmica em decorrências dos desdobramentos dessa revolução.

No quinto, será feita a análise do apresentado no terceiro e quarto capítulo, levando em conta o enfoque CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade).

No sexto, discutiremos sobre o que é sequência didática e apresentaremos a desenvolvida através do que foi discutido no trabalho.

E por fim, no sétimo capítulo, finalizaremos com algumas considerações finais a respeito do assunto aqui abordado.

## 1. O ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL

O ensino de Física que se espera é aquele em que o aluno se sinta parte do processo de ensino e aprendizagem, que ele consiga relacionar os conteúdos aos quais tem acesso com tudo aquilo que o rodeia, compreendendo os fenômenos naturais como um todo e não somente suas partes fragmentadas, que expanda seus horizontes, favorecendo uma formação completa do indivíduo, em que ele desenvolva não somente competências ligadas ao conteúdo, mas também sua própria autonomia e pensamento crítico em relação ao que está sendo aprendido.

Essa formação completa do indivíduo é defendida pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), na qual elenca que umas das finalidades do Ensino Médio é o “aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico”. Além disso, a própria Base Nacional Curricular Comum (BNCC), material recente que norteia os processos educativos, complementa a respeito:

Para formar esses jovens como sujeitos críticos, criativos, autônomos, e responsáveis, cabe às escolas de Ensino Médio proporcionar experiências e processos que lhes garantam as aprendizagens necessárias para a leitura da realidade, o enfrentamento de novos desafios da contemporaneidade (sociais, econômicos e ambientais) e a tomada de decisões éticas e fundamentadas. (BNCC, 2018, p.463)

Além disso, em específico ao conteúdo de física, que é tratado neste documento dentro da chamada “Ciências da Natureza e suas Tecnologias”, a BNCC diz que:

É importante destacar que aprender Ciências da Natureza vai além do aprendizado de seus conteúdos conceituais. Nessa perspectiva, a BNCC da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias – por meio de um olhar articulado da Biologia, da Física e da Química – define competências e habilidades que permitem a ampliação e a sistematização das aprendizagens essenciais desenvolvidas no Ensino Fundamental no que se refere: aos conhecimentos conceituais da área; à contextualização social, cultural, ambiental e histórica desses conhecimentos; aos processos e práticas de investigação e às linguagens das Ciências da Natureza. (BNCC, 2018, p. 547)

No entanto, esse ensino que se almeja e que inclusive é defendido pelos documentos que regem a educação, não é o que vemos atualmente. Na verdade, na maioria das vezes ele se destoa muito desses parâmetros. O que encontramos quando voltamos nosso olhar para o ensino de física, é uma priorização em se transmitir o seu conteúdo com ênfase somente em leis, conceitos, teorias e principalmente, na matematização exagerada, que se utiliza de fórmulas de maneira indiscriminada, em que em muitas das vezes os alunos as utilizam sem

saber o que elas significam, deixando esses estudantes cada vez mais distante da realidade na qual se encontram inseridos. Sobre isso, a autora Fernandes (1997) afirma:

Mesmo nas proximidades do século XXI, esse ensino apresenta características que foram criticadas há muitas décadas: contínua exposição de leis e fórmulas pelo professor, seguidas de muitos exercícios e problemas para aplicação das mesmas, além da grande preocupação com a quantidade de informações a serem transmitidas, o que pode ser verificado através dos extensos currículos escolares, abordados em curto espaço de tempo. O conteúdo é bastante definido e estático, fazendo com que a Física seja apresentada como uma ciência complexa e dogmática, um estudo intrincado, já concluído e isento de contradições. Principalmente no segundo grau, o conteúdo abordado se refere à Física Clássica e dificilmente tópicos de Física Moderna são introduzidos. (FERNANDES, 1997, p. 57)

Os conteúdos ligados à Física então, são apresentados, na maioria das vezes, como sendo algo pronto e acabado, em que já existem determinadas fórmulas para resolvê-los. Desse modo, a preocupação geral para os alunos é somente decorar essas maneiras que eles precisaram utilizar para resolver determinado problema, fazendo com que eles entendam o lado quantitativo (no sentido de saber onde e como encaixar tal fórmula, mesmo sem saber o porquê) do que foi exposto, mas os tornando muito aquém do lado qualitativo, o que de fato os levaria a entender e compreender determinado fenômeno físico. Assim, como toda a informação que ele tem acesso, é entendida como finalizada, ele não consegue entender o que está sendo investigado em determinado problema e muito menos o que se descobre com a investigação, ocasionando esse ensino pouco estimulador.

Isso faz com que grande parte dos alunos saia do Ensino Médio com certa repulsão à disciplina de Física, já que não conseguem entender o real sentido do que está sendo proposto durante seu processo de aprendizagem e não conseguem relacionar aquilo que foi visto na sala de aula na sua vivência do dia a dia. Até mesmo os cálculos e fórmulas que foram decorados se perdem facilmente entre as memórias, pois alegam que não precisam saber de tais informações para sua vida, atribuindo à Física o sentido somente de passar no colégio, vestibular, para depois se tornar algo esquecido. Além disso, por essa forma que o conteúdo é apresentado, acabam acreditando que fazer/estudar Física é uma ciência que está reservado a algumas poucas mentes brilhantes.

É claro que ao se falar do estudo da Física sabemos a importância também da matemática que a acompanha, não podendo ser deixada de lado, já que possibilita a

quantificação dos fenômenos que serão apresentados. A questão é a maneira com que é apresentada, sem sentido lógico, somente como letras que serão substituídas por alguns números, para chegarem em determinados resultados, se sobressaindo sobre o que de fato importa que é a compreensão dos conceitos envolvidos, não dando oportunidade de argumentação aos estudantes e a criação de um espaço para discussões mais elaboradas. (CARVALHO, 2007).

Outro ponto que vale ressaltar é que esse modelo de ensino peca na criação da visão de uma ciência completamente neutra, que é feita para o desenvolvimento e completo bem estar da sociedade. Essa visão além de ser errada, desloca mais uma vez a ciência da sua real realidade e completude, já que os desenvolvimentos científicos-tecnológicos estão ligados com a sociedade e principalmente, ligados intimamente com as classes dominantes, de modo que o bem estar de todos de uma maneira geral não será o objetivo a ser atingido com tais desenvolvimentos. Sobre isso, Bazzo (1998, p.34) comenta que: “o cidadão merece aprender a ler e entender muito mais do que conceitos estanques – a ciência e a tecnologia, com suas aplicações e consequências, para poder ser elemento participante nas decisões de ordem política e social que influenciarão o seu futuro e o de seus filhos”.

Vemos então a necessidade de se adequar o ensino para que contemple o exposto pelos documentos que direcionam a educação e para que não seja aquele que prioriza somente o decorar dos conteúdos, que valoriza aqueles que melhor memoriza as informações exatamente igual foram passadas a eles e graças a isso tiram notas altas, mas na verdade não compreendem realmente aquilo que foi visto.

Precisa-se ensinar relacionando o conteúdo diretamente com a realidade dos alunos, para que eles vejam significado naquilo que lhes está sendo exposto e conseqüentemente entendam a real importância daquele conteúdo, visando uma aprendizagem que vá ser efetiva e não esquecida após alguns dias por ter sido somente decorada, para que eles saibam levar os conhecimentos adquiridos para a vida e saibam usá-los quando for necessário, para tomar sábias decisões e não decisões equivocadas, como elenca a autora Watanabe:

Essa atitude reducionista determinista e simplificadora, baseada quase que exclusivamente em aulas transmissivas, está presente em muitas escolas e universidades (sendo reforçada pelas atuais conjecturas políticas) e o que vemos é uma geração de brasileiros que usam pouco da ciência escolar para tomar decisões em suas vidas. Uma educação que demanda um olhar mais crítico, próximo da realidade dos sujeitos, pauta-se também por uma perspectiva mais complexa e reflexiva. [...] (WATANABE, 2020, p.1)

E ainda comenta que:

Uma sociedade permeada por diversas situações de riscos nos leva cotidianamente às tomadas de decisões que muitas vezes se baseiam em instituições e informações previamente manipuladas. Assim, por exemplo, promover as queimadas na floresta amazônica por influência de parte do empresariado do agronegócio ou optar por tratar uma pandemia com medicamentos sem eficácia comprovada cientificamente, mostram o quanto um ensino de ciências de qualidade é fundamental para o desenvolvimento de um país. Um ensino que se pauta por uma única visão de mundo, e de ciência, não parece saudável e tampouco honesto intelectualmente. (WATANABE, 2020, p.1)

Desse modo, vemos também a necessidade de criar materiais que possibilitem uma mudança nesse cenário, que se utilize de novas ferramentas e metodologias para auxiliar na construção de novas dinâmicas em sala de aula, a fim de atingir o tão almejado ensino de física que prioriza a formação completa do indivíduo e que possibilita a criação dessa consciência crítica e autônoma, capaz de tomar decisões que sejam baseadas em algo com aporte teórico ao invés de simples achismos.



## 2. A ABORDAGEM CTS (CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE)

Atualmente nos encontramos inseridos em um mundo em que recebemos diversas informações o tempo todo, por vários meios distintos como: internet, televisão, entre outros. Muitas dessas notícias permeiam assuntos baseados em conhecimentos científicos, relacionando-os com assuntos que estão ligados ao dia a dia da sociedade. No entanto, nossos jovens, estudantes do ensino médio, não sabem relacioná-las com os conhecimentos que são vistos em suas salas de aula, não tendo a oportunidade e conhecimentos necessários para avaliar e participar de decisões que envolvam diretamente sua realidade. Isso ocorre devido ao ensino descontextualizado, mostrado no capítulo anterior. Sobre isso, Pinheiro, Silveira e Bazzo, dizem que:

Apesar de os meios de comunicação estarem disseminando os pontos preocupantes do desenvolvimento científico-tecnológico – como a produção de alimentos transgênicos, as possibilidades de problemas na construção de usinas nucleares, o tratamento ainda precário de lixo e outros – muitos cidadãos ainda têm dificuldades de perceber por que se está comentando tais assuntos e em que eles poderiam causar problemas a curto ou longo prazo. (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007, p.72)

Os estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), que surgiram por volta das décadas de 1960 e 1970, veio com o intuito de discutir justamente essas relações entre a ciência com a tecnologia e a sociedade, propondo-se a analisar os impactos causados por essas relações, questionando os interesses com que eles se desenvolvem, a fim de saber se elas afetaram o contexto social de forma positiva ou negativa. Acerca disso, Bazzo comenta que:

É inegável a contribuição que a ciência e a tecnologia trouxeram nos últimos anos. Porém, apesar dessa constatação, não podemos confiar excessivamente nelas, tornando-os cegos pelo conforto que nos proporcionam cotidianamente seus aparatos e dispositivos técnicos. Isso pode resultar perigoso porque, nesta anestesia que o deslumbramento da modernidade tecnológica nos oferece, podemos nos esquecer que a ciência e a tecnologia incorporam questões sociais, éticas e políticas. (BAZZO, 1998, p.142)

A visão que muitos compartilham da ciência é estruturada na linearidade, na qual se pensa que quanto mais ciência, mais tecnologia, mais riqueza haverá e conseqüentemente, melhor será a vida da sua população (Bazzo *et al*, 2003). Ainda segunda Bazzo:

Nesta visão clássica da ciência só pode contribuir para o maior bem-estar social esquecendo a sociedade, para dedicar-se a buscar exclusivamente a verdade. A ciência, então, só pode avançar perseguindo o fim que lhe é próprio, a descoberta de

verdades e interesses sobre a natureza, se se mantiver livre da interferência de valores sociais mesmo que estes sejam benéficos. Analogamente, só é possível que a tecnologia possa atuar como cadeia transmissora na melhoria social se a sua autonomia for inteiramente respeitada, se a sociedade for preterida para o atendimento de um critério interno de eficácia técnica. Ciência e tecnologia são apresentadas como formas autônomas da cultura, como atividades valorativamente neutras, como uma aliança heroica de conquista cognitiva e material da natureza. (BAZZO, 2003, p.125)

Isso vem pela crença de que a ciência é neutra e seu desenvolvimento está pautado pura e unicamente no bem estar social geral. No entanto, sabemos que isso não é uma realidade, a ciência não está livre da interferência de valores sociais e que muitas vezes, por de trás de grandes avanços, estão grandes corporações que visam única e exclusivamente o lucro. Sobre isso, a autora Koepsel elenca que:

Acredito que a vida da população tem sido, de certa forma, melhor e alcançado maior longevidade graças à diversidade de equipamentos e artefatos de que se dispõe, e melhores que os anteriores, que liberem os humanos dos trabalhos mais duros e monótonos. É fato que os grandes avanços da medicina contribuem muito para este aumento na longevidade e qualidade de vida. A erradicação de algumas doenças através da vacinação, o transplante de órgãos, são exemplos destes avanços. Contudo, todos estes desenvolvimentos trazem consigo aspectos negativos, um dos que considero principal, é a desigualdade com que se distribui. (KOEPSEL, 2003, p.69)

A autora ainda acrescenta que:

Enquanto uma parcela muito pequena da população desfruta destas vantagens, a maioria vive na pobreza quase absoluta, sem acesso, sequer, à água tratada e saneamento básico. Mesmo em países economicamente mais desenvolvidos, esta realidade persiste. Existem parcelas da população que não são alcançadas pelos benefícios do progresso tecnocientífico. De modo geral, os avanços da ciência e da tecnologia têm contribuído para aumentar a brecha que existe entre grandes nações e países que ainda buscam desenvolvimento. Ou mesmo entre as classes de maior poder aquisitivo e os excluídos sociais. (KOEPSEL, 2003, p.69-70)

Visto isso, nota-se o quanto é importante uma educação que mostre ao aluno seu papel dentro da sociedade, mostre que eles têm o direito de participar das tomadas de decisões que irão influenciar diretamente seu futuro, para que ele exija e faça valer seu lugar de fala dentro do sistema democrático, no caso do nosso país, que ele vive. É essencial que ele entenda que todos, de alguma forma, mesmo não se tornando especialistas em alguns assuntos, ainda sim de algum jeito possuirão determinado papel social, seja ele o de comprador das novas tecnologias ou como parte da população que irá ser afetada por ela.

É dessa necessidade que vem a educação com um olhar CTS. Estudar os conteúdos com esse enfoque é visar uma formação que irá tornar o educando capaz de discutir e tomar

decisões, conscientes, que surgirão em seu futuro, com um olhar para a situação que seja crítico/reflexivo, para que possam mudar seu contexto social e tornar as condições sociais mais iguais para todos. É discutir as relações que permeiam suas vertentes, simultaneamente, nos aspectos históricos, éticos, políticos e socioeconômicos, a fim de abranger o máximo de contextos na qual a ciência se encontra inserida, tornando o estudo mais crítico e contextualizado, além de acabar com qualquer visão cientificista que possa estar enraizada. Sobre esses estudos, Bazzo comenta que:

Os estudos CTS definem hoje um campo de trabalho recente e heterogêneo, ainda que bem consolidado, de caráter crítico a respeito da tradicional imagem essencialista da ciência e da tecnologia, e de caráter interdisciplinar por concorrer em disciplinas como a filosofia e a história da ciência e da tecnologia, a sociologia do conhecimento científico, a teoria da educação e a economia da mudança técnica. Os estudos CTS buscam compreender a dimensão social da ciência e da tecnologia, tanto desde um ponto de vista dos seus antecedentes sociais, e mais, tanto por que diz respeito aos fatores da natureza social, política ou econômica que modulam a mudança científico-tecnológica, como pelo que concerne às repercussões técnicas ambientais ou culturais dessa mudança. (BAZZO *et al*, 2003, p.125)

A intenção, portanto, não é criar uma visão na qual a ciência seja vista como a vilã da história e que ela está contra o desenvolvimento e bem estar social, mas mostrar a ciência assim como ela é, resultado de fatores políticos, sociais e econômicos, em que nem sempre será os fatores sociais que prevaleceram, com o intuito de despertar no educando uma postura crítica e questionadora frente a questões futuras. Desse modo, o ambiente gerado nas salas de aula, quando os conteúdos são estudados por essa perspectiva, se torna bem diferente do tradicionalista. Sobre isso, Pinheiros alega que:

Com o enfoque CTS, o trabalho em sala de aula passa a ter outra conotação. A pedagogia não é mais um dos instrumentos de controle do professor sobre o aluno. Professores e alunos passam a descobrir, a pesquisar juntos para a construção e/ou produção do conhecimento científico, que não é mais considerado como algo sagrado e inviolável. Ao contrário: está sujeito a críticas e reformulações, como mostra a própria história de sua produção. Dessa forma, aluno e professor reconstruem a estrutura do conhecimento. [...] (PINHEIROS, 2005, p.48)

Assim, possibilita o rompimento do estilo tradicionalista nas salas de aula, proporcionando uma nova forma de se fazer o conhecimento. Os alunos param de possuir o papel de mero receptor e decorador de ideias acabadas, para dar lugar a um personagem mais ativo na sua aprendizagem, tendo a oportunidade da construção de seus conhecimentos alicerçados em desmistificar qualquer visão errônea a respeito do que é de fato ciência e também, em inserir em seu contexto estrutural suas relações com a tecnologia e com a

sociedade, possibilitando reflexões, debates e indagações a respeito de como esse conhecimento foi, é e ainda vai ser usado futuramente. Como elenca Pinheiros:

Dessa forma, favorece a construção de atitudes, valores e normas de conduta em relação a essas questões, com vistas a uma formação que prepare os estudantes para tomarem decisões que se fundem no bem estar da maioria. Além disso, o enfoque CTS poderá contribuir no sentido de auxiliar o professor a aplicar novas estratégias que possam possibilitar ao aluno desenvolver seu lado crítico e reflexivo, ao analisar situações e tomar decisões que envolvem seu cotidiano. (PINHEIROS, 2005, p.49)

Dessa maneira, vemos que aliar os conteúdos relacionados a esse enfoque, nos dá a chance não somente nos desvincularmos do ensino meramente memorizador, tradicional, como também nos dá a oportunidade de educar estimulando o pensamento crítico através das interdisciplinaridades que rodeiam o conhecimento da ciência, possibilitando a formação de jovens que se tornarão cidadãos capazes de entender seus direitos e também capazes de exercer seu papel fundamental em um governo democrático, que é ter voz nas tomadas de decisões que desencadearam uma nova sociedade. Isso de maneira consciente, buscando sempre que a ciência evolua em um contexto social que abranja todas as classes sociais e não somente uma minoria.

Tais estudos, portanto, quando inseridos em sala de aula, podem e muito contribuir para uma melhor educação, possibilitando uma aprendizagem que vá ser efetiva, pois relaciona os conteúdos diretamente com a realidade à sua volta, e que fará sentido em ser aprendida, já que dela pode-se vislumbrar a oportunidade de participar de decisões que venham a construir um futuro melhor para todos.

### 3. A REVOLUÇÃO INDUSTRIAL: SEUS PRINCIPAIS MOMENTOS

A sociedade pré-revolução industrial era majoritariamente rural e artesanal. Os sistemas de produção eram alicerçados nos trabalhos de artesões que detinham o poder de todo o processo de fabricação dos materiais a serem vendidos, em que o ambiente de trabalho eram suas próprias casas. De modo que, as produções se limitavam ao que o homem era capaz de produzir com sua própria força de trabalho. Além disso, naquela época, começo do século XVIII, as dificuldades nos campos de comunicação e transportes por terras eram enormes, demorando longos tempos para se percorrer pequenas distâncias.

Somente alguns países que levaram esses desenvolvimentos pra frente, principalmente a Inglaterra, tornando assim, tal desenvolvimento agrário em um sistema de agricultura em moldes puramente capitalistas. Sobre o sistema da Inglaterra, Hobsbawm elenca que:

Lá, a propriedade de terras era extremamente concentrada, mas o agricultor típico era o arrendatário com um empreendimento comercial médio, operado por mão-de-obra contratada. Uma grande quantidade de pequenos proprietários, aldeões etc. ainda obscurecia esse fato. Mas quando tudo se tornou claro, aproximadamente entre 1760 e 1830, o que apareceu não foi uma agricultura camponesa, mas sim uma classe de empresários agrícolas, os fazendeiros, e um enorme proletariado rural. (HOBSBAWM, 2009, p.26)

Além disso, Hobsbawm aborda outros fatores que também contribuíram para o início da revolução no país, como:

Podemos, pois, resumir o papel dos três principais setores da demanda na gênese do industrialismo. As exportações, apoiadas pelo auxílio sistemático e agressivo do governo, proporcionaram a centelha e constituíram – juntamente com a produção têxtil de algodão – o “setor básico” da industrialização. Além disso, conduziram a importantes melhorias no transporte marítimo. O mercado interno proporcionou a base geral para uma economia industrializada em grande escala e (através do processo de urbanização) incentivou grandes melhorias no transporte terrestre, uma importante base para o carvão e para algumas importantes inovações tecnológicas. O governo dava apoio sistemático a comerciantes e manufatureiros, além de incentivos de modo algum desprezíveis para a inovação técnica e para o desenvolvimento de indústrias de bens de capital. (HOBSBAWM, 2016, p.40-41)

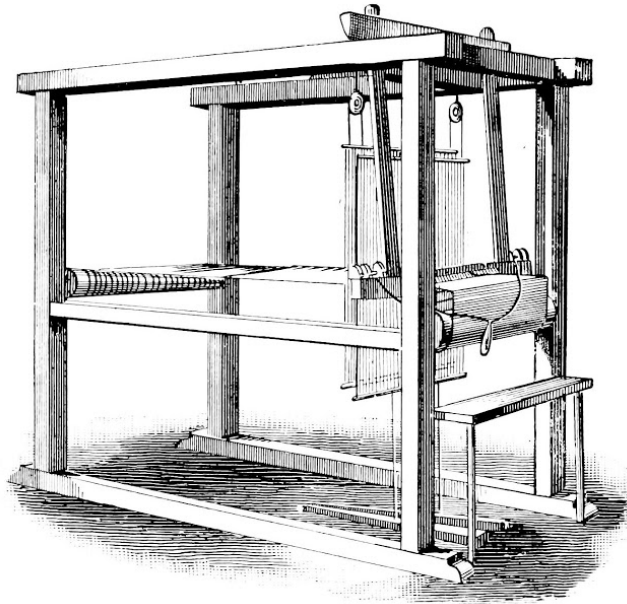
Esse tipo de sistema favoreceu para que fosse no território inglês a eclosão da industrialização. Então, apesar de não ser o país com o maior desenvolvimento científico e tecnológico, ou até mesmo o melhor sistema educacional (que quando comparados com outros países era inferior, como no caso da França), de todas as nações a Inglaterra era quem tinha as melhores condições para que esse processo ocorresse.

Um dos principais processos de fabricação do país naquela época estava centrado na fabricação de tecidos e roupas, pelos artesões. A primeira matéria prima utilizada para a confecção dessas peças foi a lã, mas devido ao grande poder das navegações marítimas da Inglaterra, em um de seus comboios, trouxe tecidos feitos de algodão que foram extremamente aceitos pela sociedade em geral. Isso fez com que os fabricantes locais tentassem então fabricar tecidos que se assemelhassem aos trazidos pelas embarcações e a partir dessa tentativa, o algodão se tornou a mais nova matéria prima para a confecção.

No entanto, em termos de preço, os produtos confeccionados pelos artesões ingleses acabavam saindo mais caros do que aqueles que eram trazidos do oriente, já que a produção estava reduzida à quantidade que os mesmos conseguiam produzir em suas casas. Desse modo, surgiu o anseio de aumentar tal produção, visando diminuir os seus custos de fabricação e o aumento dos lucros.

Foi a partir das necessidades de ampliação do setor têxtil que começou a surgir novos modelos de produção. Surge assim, o principal impulso da Revolução Industrial, sendo nessa área que ocorreu as primeiras inovações mecânicas. Com o invento de Jonh Kay, no ano de 1735, chamado de lançadeira volante, que os primeiros passos para uma produção em maior escala foram dados. Seu invento possibilitou que a lançadeira se movimentasse de uma extremidade da tela à outra, sendo que a única intervenção necessária por partes dos humanos era a de por a máquina para funcionar. Segundo a autora Canêdo, isso trouxe as seguintes consequências:

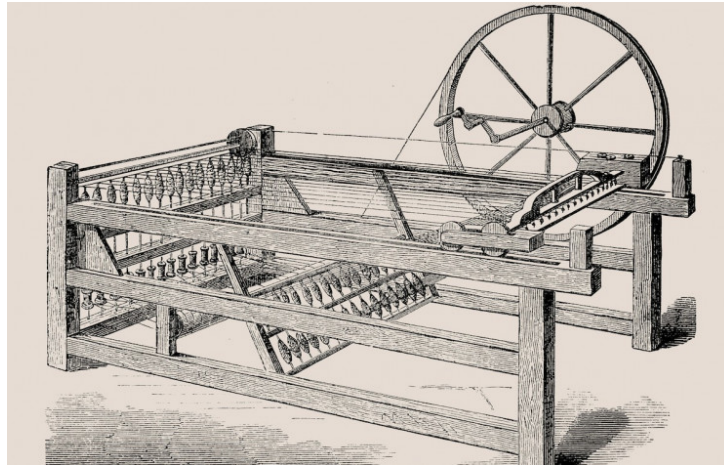
Esse invento trouxe três consequências: primeiro, a possibilidade de tecer peças mais largas; segundo, uma notável aceleração das operações de tecelagem; por último, uma considerável economia na mão de obra, bastando somente um tecelão para realizar o trabalho antes feito por dois ou mais. (CANÊDO, 1994, p.36)



**Figura 1:** Lançadeira Volante de John Kay.

**Fonte:** <<http://professorclaudioesilva.blogspot.com/2013/03/revolucao-industrial-parte-1.html>>. Acesso em: 10 abr. 2021.

No entanto, a fabricação de fio não conseguiu acompanhar o aumento da produção na área de tecelagem, sendo que os tecelões acabavam esperando pela chegada de mais fios. Com isso, surgem duas novas invenções que tinham como propósito aumentar a quantidade de fio que era produzida. A primeira delas foi a conhecida como *spinning-jenny*, inventada por James Hargreaves, que era tecelão e carpinteiro, na década de 1760. Sua invenção consistia em uma roda de fiar que possuía vários fusos dispostos verticalmente e que eram movidos por uma roda, que necessitava da força humana para entrar em movimento, além de um gancho que tinha a função de segurar diversos novelos. Essa máquina possibilitou que a capacidade de produção aumentasse em oito vezes, ou seja, um artesão que tinha a capacidade de produzir um fio por vez, conseguia fabricar oito. Além disso devido ao seu tamanho pequeno, podia ser facilmente instalada nas casas dos artesões.



**Figura 2:** *Spinning-jenny* de James Hargreaves.

**Fonte:** <<https://interestingengineering.com/james-hargreaves-the-inventor-of-the-spinning-jenny>>. Acesso em: 10 abr. 2021.

A outra invenção no campo da produção de fios é a máquina chamada *water-frame*, inventada por Richard Arkwright. Diferente da anterior, a força motriz para seu funcionamento não era mais a humana, mas sim a água. Devido a esse fato, ela não poderia mais ser alocada em casa, tornando-se necessário a criação de espaços (fábricas) para a concentração da produção. A *water-frame* possibilitou uma rapidez na produção e também na qualidade do produto, possibilitando a produção de fios menos custosos.



**Figura 3:** *Water-frame* de Richard Arkwright.

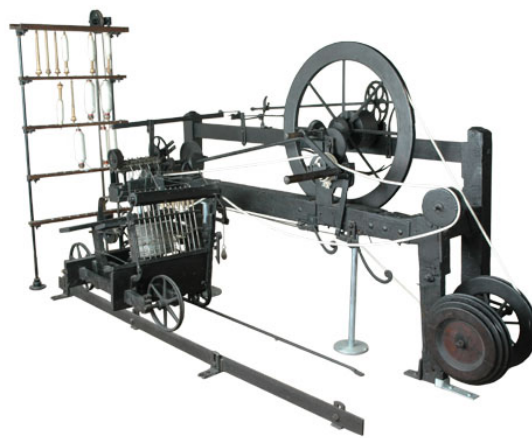
**Fonte:** <<http://professorclaudioesilva.blogspot.com/2013/03/revolucao-industrial-parte-1.html>>. Acesso em: 10 abr. 2021.

Essa máquina introduziu o primeiro sistema fabril na indústria do algodão, porém foi



a criação que surgiu da intersecção dessas duas máquinas, a *mule-jenny*, inventada por Samuel Crompton, em 1779, que de fato consolidou esse sistema de produção. Os fios produzidos por essa máquina eram muito mais sólidos e finos, tornando-os de extrema qualidade. Com isso, temos a ascensão do sistema fabril. Como elenca Canêdo:

Assim, acarretou a decadência do sistema doméstico e, em contrapartida, o auge das fábricas. Com essa máquina, desenvolvida de acordo com as necessidades do mercado, a fiação tornou-se definitivamente uma operação industrial, concentrada e cada vez mais automatizada, deixando de ser uma operação do artesão. (CANÊDO, 1994, p.39)



**Figura 4:** *Mule-jenny* de Samuel Crompton.

**Fonte:** <<http://professorclaudioesilva.blogspot.com/2013/03/revolucao-industrial-parte-1.html>>. Acesso em 10 abr. 2021.

Esse foi o primeiro momento que consolidou a crescente mecanização das produções que até então eram manuais e também, foi o período em que o trabalhador perdeu de vez o controle do processo de trabalho. No entanto, a indústria passou a crescer fortemente, também durante esse mesmo período, em um ritmo muito acelerado, quando as fontes de energia foram substituídas, dando lugar ao vapor. Começou-se então a investir de forma consistente no carvão, ferro e aço, acarretando em novas invenções que, de novo, vieram a transformar o cenário da industrialização.

O carvão vegetal, que já era utilizado para o aquecimento doméstico (devido às temperaturas do país), ou seja, já era um matéria-prima que possuía demandas, passou a ser usado também nos fornos das fábricas, que tinham o intuito de separar o ferro das impurezas. A alta demanda estava levando à escassez de florestas na Inglaterra. A alternativa foi então buscar uma nova fonte de energia, a solução encontrada foi se utilizar do carvão mineral. Porém, existiam duas dificuldades na utilização, que Canêdo aborda:

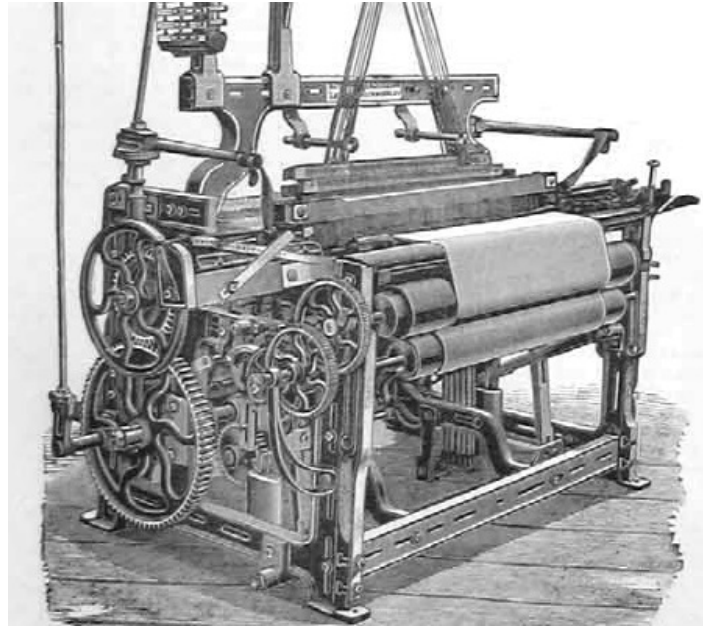
O solo inglês era rico em carvão mineral, mas havia duas grandes dificuldades técnicas para o seu uso: 1) o carvão estava cheio de água. Cada camada estaca separada da seguinte por uma verdadeira toalha de água e o aumento da produção mineira ficava, assim, na dependência de resolver o problema do esgotamento do líquido das minas; 2) o parco carvão extraído dessas minas era de qualidade muito ruim. (CANÊDO, 1994, p.42)

Em decorrência dessas dificuldades, surge então a necessidade da criação de máquinas que resolvessem esses problemas. O setor econômico passou a disponibilizar recursos para a invenção desses instrumentos, com isso vários inventores passaram a dedicar o tempo e as pesquisas deles visando a construção dessas máquinas.

Thomas Savery, em 1705, foi o primeiro a criar uma máquina que suprisse essas necessidades, no entanto seu invento apesar de inovador, não era potente o suficiente para extrair a água das minas. Tal máquina foi aperfeiçoada por Thomas Newcomen, que agora sim, possuía a capacidade de extrair totalmente a água e ainda aumentava a capacidade de produção das minas.

Essa invenção foi ainda aperfeiçoada mais uma vez por James Watt. Estudando a máquina de Newcomen, ele conseguiu encontrar soluções para seus problemas técnicos, projetando uma nova que viria a ser mais eficiente e além disso, que consumiria menos combustível. Dessa forma, passou a existir uma fonte de energia mecânica que era independente de outros fatores, que necessitava somente de água e carvão para seu funcionamento. No entanto, ainda era necessário conseguir que a força expansiva do vapor da máquina, que transformada num movimento de vaivém, transmitisse esse movimento a uma roda.

Watt então, em 1782, inventou um motor rotativo que podia ser utilizado para fazer girar um eixo de ferro e desse modo, guiar os mecanismos de toda espécie, criando assim uma máquina, que se utilizava exclusivamente da expansão do vapor. Essa máquina levou à construção de uma nova máquina de tear, agora mecânica, inventada por Cartwright em 1785, que depois veio a ser aperfeiçoada por Jacquard, expandindo ainda mais o setor têxtil.



**Figura 5:** Tear Mecânico de Edmund Cartwright.

**Fonte:** <<http://professorclaudioesilva.blogspot.com/2013/03/revolucao-industrial-parte-1.html>>. Acesso em: 10 abr. 2021.



**Figura 6:** Tear Mecânico de Jacquard.

**Fonte:** <<https://i.pinimg.com/originals/ee/4d/60/ee4d60fb5a9a5f86446584f9022743f5.jpg>>. Acesso em: 10 abr. 2021

No entanto, essas novas máquinas a vapor necessitavam do material ferro, que ainda não era fabricado de maneira satisfatória. Sua fabricação não tinha nem quantidade e muito menos qualidade suficientes para acompanhar as novas demandas, de maneira que foi

necessário ir atrás de inovações neste campo de produção. A primeira inovação veio na fundição do ferro, que antes era feito com o tratamento do mineral através do fogo do carvão vegetal, pela invenção de Abraham Darby, que propôs tostar o carvão em fornos bem altos para transformá-los em coque e fundi-lo com o ferro. Outro sistema descoberto foi o chamado *pudlage*, feito por Henry Cort. Devido ao seu sistema, foi possível elaborar, ao mesmo tempo e ao mesmo preço que antes, uma quantidade duplicada de ferro, tornando assim a produção em larga escala, através do combustível de carvão mineral.

Isso levou ao desenvolvimento das ferrovias ligadas às necessidades de transporte e também, ligada às necessidades de transporte das minas, que precisavam de meios mais eficientes para levar os carvões extraídos para a superfície e de lá até os pontos de captação. Sobre isso, Canêdo diz que:

Inicialmente, pensou-se na colocação de trilhos para o transporte do carvão em carros de mão que iam das minas até um canal do rio. Mais tarde colocaram, sobre esses trilhos, vagões puxados por cavalos. Mais interessante foi quando se descobriu, por volta de 1812, a possibilidade de acionar os carros por meio de máquinas a vapor móveis (locomotivas). Com isso pode-se ligar uma mina de carvão, distante dos rios, até um porto marítimo por meio de uma longa ferrovia. E exportar o produto. Foi o que contribuiu para a expansão das exportações britânicas de ferro e carvão, impulsionando a abertura de novos mercados. (CANÊDO, 1994, p.49)

Cada vez mais as ferrovias começaram a necessitar de mais ferro, mais carvão, mais mão de obra, mais mercadorias, mais capital e ainda, mais capacidade para a abertura de mercados. Com isso, a produção de ferro e de carvão aumentou absurdamente, tornando-se necessária a procura para a fabricação de aço. Henry Bessemer, foi o descobridor da técnica que tornou possível a transformação do ferro fundido em aço. Thomas e Gichrist, aperfeiçoaram as ideias de Bessemer, de modo que a produção de aço começou a ser produzido em larga escala, possibilitando a substituição do ferro, pelo aço.

Além disso, entrou em desenvolvimento também as áreas de estudos da química, a fim de estudar as estruturas das substâncias e sistematizar novas a partir das já existentes. Para o desenvolvimento dessa indústria foi necessária a disponibilização de recursos de pesquisa, que os próprios donos de capitais disponibilizaram. Nesses novos laboratórios, financiados por quem detinha o dinheiro, a tecnologia científica, nas palavras de Canêdo “tornou-se não só desejável como possível, desde que passasse a se desenvolver de acordo com as necessidades do mercado”.

Esses pontos elencados aqui, como as máquinas produzidas para a fabricação têxtil (indústria de algodão), os novos mecanismos de produção, as máquinas térmicas inventadas nesse período (que elevou e muito o processo de industrialização), tornando necessária a

busca pelo carvão vegetal e mineral e que depois ocasionou a busca pelo aço, a ciência química sendo promovida, foram os principais pontos de revolução realizados no período da Revolução Industrial. Sendo assim, vemos que essa época da história foi um período caracterizado pelas inovações tecnológicas e pelas profundas mudanças que elas causaram na organização do trabalho, que até hoje são sentidas em nossa sociedade atual.

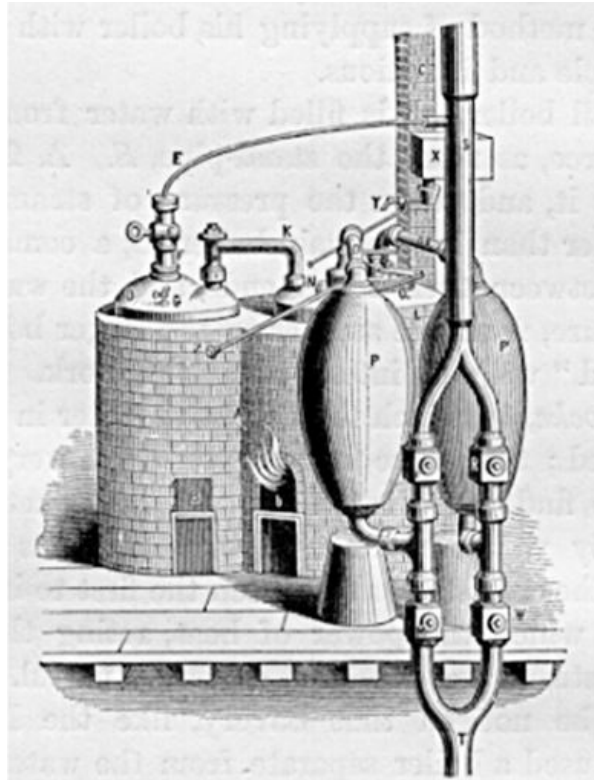
## 4. A TERMODINÂMICA: SEUS DESDOBRAMENTOS HISTÓRICOS

### 4.1 AS MÁQUINAS TÉRMICAS

Como vimos no capítulo anterior, foram os desenvolvimentos das máquinas térmicas que impulsionaram o processo de industrialização, já que com elas se tornou possível otimizar o trabalho, substituindo as fontes de energia (humana e animal) que até então eram utilizadas, possibilitando uma produção em larga escala, com custos menores e conseqüentemente lucros maiores. Essas invenções surgiram com o intuito propriamente de buscar meios pelos quais a fabricação fosse ainda mais efetiva. No caso dessas máquinas, como explicitado também no capítulo anterior, elas surgiram da necessidade de bombear a água das minas para que o carvão mineral, matéria prima fundamental da época, pudesse ser extraído.

O princípio de funcionamento básico dessas máquinas consiste no processo de converter a energia advinda de determinados materiais combustíveis (como o carvão mineral) em energia térmica, para que essa energia venha a ser depois transformada em energia mecânica, para posteriormente ser utilizada na realização de trabalho. O intuito agora é explicar, de maneira mais detalhada, o funcionamento de cada uma das máquinas que surgiram durante a Revolução Industrial. Cabe ressaltar que os nomes aqui citados são os que produziram nessa época em específico, mas antes disso já havia outros projetos desenvolvidos historicamente, como aquele de Heron de Alexandria e o de Denis Papin, que serviram como base para que estas aqui expostas fossem produzidas.

A primeira que surgiu nessa época, período da Revolução Industrial, foi a criada por Thomas Savery, em 1698. Seu funcionamento pode ser explicado da seguinte maneira: vindo do ebulidor, um grande cilindro de metal era preenchido com vapor. Uma válvula era responsável por interromper a entrada desse vapor, enquanto esse cilindro passava por um processo de resfriamento com o auxílio de um jato de água. Com esse resfriamento, o vapor de água era condensado, formando assim, vácuo no seu interior. Esse vácuo criado fazia com que, por meio de outro tubo, controlado por outra válvula, fosse aspirada a água da mina. Esse processo recomeçava de novo assim que outra descarga de vapor, vinda do ebulidor, fosse introduzida, expulsando a água que tinha sobrado na fase anterior.



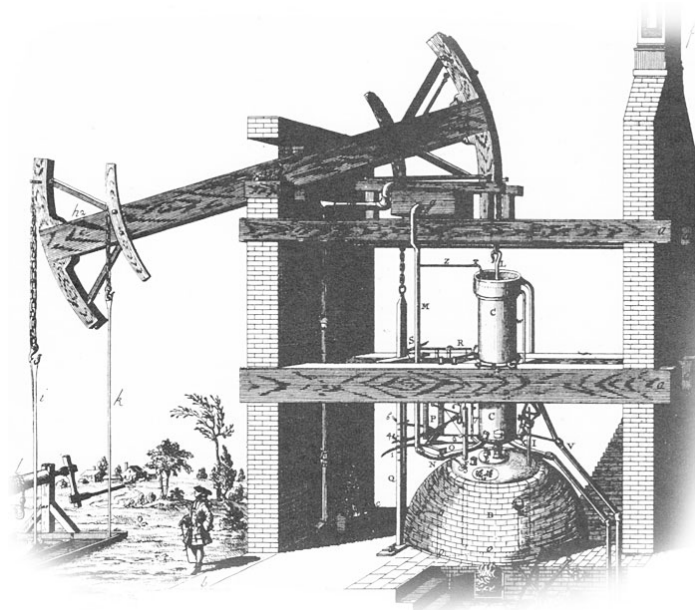
**Figura 7:** Máquina Térmica de Thomas Savery.

**Fonte:** <<https://www.brighthubengineering.com/manufacturing-technology/71480-the-invention-of-the-steam-engine/>>.  
Acesso em: 10 abr. 2021.

A máquina de Savery possuía a dificuldade de lidar com o vapor submetido a grandes pressões, sendo assim, era difícil para ela lidar também, com temperaturas elevadas. Esse problema podia acabar resultando na explosão da caldeira ou do cilindro, tornando-a capaz de provocar perigosos acidentes. Além disso, possuía outros dois inconvenientes: para seu funcionamento utilizava grandes quantidades de carvão e era ineficiente para minas que fossem muito profundas.

A fim de resolver os problemas causados por essa invenção, surgiu a máquina criada por Thomas Newcomen, em 1705. Esse novo invento, além de retirar a água das minas, era capaz também de realizar outras tarefas, como a geração de movimento e elevação de peso através do vapor da água. Para resolver o problema com altas temperaturas, Newcomen incluiu um sistema de válvulas que permitia com que houvesse a entrada de vapor e água fria alternadamente, de forma que o vapor era admitido por apenas um dos lados do êmbolo (que deslizava num e noutro sentido no interior do cilindro), enquanto a água fria era injetada por um lado, sendo o ar produzido na ebulição expelido com a entrada do vapor. O êmbolo estava também ligado a um braço móvel, que ao ser realizado o processo citado anteriormente, fazia com que o braço fosse para cima e para baixo, respectivamente, fazendo com que um porta

cargas fosse movimentado.



**Figura 8:** Máquina de Thomas Newcomen.

**Fonte:** <<https://www.asme.org/about-asme/engineering-history/landmarks/70-newcomen-engine>>. Acesso em: 10 abr. 2021.

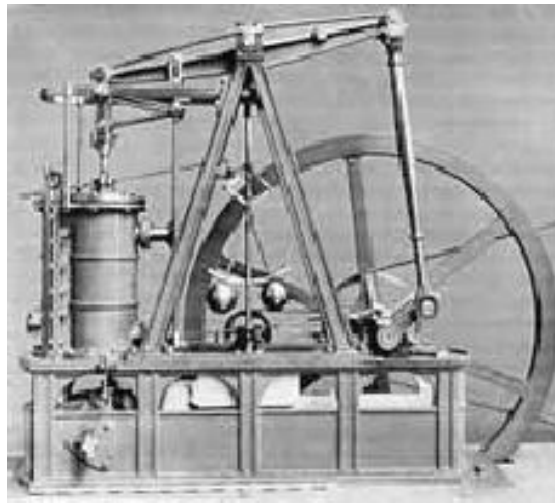
Mesmo com todas essas inovações apresentadas, essa máquina ainda possuía uma desvantagem, pois muito calor era desperdiçado quando seu ciclo se reiniciava e a água usada para condensar o vapor também era responsável por resfriar o cilindro. Dessa forma, ela acabava tendo uma baixa eficiência.

Então, em 1765, James Watt analisou a invenção de Newcomen, e constatou que o problema estava no constante aquecimento das paredes dos cilindros que eram resfriadas sempre para a condensação do vapor. Após uma série de experimentos visando resolver o problema, Watt chegou na ideia de separar o sistema de condensação e a água do cilindro de trabalho, fazendo com que o vapor de água fosse empurrado antes da condensação e a água condensada fosse bombeada novamente para a caldeira. Esse formato, em que um recipiente estava sempre quente (cilindro) e o outro sempre frio (condensador) fez com que muito tempo que era gasto no processo fosse economizado, além de também poupar matéria prima e água para o resfriamento. Fora isso, trouxe outras melhorias, como a introdução de um novo sistema de válvulas que era capaz de fazer com que o êmbolo funcionasse tanto na subida como na descida e o rendimento praticamente dobrou, com a mesma quantidade de combustível fornecida.

Sua invenção foi capaz não somente de retirar a água da mina de maneira extremamente eficiente, como também, através da conversão do movimento dos pistões em



rotação, possibilitou sua aplicação a rodas de fiar, tear (tear mecânico de Cartwright aperfeiçoado depois por Jacquard), condução de locomotivas, barcos a vapor entre outros.



**Figura 9:** Máquina Térmica de James Watt.

**Fonte:** <<http://www.explicatorium.com/biografias/james-watt.html>>. Acesso em: 10 abr. 2021.

Essas foram algumas das máquinas desenvolvidas durante o período da Revolução Industrial e que revolucionaram o processo de industrialização.

#### 4.2 O CICLO DE CARNOT

Estudando essas máquinas a fim de compreendê-las melhor no sentido científico de seu funcionamento, concentrando-se em específico nas relações de energia e calor que eram perdidos por um motor a vapor, Sadi Carnot trouxe grandes compreensões ao campo da termodinâmica. Em seus estudos, demonstrou que o funcionamento das máquinas térmicas supõe uma fonte quente e uma fonte fria, em que há o transporte de certa quantidade de calor da primeira para a segunda, sendo necessário que haja uma queda de temperatura que impulse o motor térmico. Foi possível entender, com essa demonstração, que havendo contato entre corpos que se encontram em temperaturas distintas, ocorre a transferência de calor sem trabalho.

Pensando nisso, Carnot afirmou que uma máquina para realizar trabalho deve evitar que as suas partes que possuem temperaturas diferentes entrem em contato uma com a outra. Construiu assim, uma máquina, que trabalhando com gás aquecido ou resfriado, tornava possível medir a quantidade de energia mecânica que era produzida e que também possibilitava calcular a porcentagem de energia térmica que era transformada em energia mecânica durante o processo. Pádua et al elencam as quatro fases dessa máquina, que hoje

é chamada de Ciclo de Carnot:

- 1) A partir de um estado inicial, o sistema expande-se isotermicamente (absorvendo calor do ambiente) até atingir um segundo estado;
- 2) A partir deste, a expansão é adiabática e, conseqüentemente, a temperatura diminui;
- 3) Dáí em diante, o volume do sistema começa a reduzir-se isotermicamente até alcançar um último estado;
- 4) Uma compressão adiabática conduz o sistema ao seu ponto de partida, fechando assim o ciclo. (PÁDUA et al, 2009, p.83)

Nesse ciclo, todas as transformações ocorridas durante a realização de seu ciclo, são totalmente reversíveis, isto é, podem ser realizadas em sentido inverso, percorrendo as mesmas fases intermediárias que o processo inverso percorreu, proporcionando assim uma máquina térmica com o maior rendimento possível. Além disso, Carnot mostrou que o rendimento de uma máquina térmica reversível, independe da substância de trabalho e é função apenas das duas temperaturas entre as quais a máquina opera, ou seja, ela atingirá seu rendimento máximo se seu funcionamento ocorrer a partir de processos reversíveis isotérmico e adiabático. Com sua análise de rendimento, também comprovou que o rendimento da máquina nunca poderá ser 100%, já que para que isso ocorresse as razões entre as temperaturas deveria ser zero, fato que não pode ocorrer.

#### 4.3 AS LEIS DA TERMODINÂMICA

Dos trabalhos realizados por Carnot a respeito das máquinas térmicas, outros cientistas se propuseram a estudar as relações que existiam nos sistemas termodinâmicos, sendo que alguns deles foram fundamentais para a formulação da primeira lei, como: Mayer, Joule, Helmholtz, Clausius e Kelvin.

A primeira lei está ligada com a conservação de energia presente nos sistemas termodinâmicos, reconhecendo o calor como uma fonte de energia. Dessa forma, quando avaliamos determinado sistema, podemos dizer que ele não pode criar ou consumir determinada energia, sendo possível somente que ele a transfira ou a armazene no meio que se encontra. Assim temos que a energia interna de um sistema chamada de  $U$  será a soma de suas energias cinéticas e energias potenciais de todas as partículas que compõem esse sistema. De forma que, ao receber uma quantidade  $Q$  de calor, esta será capaz de realizar um determinado trabalho  $W$  e aumentar sua energia interna do sistema  $\Delta U$ . Sendo assim, para um sistema fechado, essa relação é dada como:

$$\Delta U = Q - W \quad (1)$$

Em que  $\Delta U$  representa a variação de energia,  $Q$  a quantidade de calor recebida pelo sistema e  $W$  o trabalho realizado. Por essa relação podemos entender que a variação de energia, durante uma transformação, depende somente de dois estados, o final e o inicial, enunciando assim, a conservação de energia que é independente de qualquer que seja o percurso escolhido.

Os diferentes sinais possíveis na equação (1) implicarão nos seguintes fatores:

$\Delta U < 0$ : *A energia interna do sistema diminui*

$\Delta U = 0$ : *A energia interna do sistema não varia, mantém – se constante*

$\Delta U > 0$ : *A energia interna do sistema aumenta*

$Q < 0$ : *O sistema cede calor para o meio*

$Q = 0$ : *O sistema não troca calor com o meio(adiabática)*

$Q > 0$ : *O sistema recebe calor do meio*

$W < 0$ : *O trabalho realizado pelo meio sobre o sistema (Compressão do Gás)*

$W = 0$ : *Não há realização de trabalho nem pelo meio nem pelo sistema (isométrica)*

$W > 0$ : *Trabalho realizado pelo sistema (expansão do gás)*

A segunda Lei da Termodinâmica também é proveniente dos estudos das máquinas térmicas, mais especificamente sobre como poderia haver o aumento do rendimento de uma máquina térmica de forma a torna-lá mais eficiente. Como citamos, ao falarmos sobre o ciclo de Carnot, ele se debruçou bastante sobre essa questão e além dele, outros cientistas que podem ser citados na construção dessa lei são: Clausius, Kelvin, Maxwell, Boltzmann, Gibbs, entre outros.

Essa lei irá abordar os limites sobre os processos de conversão de calor em trabalho, ou seja, será a determinação de que a completa conversão de calor em trabalho é impossível. Olhando para o cenário das máquinas térmicas, isso estabelece que nenhuma delas será capaz de absorver calor e convertê-lo completamente em trabalho. Dessa forma, de uma maneira generalizada, o que temos é que não irá existir processo com variação total negativa da energia, é impossível a construção de um equipamento que, operando em ciclos, o único efeito produzido seja a transferência de calor de um corpo que esteja frio para um que esteja mais quente.

Uma contribuição importante que essa lei insere é o conceito de entropia, que representa o grau de desordem de um sistema. Foi descoberto que através de um sistema que se encontre isolado, a entropia não irá se alterar, caso ele realize um processo reversível e se realizar um que seja irreversível, a entropia do sistema aumentará. Isso nos leva a entender que os processos naturais são espontâneos, o que significa que eles serão irreversíveis e

ocorrerão sempre que houver o aumento da entropia do sistema. Dessa maneira, a entropia do universo aumenta sempre.

O entendimento da entropia nos leva ao que chamamos de Terceira Lei da Termodinâmica, mas como ela é baseada no equilíbrio térmico, sendo a temperatura a primeira grandeza fundamental na termodinâmica, essa lei deveria anteceder as outras duas já existentes. Devido a esse fato, é então chamada, originalmente por Fowler e Guggenhen, de lei zero da termodinâmica. Essa lei nos diz que, dois sistemas (A e B) em equilíbrio termodinâmico, ou seja, um sistema que está em equilíbrio térmico (sua temperatura se mantém constante), mecânico (sua pressão se mantém constante) e químico (sua composição se mantém constante), simultaneamente, quando em equilíbrio térmico com um terceiro sistema (C), estão em equilíbrio térmico entre si (ou seja, os sistemas A e B, também estão em equilíbrio).

Duas definições, segundo Pádua et al, que podem nos levar a uma melhor compreensão dessa lei, são:

- Equilíbrio: Um sistema termodinâmico está em equilíbrio no sentido macroscópico, quando suas variáveis macroscópicas de estado são constantes no tempo e uniformes através de todo o sistema.
- Equilíbrio Térmico: Dois sistemas termodinâmicos estão em equilíbrio térmicos se, quando postos em contato através de uma parede diatérmica, suas variáveis de estados não se alteram. Dois sistemas em equilíbrio térmico têm a mesma temperatura. (PÁDUA et al, 2009, pg.92)

Esses autores ainda elencam:

- De forma substancial, podemos dizer que a Lei Zero da Termodinâmica traz em si o princípio físico do Equilíbrio Térmico e proporciona uma maneira empírica de definir temperatura, além de estabelecer um processo operacional de como medi-la. (PÁDUA et al, 2009, p.92)

## 5. UMA VISÃO CTS SOBRE OS ASSUNTOS AQUI APRESENTADOS

Vimos no capítulo 4 uma pequena retrospectiva histórica das principais inovações que ocorreram durante o período da Revolução Industrial e o que levou que elas acontecessem. No capítulo 5, foi mostrado um pouco mais, em específico, das máquinas térmicas e algumas contribuições e conhecimentos que foram possíveis através de um estudo mais aprofundado de seu funcionamento. Tais abordagens podem nos levar a pensar que esse momento da história só nos trouxe coisas benéficas, como as máquinas, que trouxeram consigo as novas formas de comunicação e os novos meios de transporte. No entanto, não foi exibido em nenhum desses capítulos, de modo profundo, o que esse período trouxe de transformações em relação à sociedade (política, contexto social e econômica) e também em relação ao meio ambiente. Nesse sentido, é sobre essas perspectivas, que esse capítulo pretende abordar.

Primeiro, vamos abordar as transformações em relação à sociedade, que permeia as relações políticas, contexto social e o sistema econômico. A forma com que o trabalho era realizado antes do período de revolução, como foi abordado, era principalmente rural e artesanal. As produções eram realizadas nas próprias casas de seus fabricantes, que eram os responsáveis desde o início ao fim do processo. A mecanização do trabalho veio pra romper drasticamente com esse cenário levando-nos a um nunca antes imaginado pelos integrantes da sociedade daquela época. Temos nesse processo, a passagem do estilo antigo de produção para um novo que é dominado pelo setor industrial e pela substituição da força humana de trabalho pelas novas máquinas que surgem. Sobre isso, a autora Canêdo, traz que:

A passagem se completou com a consolidação das novas formas de organização do trabalho produtivo: não mais a produção domiciliar do artigo que atendia a um mercado pequeno, e sim a existência de fábricas providas de máquinas movidas a vapor, agrupando até centenas de trabalhadores ocupados na fabricação em série para um mercado indeterminado, desconhecido e cada vez maior. Um sistema de produção delineado dentro da conhecida definição de funções e responsabilidades dos diferentes participantes do processo produtivo: de um lado, o empresário, dono do aparelhamento, de todo o material e do produto final do trabalho; de outro, o antigo artesão, desprovido dos meios de produção e, portanto, transformado de produtor em vendedor de sua única propriedade: sua força de trabalho. Com o proprietário ficará o lucro – ou o prejuízo –, com o trabalhador, executando o trabalho sob supervisão de técnicos e controle de um relógio, ficará o salário. (CANÊDO, 1994, p.7)

A partir desse cenário, observamos a consolidação de um sistema que veio para mudar completamente a forma de vida existente, dando forma à sociedade industrial que estamos tão acostumados hoje em dia. Aqui vemos o estabelecimento de um sistema puramente

capitalista (que predomina atualmente), que valoriza a progressão técnica, o lucro acima de qualquer coisa, e que leva a um distanciamento ainda maior das classes sociais, em que apenas uma pequena parcela da sociedade é detentora de grandes capitais. A classe trabalhadora da época, que incluía mulheres e crianças nos trabalhos fabris, ganhavam salários que estavam a níveis de subsistência. Como diz Hobsbawm, em relação às consequências desse novo tipo de configuração:

[...] Ela transformou a vida dos homens a ponto de torná-las irreconhecíveis. Ou, para sermos mais exatos, em suas fases iniciais ela destruiu seus antigos estilos de vida, deixando-os livres para descobrir ou criar outros novos, se soubessem ou pudessem. Contudo, raramente ela lhes indicou como fazê-lo. [...] (HOBSBAWM, 2016, p.70)

A sociedade se encontrou inserida em uma nova vida, agora urbana, como diz Canêdo, “impregnada de fumaças e imundícies, sem serviços públicos básicos, repleta de doenças respiratórias ou intestinais, que eliminou as festas, os passeios e os jardins, transformando os operários em pálidas massas amarelas”. Os trabalhadores, a classe operária, encontraram-se submetidos a um sistema que explorava sua mão de obra, controlava seu tempo, tornando-se pessoas completamente subordinadas ao sistema industrial. Vendiam sua força de trabalho, mas lhes era roubado momentos de lazer e cultura. Em suas moradias, normalmente, não havia sequer água corrente e estavam expostas a lixos e esgotos, que os levavam a contrair doenças.

Em relação aos trabalhadores que eram crianças, a autora Oliveira aborda que o trabalho infantil já era existente no estilo de produção anterior a esse, mas:

Ao comparar o trabalho infantil doméstico e fabril percebemos que o trabalho na fábrica era mais árduo para a criança, pois não havia a separação entre brincar e trabalhar como havia no trabalho doméstico no qual: “em síntese, podemos supor que havia uma introdução gradual ao trabalho que respeitava a capacidade e a idade da criança, intercalando-a com a entrega de mensagens, a colheita de amoras, a coleta de lenhas e as brincadeiras.” [...] (OLIVEIRA, 2004, p.88)

A autora também aborda, baseando-se no exposto por E. P. Thompson, que as condições das mulheres nessa época também pioraram, sendo elas também exploradas pelo sistema das fábricas em longas jornadas de trabalho e com salários extremamente baixos. Sobre isso, Oliveira *apud* Thompson, diz “A pretensão de que a Revolução Industrial tenha elevado o status das mulheres parece pouco significativa diante do número excessivo de horas de trabalho, das moradias apertadas, das grandes quantidades de partos e das elevadas taxas de mortalidade infantil”. É ainda complementado, por Oliveira, que: “A mulher adquiriu uma

certa independência com relação aos parentes ou à assistência paroquial, mas fora isso sua situação piorou, pois foi sendo cada vez mais explorada nas fábricas com muitas horas de trabalho, salários baixos e pouco tempo para se dedicar a si mesma”.

Temos, dessa forma, a priorização do lucro em detrimento de todos os tipos de trabalhadores, sejam eles homens, mulheres e crianças (que eram ainda mais exploradas), visando a acumulação de capital e a riqueza que pode ser gerada através dessas relações de exploração. As pessoas que não detinham dinheiro, passaram a viver submissas a esse sistema, o qual explora uma classe (trabalhadores), visando benefícios para uma classe pequena (burguesia).

Dessa forma, portanto, se tratando das transformações em relação a sociedade a partir da inserção dos inventos tecnológicos, elas não foram benéficas para a maioria da população, muito pelo contrário, tornou as relações políticas e econômicas ainda mais voltadas para uma pequena parcela da sociedade, instaurando um sistema econômico (capitalismo) que prioriza somente aqueles que possuem grandes quantidades de dinheiro, que explora a mão de obra e desumaniza a vida do trabalhador da classe mais baixa, visando um lucro tão grande quanto for possível. Cabe ressaltar uma característica que pode ser tratada como positiva dessa época é que, em decorrência das péssimas condições dos trabalhadores, é nessa época que temos as primeiras movimentações trabalhistas visando a obtenção de direitos que fossem dignos para classe operária.

Em se tratando do ponto de vista ambiental, as consequências sofridas pelo meio ambiente durante esse processo também foram extremamente prejudiciais. Como o que era priorizado nessa nova estrutura de sociedade era o lucro, não houve a preocupação com a qualidade do ambiente em que se encontravam inseridos, o que levou também a uma péssima saúde populacional. A utilização indiscriminada dos combustíveis fósseis trouxe uma série de consequências, como: efeito estufa, destruição da camada de ozônio, contaminação do solo e das águas, vazamento de produtos nocivos (substâncias tóxicas) no ambiente, diminuição das áreas florestais, aquecimento global, dentre outros.

Tais efeitos se perpetuam até hoje no nosso meio ambiente atual, essa falta de cuidado reflete em muitos dos problemas que temos hoje em dia, sendo que atualmente, o que nos propomos a fazer é reduzir esses impactos causados por essa industrialização, tentando prevenir que acontecimentos como esse nos levem à extinção.

Outro ponto que cabe ressaltar na análise da história da Revolução Industrial é o de que podemos ver claramente que a ciência de fato não é neutra. Todos os desenvolvimentos científico-tecnológicos dessa época estavam voltados para um único fim, o lucro. Os

desenvolvimentos dessas áreas, na maioria das vezes, estavam alicerçados pelos capitalistas que proporcionavam aparelhagens científicas e produtos novos a serem utilizados pelos cientistas em seus experimentos, a fim de que eles criassem novas maneiras pelas quais os recursos pudessem ser explorados.

Ao olharmos para os aspectos da história da Revolução Industrial aqui analisados, com o enfoque CTS, vemos que ela traz consigo uma série de mudanças que não foram benéficas e que essas três vertentes (Ciência, Tecnologia e Sociedade) estão intimamente interligadas. Vemos que seus resultados permeiam a sociedade até hoje, como elenca Hobsbawm (2009), essa época da história cria palavras como, indústria, capitalismo, socialismo, ferrovia, classe média, classe trabalhadora, greve, entre outras, que por si só já provam a importância deste período. Nos próprios dizeres do autor:

Imaginar o mundo moderno sem estas palavras (isto é, sem as coisas e conceitos a que dão nomes) é medir a profundidade da revolução que eclodiu entre 1789 e 1848, e que constituiu a maior transformação da história humana desde os tempos remotos quando o homem inventou a agricultura e a metalurgia, a escrita, a cidade e o Estado. Esta revolução transformou, e continua a transformar, o mundo inteiro. (HOBSBAWM, 2009, p.2)



## 6. SEQUÊNCIA DIDÁTICA

As sequências didáticas são definidas por Zabala (1998) como sendo “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos”. Dessa forma, são entendidas como uma sequência de atividades, com estratégias e intervenções planejadas passo a passo pelo professor, visando a aprendizagem do aluno sobre determinado tema. Dentre as atividades propostas, diversas metodologias de ensino podem ser abordadas, tornando possível, através da esquematização das aulas, levar a uma aprendizagem mais significativa do conteúdo programado.

Zabala elenca as seguintes perguntas pelas quais pode se proceder a análise das atividades, em uma sequência didática, sendo elas:

[As atividades]

- a) que nos permitem determinar os conhecimentos prévios que cada aluno tem em relação aos novos conteúdos de aprendizagem?
  - b) cujos conteúdos são propostos de forma que sejam significativos e funcionais para os meninos e meninas?
  - c) que possamos inferir que são adequadas ao nível de desenvolvimento de cada aluno?
  - d) que representem um desafio alcançável para o aluno, quer dizer, que levam em conta suas competências atuais e as façam avançar com a ajuda necessária; portanto que permitam criar zonas de desenvolvimento proximal e intervir?
  - e) que provoquem conflito cognitivo e promovam a atividade mental do aluno, necessária para que estabeleça relações entre os novos conteúdos e os conhecimentos prévios?
  - f) que promovam uma atitude favorável, quer dizer, que sejam motivadoras em relação à aprendizagem de novos conteúdos?
  - g) que estimulem a autoestima e o autoconceito em relação às aprendizagens que se propõem, quer dizer, que o aluno possa sentir que em certo grau aprendeu, que seu esforço valeu a pena?
  - h) que ajudem o aluno a adquirir habilidades relacionadas com o aprender a aprender, que lhe permitam ser cada vez mais autônomo em suas aprendizagens?
- (ZABALA, 1998, p.63-64)

Por meio dessas perguntas, podemos ver que é essencial que as atividades propostas sejam estimulantes durante todo processo de aprendizagem e que com elas, seja possível a construção de novos conhecimentos. Fica evidente também, que os conhecimentos prévios dos alunos devem ser levados em conta, a fim de desenvolvê-los da melhor maneira possível. Vemos que a relação do professor com o aluno deve mudar, nessas propostas de atividades, o professor não é mais quem detém o conhecimento, mas sim aquele que irá levar os alunos a construir novos saberes. Ele passa a ter o papel de mediador das discussões, estimulando

para que os estudantes envolvidos se tornem agentes ativos no seu processo de aprendizagem, de modo que se sintam à vontade para expressar suas opiniões e debaterem os assuntos que estão sendo tratados, para que ao final, eles tenham sido parte efetiva na construção de seus conhecimentos.

Dessa forma, portanto, as sequências didáticas, por meio das atividades planejadas, permitem um ensino mais dinâmico, favorecendo oportunidades para uma melhor aprendizagem, em que durante sua execução possibilite a construção de novos conhecimentos e não somente a memorização.

### 6.1 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA PROPOSTA

A sequência didática aqui apresentada será dividida em aulas. Com elas espera-se que os alunos desenvolvam as seguintes habilidades:

- Consigam construir uma visão mais realista de ciência, por meio do enfoque CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) que será utilizado, sabendo também relacionar esses três pilares entre si;
- Pensamento mais crítico e reflexivo acerca da realidade que os rodeia;
- Compreensão da importância da história para entendermos o porquê e como estamos onde estamos;
- O trabalho manual, por meio dos experimentos que aqui serão desenvolvidos;
- Opiniões/Argumentação por meio de seminário que será proposto;
- Relacionar os conhecimentos aqui aprendidos, de modo geral, com o mundo atual.

#### AULA – 01

**Tema:** Apresentação do que será exposto ao longo de toda a sequência didática.

**Duração:** 30 minutos.

**Objetivos:** Situar os alunos sobre a prática educativa que os mesmos serão submetidos.

- Recomenda-se que o professor inicie a aula apresentando aos alunos todo o procedimento que será realizado durante essa sequência didática, abordando os assuntos que serão tratados, como: Revolução Industrial, o enfoque CTS, as máquinas térmicas, o ciclo de Carnot e as leis da termodinâmica. Elencando todas as atividades que irão ser realizadas, como: as discussões textuais,

seminários, construção de experimentos, realização da construção de mapas conceituais, entre outros. Enfim, tudo que irá ocorrer durante esse processo deve ser abordado, para que os alunos se situem na prática educativa.

- Nesse processo, recomenda-se que o professor permita que os alunos expressem suas dúvidas, para que durante a realização das atividades, as ideias já estejam mais alinhadas.
- Aqui, uma atividade que deve ser muito bem explicada, é a primeira que já será pedida, no final da segunda aula, para ser entregue na terceira. A atividade consiste em dividir a turma em quatro grupos, sendo eles responsáveis por fazer uma breve apresentação (no máximo 15 minutos), sobre os seguintes temas:
  - Máquina a Vapor desenvolvida por Thomas Savery;
  - Máquina a Vapor desenvolvida por Thomas Newcomen;
  - Máquina a Vapor desenvolvida por James Watt;
  - Aplicações dessas Máquinas na Revolução Industrial.

A apresentação deve conter o funcionamento (no caso das máquinas) e um breve contexto histórico que mostre diretamente o motivo pelo qual cada uma delas foi produzida.

- O restante do tempo dessa aula, 20 minutos, devem ser destinados a aula 2.

## AULA - 02

**Tema:** Introdução à Revolução Industrial.

**Duração:** 70 minutos.

**Objetivos:** Situar os alunos acerca do contexto da Revolução Industrial e dos acontecimentos desse período da história.

- Recomenda-se que o professor deve iniciar pedindo para que os alunos se sentem em círculo para realizar a leitura de três textos, que abordam a Revolução Industrial. Sendo dois dos textos extraídos aqui deste trabalho: O capítulo 3, que aborda o cenário da revolução e seus inventos e o capítulo 5 que aborda suas consequências. E o terceiro texto intitulado “A Revolução Industrial e a Cidade” (disponível no Apêndice A).
- Após feita a leitura do primeiro texto, deve ser feita a seguinte pergunta aos alunos “Com base nesse primeiro texto, como vocês enxergam a Revolução

Industrial?”, “Para vocês foi um bom período para a humanidade?” e “Como vocês enxergam a ciência que se desenvolveu ao longo desse período?”. Realizada as discussões referentes a essas perguntas em que o professor pode estar sempre intermediando, vai para a leitura do segundo texto.

- Após feita a leitura do segundo e do terceiro texto, deve ser feita as mesmas perguntas feitas inicialmente, para que possam repensar as respostas dadas por eles anteriormente.
- A intenção dessa atividade é que a mesma promova um momento crítico e reflexivo sobre o período em questão, já para que eles se sintam mais relacionados com o conteúdo que será visto.
- Feitas essas discussões, deve-se pedir ao final o trabalho explicado na primeira aula, como sendo o primeiro a ser realizado na execução dessa sequência.

### AULA – 03

**Tema:** Apresentação dos alunos do trabalho proposto.

**Duração:** 45 minutos.

**Objetivo:** Promover a participação direta dos alunos na aula.

- Recomenda-se que o professor solicite que as apresentações se iniciem e é importante que elas se desenvolvam na seguinte ordem: Máquina de Thomas Savery, Máquina de Thomas Newcomen, Máquina de James Watt (para que se realizem de acordo com o que ocorreu historicamente) e por fim a aplicação dessas máquinas, que engloba todas as outras três apresentações anteriores.

### AULA – 04

**Tema:** Retomar e explicar novamente aquilo que foi exposto em cada seminário.

**Duração:** 55 minutos.

**Objetivo:** Sanar qualquer dúvida que tenha ficado em relação ao funcionamento das máquinas térmicas apresentadas, além de salientar mais uma vez o uso que delas foi feito, retomando o período da Revolução Industrial.

- Recomenda-se que o professor desenhe no quadro o esquema de funcionamento de cada uma dessas três máquinas para uma melhor visualização dos alunos, ou caso queira, pode-se utilizar do Power Point para a amostragem desses desenhos (caso essa seja a maneira escolhida, pode-se

utilizar também de *gifs*). O importante é que os alunos tenham uma maneira de visualizar cada uma das máquinas e as diferenças entre elas.

- Ao explicar cada uma das máquinas, o professor durante sua explicação, pode solicitar a ajuda de cada grupo em específico, ou seja, o grupo que apresentou a máquina de Thomas Savery, o ajuda a explicá-la ela novamente.
- É importante que se promova essa participação para que a aula não se torne meramente expositiva e os alunos se sintam parte do processo de aprendizagem desse conteúdo.

### AULA - 05 e 06

**Tema:** Ciclo de Carnot.

**Duração:** 100 minutos.

**Objetivo:** Relacionar as máquinas térmicas que foram vistas anteriormente com o ciclo proposto por Carnot, com a intenção de abordá-lo e também, suas considerações acerca do rendimento de uma máquina.

- Recomenda-se que o professor relembre rapidamente o funcionamento das máquinas térmicas de modo geral e a partir delas começar a abordar os estudos feitos por Carnot, elencando que seus feitos estavam voltados a descobrir como conseguir o máximo de rendimento possível delas. É importante aqui trazer de novo o contexto dessa pesquisa dele. Por que o interesse em descobrir o rendimento máximo da máquina? Para que elas pudessem ser ainda mais eficientes nas fábricas, proporcionando um lucro ainda maior.
- Durante essa abordagem o professor pode incitar a participação dos alunos, tentando fazer com eles percorram o caminho para descobrir como Carnot conseguiu realizar tal constatação. Isso pode ser feito por meio de perguntas, como: “Como vocês acham que uma máquina pode ter rendimento máximo?”, “Quais os fatores que vocês acreditam ser os responsáveis por controlar esse rendimento?”, “Nas máquinas térmicas temos duas fontes, uma quente e uma fria, será que elas se relacionam com o rendimento?”, “Agora que já sabem que o rendimento está ligado com as temperaturas, como será que elas se relacionam entre si?” Enfim, perguntas que direcionem os alunos a encontrarem, juntamente com o professor, a expressão que

calcula o rendimento máximo de uma máquina.

- Feita essa abordagem, deve-se partir para a explicação do ciclo de Carnot. Aqui, para uma melhor aprendizagem e visualização do conteúdo, o professor pode utilizar o simulador, que retrata o ciclo de Carnot, disponível em:

[https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf\\_carnot&l=pt](https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_carnot&l=pt). Nele, apesar de pouco os recursos, algumas coisas podem ser manipuladas, fornecendo um bom subsídio para a explicação, ainda mais pelo fato que as transformações ocorridas durante o ciclo são bem expostas.

- Se for possível e a escola tenha um laboratório com computadores, seria interessante levar os alunos lá, para que eles mesmos manipulassem um pouco o simulador, enquanto o professor ia direcionando esse manuseamento. Caso não seja, o professor pode usar um projetor multimídia para que todos visualizem o simulador ao mesmo tempo.

### AULA – 07 e 08

**Tema:** As Leis da Termodinâmica.

**Duração:** 100 minutos.

**Objetivos:** Apresentar as leis da termodinâmica, relacionando-as diretamente com as máquinas térmicas e com as considerações feitas por Carnot.

- Recomenda-se que seja feita uma breve retomada do conteúdo visto anteriormente.
- Feito isso, a primeira lei a ser apresentada deve ser a chamada Lei Zero da Termodinâmica, que estabelece o equilíbrio térmico entre os corpos. Aqui o professor pode utilizar-se do quadro para desenhar os corpos ou utilizar-se de imagens que para ele melhor explicam essa lei.
- Agora pode ser introduzida a primeira lei da termodinâmica, utilizando-se da máquina térmica para isso, abordando que ela obedece a essa lei, pois parte da energia na forma de calor ( $Q$ ) que recebe, é transformada em trabalho ( $W$ ) – energia útil – e a outra parte é transformada em variação da energia interna ( $\Delta U$ ), que é a energia não utilizada, chegando assim na expressão que calcula o que é dito nessa lei. Aqui também devem ser apresentadas as variações de sinal que essa fórmula pode abranger e o que elas constatarem. Para uma melhor

visualização, o professor pode se utilizar do seguinte simulador: <https://www.stefanelli.eng.br/transformations-simulator/>.

- Com a explicação da primeira lei feita, deve ser explicada então a segunda lei da termodinâmica, da mesma maneira que foi feita a da primeira, relacionando-a com as máquinas térmicas. Deve ser elencado que elas obedecem a essa lei, já que é o enunciado dessa lei que nos permite constatar que nenhuma máquina térmica é capaz de transformar em trabalho todo o calor que recebe. Para falar sobre esse aspecto da conversão de energia, pode-se utilizar o seguinte simulador: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/energy-forms-and-changes](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/energy-forms-and-changes).
- Para finalizar recomenda-se retomar então as considerações feitas por Carnot, abordando que nunca haverá uma máquina cujo rendimento seja de 100% e explicar o porquê disso com o auxílio da segunda lei que acabou de ser vista.

### AULA - 09

**Tema:** Construção de experimentos ligados às máquinas térmicas.

**Duração:** 70 minutos

**Objetivos:** Montar experimentos que ajudem na visualização de todos os conteúdos vistos até agora e que contribuam para a aprendizagem.

- Aqui recomenda-se que o professor separe os alunos novamente em 4 grupos, e seria interessante que esses grupos fossem diferentes dos formados anteriormente. Os grupos serão responsáveis por construir o experimento (barquinho movido a vapor) totalizando assim a confecção de quatro experimentos. (O experimento e o modo de confecção, estão disponíveis no Apêndice B)
- Durante a confecção o professor deve auxiliar os alunos da maneira que for necessário.

### AULA – 10

**Tema:** Discussão sobre os experimentos apresentados e solicitar a entrega de dois trabalhos na próxima aula.

**Duração:** 30 minutos.

**Objetivos:** Possibilitar a compreensão dos alunos sobre o que é abordado nos

experimentos e avisá-los dos trabalhos que devem ser entregues.

- Recomenda-se que o professor faça com os alunos uma breve discussão, no máximo vinte minutos, sobre os experimentos e seus funcionamentos.
- Nos dez minutos finais, deve ser pedido aos alunos dois trabalhos para serem entregues na próxima aula.
- O primeiro trabalho consiste em uma pequena lista de exercício (Apêndice C), que aborda os conceitos envolvidos nos experimentos feito por eles, porém a lista deve ser entregue individualmente e não uma por grupo.
- O segundo trabalho consiste na apresentação de uma proposta sobre um possível cenário diferente da Revolução Industrial. Deve ser pedido aos alunos, divididos em quatro grupos novamente (interessante de novo que houvesse a mudança na composição, não sendo a mesma divisão feita anteriormente), que façam uma apresentação respondendo à seguinte pergunta: “O que eles teriam feito de diferente durante o período de invenções tecnológicas, época da Revolução Industrial, que tivesse melhor efeito para a sociedade do que teve naquele período?”. Lembrando que os seminários serão de no máximo 15 minutos.

### AULA -11

**Tema:** Entrega das listas de exercícios e a discussão a respeito dos resultados.

**Duração:** 30 minutos.

**Objetivos:** Discutir os resultados apresentados na lista de exercícios e tirar dúvidas.

- Com a entrega das listas, recomenda-se que o professor faça uma discussão acerca de seus resultados, lembrando das teorias que os cercam. E também abrir espaço para sanar qualquer dúvida sobre os assuntos que ainda possa existir.

### AULA – 12

**Tema:** Apresentação dos seminários e solicitação da atividade final.

**Duração:** 70 minutos.

**Objetivos:** Ajudar a criar nos alunos os critérios de argumentação sobre seus pontos de vistas e levá-los a entender que são papel fundamental quando se pretende ter um futuro melhor, já que serão eles que o construirão.



- Recomenda-se iniciar a apresentação dos seminários, sorteando a ordem em que cada grupo apresentará. Como o tempo estipulado para cada apresentação é de no máximo 15 minutos. Espera-se que passados 45 minutos da aula, todas as apresentações tenham sido finalizadas.
- Os próximos 25 minutos devem ser destinado a discutir as propostas que foram apresentadas por cada grupo. Aqui recomenda-se que o professor aborde que essas decisões já não podem ser tomadas, mas que as que surgirão no futuro ainda podem e devem ser com a participação deles. Para acalorar ainda mais o momento de discussão o professor pode ler a seguinte frase, retirada do livro “Piloto de Guerra” (Antoine de Saint-Exupery), que diz: “O futuro não é um lugar onde estamos indo, mas um lugar que estamos criando. O caminho para ele não é encontrado, mas construído e o ato de fazê-lo muda tanto o realizador quando o destino.”. Pode ser perguntado aos alunos o que eles acham sobre essa afirmação, enquanto o professor vai salientando o quanto o papel deles na sociedade é fundamental e que através da luta, eles podem buscar uma realidade que seja melhor para todos, só precisam se inteirar dos assuntos e buscar refletir sobre eles. Ao final da discussão, pode ser falado sobre o livro “Piloto de Guerra” e recomendar sua leitura, já que ele aborda outro momento da história, Segunda Guerra Mundial, em que o uso da ciência e da tecnologia não foram benéficos, muito pelo contrário, levou a grandes destruições na qual milhares de vidas foram perdidas.
- Nos últimos dez minutos, deve ser solicitado a última atividade a ser entregue nessa sequência, de modo a finalizá-la. A atividade consiste na entrega, na próxima aula, de 3 mapas conceituais, cujos temas centrais serão: A Revolução Industrial e suas consequências, Máquinas Térmicas e Ciclo de Carnot. E também deve ser solicitada a entrega de um questionário que contenha as respostas das seguintes perguntas: “A sua visão do que era ciência modificou ao longo dessa sequência didática? Se sim, como ela era e como você a descreve agora?”, “Como você relaciona a ciência com a sociedade e a tecnologia?” e “Diante dessas relações, qual é o papel que você deve exercer quando se tratar das futuras inovações científico-tecnológicas?”.

## **AVALIAÇÃO**

A avaliação do conteúdo será a soma das apresentações dos seminários, a confecção dos experimentos, a resolução da lista de exercícios, a entrega dos mapas conceituais e as respostas dadas no questionário solicitado.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando abordamos o ensino de Física, vemos que ainda é o ensino tradicional que perdura nos dias atuais, formando jovens que na realidade pouco ou nada compreendem do que a matéria se propõe explicar. É necessário que nos desvinculemos desse estilo de ensino que insiste em prevalecer nas nossas escolas, que se baseia principalmente em aulas no formato expositivo que são seguidas de extensas listas de exercícios, que focam principalmente em conceitos matemáticos e aplicações de fórmulas, esquecendo o real significado do conteúdo que está sendo abordado.

Isso acaba levando a uma realidade na qual os alunos não veem sentido na Física, a não ser o de decorá-la e passar em suas provas, levando a um completo desinteresse em relação ao que lhes é exposto, matando qualquer curiosidade que pudesse surgir ao longo do seu processo de aprendizagem.

Desse modo, o que foi proposto nesse trabalho é uma maneira pela qual o ensino de Física possa ir na contramão do ensino tradicionalista. Que possa vir a ajudar com que os alunos se sintam inseridos no seu processo de aprendizagem, tornando-os participativos e buscando recuperar a curiosidade e o interesse que lhes foi roubado, que também possibilite uma apresentação da ciência mais contextualizada com a realidade na qual eles estão inseridos.

E como já foi elencado durante o trabalho, se utilizar do enfoque CTS auxiliado a uma sequência didática, com atividades que promovam sua participação efetiva durante o processo de ensino-aprendizagem, possibilita uma formação completa do indivíduo, que faz com ele saiba relacionar o que está sendo visto com aquilo que ele vive no seu dia a dia, a fim de que ele possa, quando se fizer necessário, exercer seu papel de cidadão, opinando e discutindo a respeito das inovações científico-tecnológicas que afetarão seu meio social. Com essa formação, o aluno consegue entender seu papel diante de uma sociedade democrática.

Sendo assim, pensamos que esse trabalho elenca que os estudos CTS podem servir como um grande recurso didático, que aliado a metodologias que fujam do ensino tradicionalista, possam contribuir não só para melhorar o processo de ensino-aprendizagem como também em uma melhor formação dos estudantes do Ensino Médio.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. **Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional**. LDB: Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Brasília, MEC, 1996.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, MEC, 2018.
- BAZZO, Walter A. **Ciência, Tecnologia e Sociedade e o contexto da educação tecnológica**. Florianópolis: UFSC, 1998.
- BAZZO, Walter A; VON LISINGEN, Irlan; PEREIRA, Luiz T. V. **Introdução aos Estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)**. Madri, Espanha: OEI (Organização dos Estados Ibero-americanos), 2003.
- CANÊDO, Letícia B. **A Revolução Industrial**. 13ª Ed. São Paulo: Atual Editora, 1994.
- CARVALHO, Gabriel D. J. AS concepções de ensino de física e a construção da cidadania. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. Florianópolis, SC, v. 24, n. 2, p.194-223, 2007.
- CASSIDY, David; HOLTON, Gerald; RUTHERFORD, J. F. **Understanding Physics**. Rev. ed. of: The Project Physics Course, 1971.
- FERNANDES, Simone G. P. Algumas considerações sobre o ensino de Física no Brasil e seus reflexos na formação de professores. **Mimesis**. Bauru, v.18, n.1, p. 53-63, 1997.
- HOBSBAWM, Eric J. **A Era das Revoluções – 1789 – 1848**. São Paulo, SP: Editora Paz e Terra, 2009.
- HOBSBAWM, Eric J. **Da Revolução Industrial Inglesa ao Imperialismo**. 6ª Ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2016.
- KOEPSEL, Raica. **CTS no Ensino Médio: Aproximando a Escola da Sociedade**. Tese de Mestrado em Educação; UFSC; Florianópolis; 2003.
- NEVES, Marcos C. D. O resgate de uma história para o ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 215-224, dez. 1992.
- OLIVEIRA, Elisângela M. Transformações no mundo do trabalho, da Revolução Industrial aos nossos dias. **Caminhos de Geografia**. Uberlândia, v. 5, n. 11, p. 84-96, 2004.
- PÁDUA, Antonio B; PÁDUA, Cléia G; SILVA, João L. C. **A História da Termodinâmica Clássica: Uma Ciência Fundamental**. Londrina: Eduel, 2009.
- PINHEIROS, Nilcéia A. M. **Educação Crítico-Reflexiva para um ensino médio científico-tecnológico: A contribuição do enfoque CTS para o ensino-aprendizagem do conhecimento matemático**. Tese de Doutorado em Educação Científica e Tecnológica;

UFSC; Florianópolis; 2005.

PINHEIRO, Nilcéia A. M; SILVEIRA, Rosemari M. C. F; BAZZO, Walter A. *Ciência, Tecnologia e Sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do Ensino Médio. **Ciência & Educação (Bauru)***. Bauru, v. 13, n.1, p. 71-84, 2007.

POTT, Crisla M; ESTRELA, Carina C. *Histórico Ambiental: desastres ambientais e o despertar de um novo pensamento. **Estudos Avançados***; São Paulo, v. 31, n. 89, p. 271-283, 2017.

QUADROS, Sérgio. *A Termodinâmica e a Invenção das Máquinas Térmicas*. São Paulo: Scipione, 1996.

SILVA, Geilson R; ERROBIDART, Nádia C. G. *Termodinâmica e Revolução Industrial: Uma abordagem por meio da História Cultural da Ciência. **História da Ciência e Ensino: construindo interface***. São Paulo, v.19, p. 71-97, 2019.

WATANABE, Giselle. *As contribuições dos aspectos da complexidade para um ensino de física mais crítico. **Revista Brasileira de Ensino de Física***, São Paulo, v.43, supl. 1, 2021.

ZABALA, Antoni. *Prática Educativa: Como Ensinar*. Porto Alegre, RS: Artemed, 1998.

**APÊNDICE A**  
**(Texto Revolução Industrial)**

## A Revolução Industrial e a Cidade

[...] Os principais elementos do novo complexo urbano foram a fábrica, a estrada de ferro e o cortiço. Em si mesmos, constituíam a cidade industrial: expressão que descreve simplesmente o fato de que mais de duas mil pessoas achavam-se reunidas dentro de uma área que podia ser designada com um nome próprio. Tais aglomerações urbanas podiam expandir-se, e de fato expandiam-se cem vezes, sem adquirir mais que vestígios das instituições que caracterizam uma cidade, no sentido sociológico amadurecido — isto é, um lugar no qual a herança social encontra-se concentrada e onde as possibilidades de continuado intercurso e interação social elevam a um nível potencial mais alto todas as complexas atividades dos homens. Exceto em formas residuais diminuídas, faltavam até mesmo os órgãos característicos da Idade da Pedra.

A fábrica passou a ser o núcleo do novo organismo urbano. Todos os demais detalhes da vida ficaram subordinados a ela. Muitas vezes, até mesmo serviços tais como o suprimento de água e o mínimo indispensável em edifícios públicos, necessários à existência da cidade, se não tinham sido construídos por uma geração anterior, só apareciam mais tarde, eram coisas em que só depois se pensava. Não era simplesmente a arte e a religião que os utilitaristas tratavam como meros ornamentos: a administração política inteligente achava-se na mesma categoria. No primeiro esforço da exploração, não se tomava providência alguma quanto à proteção policial e contra incêndios, inspeção de água e alimentos, cuidados hospitalares e educação.

A fábrica usualmente reclamava os melhores sítios: principalmente, na indústria algodoeira, nas indústrias químicas e nas indústrias siderúrgicas, a situação perto de uma via aquática; pois grandes quantidades de água eram agora necessárias, no processo de produção, para abastecer as caldeiras da máquina, resfriar as superfícies quentes, preparar as soluções necessárias e tintas químicas. Acima de tudo, o rio ou canal tinha ainda outra função importante: era o mais barato e mais conveniente lugar de despejo de todas as formas solúveis ou semi-solúveis de detritos. A transformação dos rios em esgotos abertos foi um fato característico da economia paleotécnica. Resultado: envenenamento da vida aquática, destruição de alimentos, poluição da água, que passava assim a ser imprópria para banhos.

Durante gerações, os membros de todas as comunidades urbanas “progressistas” foram obrigados a pagar pela sórdida conveniência do fabricante, o qual, muitas vezes, chegava a entregar preciosos subprodutos ao rio, por falta de conhecimento científico ou de capacidade empírica para empregá-los. Se o rio era um despejo líquido, grandes montes de

cinzas, borra de ferro, escória, ferro enferrujado e até mesmo restos de comida bloqueavam o horizonte, com o seu aspecto de matéria abandonada e inútil. A rapidez da produção era parcialmente contrabalançada pela rapidez do consumo, e antes que uma política conservadora de utilização de restos de metal se tornasse aceitável, os produtos finais disformes ou deteriorados eram atirados em qualquer lugar, na paisagem. Na região da Inglaterra conhecida como Campo Negro, aliás, as enormes pirâmides de detritos lembram ainda formações geológicas: diminuíram o espaço vital disponível, lançaram sombras sobre a terra, e, até recentemente, constituíam um problema insolúvel de utilização ou de remoção.

O testemunho que dá substância a esse quadro é volumoso: em verdade, acha-se ainda aberto para inspeção nas cidades industriais mais antigas do Mundo Ocidental, a despeito dos esforços hercúleos para limpar o ambiente.

Os lugares destinados à moradia eram, muitas vezes, situados dentro dos espaços que sobravam entre fábricas, galpões e pátios ferroviários. Prestar atenção a assuntos tais como imundície, ruído, trepidação era levado à conta de uma sensibilidade efeminada. As casas costumavam ser construídas bem junto das usinas siderúrgicas, fábricas de tintas, gasômetros ou cortes ferroviários. Era muito frequente serem construídas em terras cheias de cinzas, vidros quebrados e restos, onde nem mesmo a grama podia deitar raízes; podiam estar ao pé de uma pirâmide de detritos ou junto de uma enorme pilha permanente de carvão e escória; dia após dia, o mau cheiro dos dejetos, o negro vômito das chaminés e o ruído das máquinas martelantes ou rechinantes, acompanhavam a rotina doméstica.

Naquele novo esquema, a própria cidade consistia de fragmentos dispersos de terra, com formas estranhas e ruas e avenidas incoerentes, deixadas por acaso entre as fábricas, as ferrovias, os pátios de embarque e os montes de restos. Em lugar de qualquer sorte de regulamentação ou de planejamento municipal generalizado, era a própria ferrovia chamada a definir o caráter e projetar os limites da cidade.

Assim, a ferrovia levava ao coração da cidade não apenas o ruído e a imundície, mas os únicos tipos de edificações industriais e alojamentos impróprios que podiam resistir ao ambiente que produzia. Só o hipnotismo de uma nova invenção, numa época enamorada, sem espírito crítico pelas novas invenções, podia ter provocado aquela imolação sem propósito sob as rodas da fumegante *Juggernaut*<sup>1</sup>. Todos os erros que se pudessem cometer em planejamento urbano eram cometidos pelos novos engenheiros ferroviários, para quem os

---

<sup>1</sup> O termo *Juggernaut* é utilizado para referenciar os trens desenvolvidos na época, no qual o desenvolvimento da segurança não foi um dos pilares de sua construção, o que levou a ser comum atropelamentos e todo tipo de acidente.



movimentos de trens eram mais importantes que os objetos humanos alcançados por aqueles movimentos. O desperdício de espaço pelos pátios ferroviários no coração da cidade somente aumentava sua mais rápida expansão fora dela; e isso, por sua vez, já que produzia mais tráfego ferroviário, dava aos descaminhos assim cometidos a sanção adicional dos lucros.

Tão difundida se achava essa deterioração do ambiente, tão insensíveis a elas tinham-se tornado as pessoas que moravam nas grandes cidades, no correr de um século, que até mesmo as classes mais ricas, que podiam presumivelmente dar-se ao luxo de possuir o melhor, até hoje ainda adotam, indiferentemente, o pior. Já quanto à própria habitação, as alternativas eram simples. Nas cidades industriais que cresceram com base em fundações antigas, os trabalhadores foram inicialmente acomodados pela transformação das velhas casas familiares em alojamentos de aluguel. Nessas casas reconstruídas, cada quarto passava agora a abrigar toda uma família: de Dublin e Glasgow até Bombaim, o sistema de um quarto para cada família vigorou por muito tempo. O amontoamento de camas, com três até oito pessoas de diferentes idades a dormir no mesmo catre, agravava muitas vezes o congestionamento dos quartos, nesses chiqueiros humanos. No início do século XIX, segundo certo Dr. Willan, que escreveu um livro sobre as doenças de Londres, havia produzido um estado inacreditável de conspurcação física entre os pobres. O outro tipo de moradia oferecido à classe trabalhadora era, essencialmente, uma padronização dessas condições degradadas; teve, porém, um defeito adicional: as plantas das novas casas e os materiais de construção geralmente nada tinham da decência original das antigas casas burguesas: eram de construção barata, sem alicerces encaixados no solo.

Tanto nos velhos como nos novos bairros, chegou-se a um máximo de imundície e sujeira que nem a mais degradada cabana de um servo teria alcançado na Europa medieval. É quase impossível enumerar objetivamente os simples detalhes dessa habitação, sem dar a ideia de se estar exagerando de propósito. Mas aqueles que elogiam os melhoramentos urbanos ocorridos durante aquele período, ou a suposta elevação nos padrões de vida, lutam, com desvantagem, contra os fatos reais: generosamente, atribuem à cidade em seu todo benefícios de que só a classe média mais favorecida, uma minoria, podia gozar; e interpretam, nas condições originais, os melhoramentos que só três gerações de legislação ativa e engenharia sanitária maciça finalmente puderam produzir.

A começar pela Inglaterra, milhares de moradias dos novos trabalhadores, em cidades como Birmingham e Bradford, foram construídas fundos contra fundos. (Muitas dessas moradias existem ainda.) Por isso mesmo, dois de cada quatro quartos não recebiam luz direta nem ventilação. Não havia espaços abertos, afora as passagens nuas entre essas filas duplas.

Enquanto que no século XVI era um delito, em muitas cidades inglesas, atirar restos na rua, nessas cidades paleotécnicas primitivas era esse o método regular de despejo. Os restos ali ficavam, por mais fedorentos e imundos, “até que o acúmulo induzisse alguém a levá-los embora para servir de esterco”. Deste, evidentemente, não havia carência nos novos bairros superpovoados da cidade. As privadas, de uma imundície indescritível, ficavam geralmente no porão; era também prática comum ter chiqueiros debaixo das casas, e os porcos voltaram a invadir as ruas, como não faziam havia séculos, nas cidades maiores.

Mesmo em nível tão baixo de urbanização, mesmo com acompanhamentos tão imundos, não se construíam casas em número suficiente em muitas cidades; e nestes casos, condições piores ainda tinham predomínio. Os porões eram usados como moradias. Em Liverpool, uma sexta parte da população morava em “adegas subterrâneas”, e a maioria das outras cidades marítimas não se achava muito atrás; Londres e Nova Iorque eram rivais próximas de Liverpool: mesmo na década de 1930, havia 20 mil moradias de porão em Londres, caracterizadas pelos médicos como impróprias para ocupação humana. Tal imundície e tal congestionamento, mais por si mesmos, trouxeram outras desgraças: os ratos que conduziam a peste bubônica, os percevejos que infestavam as camas e atormentavam o sono, os piolhos que propagavam o tifo, as moscas que visitavam imparcialmente a privada do porão e o leite das crianças. Mais ainda, a combinação de quartos escuros e paredes úmidas formava um meio de cultura quase ideal para as bactérias, especialmente porque os quartos congestionados proporcionavam as possibilidades máximas de transmissão, através da respiração e do contato.

Se a ausência de encanamentos e de higiene municipal criava um mau cheiro insuportável nesses novos bairros urbanos, e se a propagação de excrementos expostos, juntamente com a sua infiltração nos poços locais, significava uma propagação correspondente da febre tifoide, a falta de água era ainda sinistra, porque afastava por completo a possibilidade de limpeza doméstica ou de higiene pessoal. Nas grandes capitais, onde ainda perduravam algumas das antigas tradições municipais, não se tomavam providências adequadas relacionadas com o fornecimento de água às novas áreas. Em 1809, quando a população de Londres era de perto de um milhão de habitantes, a água era encontrada, na maior parte da cidade, apenas nos porões das moradias. Em certos bairros, a água só podia ser aberta três dias por semana. E, embora os canos de ferro já tivessem aparecido em 1746, não foram muito usados, até que uma lei especial, na Inglaterra, em 1817, determinou que todos os novos encanamentos fossem construídos de ferro, dentro de dez anos.

Nas novas cidades industriais, estavam ausentes as tradições mais elementares de serviços públicos municipais. Bairros inteiros às vezes ficavam sem água até mesmo nas bicas locais. Vez por outra, os pobres tinham de sair de casa em casa, nos bairros de classe média, a pedir água, como poderiam pedir pão durante uma crise de alimentos. Com essa falta de água para beber e lavar, não admira que se acumulassem as imundícies - Os esgotos abertos, não obstante o mau cheiro que produziam, indicavam relativa prosperidade municipal. E, se as famílias eram assim tratadas, quase não é preciso que se procurem documentos para verificar como passavam os trabalhadores casuais. Casas abandonadas, de propriedade incerta, eram usadas como hospedarias, com quinze ou vinte pessoas num só quarto. Em Manchester, de acordo com as estatísticas policiais de 1841, havia cerca de 109 hospedarias onde pessoas de ambos os sexos dormiam indiscriminadamente; e havia 91 casas destinadas a abrigar mendigos.

Essa carência de acomodações tornou-se quase universal entre os trabalhadores das novas cidades industriais, tão logo o novo regime industrial se estabeleceu por completo. Não ocorria simplesmente serem as novas cidades, em seu todo, soturnas e feias, ambientes hostis à vida humana, mesmo no seu nível fisiológico mais elementar; também o sobrepovoamento padronizado dos bairros pobres repetia-se nas moradias da classe média.

Texto Extraído de “A cidade na história”. Lewis Mumford, Ed. Martins Fontes, 1991.

Disponível em: <https://www.pucsp.br/~diamantino/COKETOWN.htm>

**APÊNDICE B**  
**(Experimento)**

### Barquinho Movido a Vapor

O barquinho será confeccionado a partir do vídeo do canal Manual do Mundo. O link para o passo a passo completo é: <https://www.youtube.com/watch?v=QHcXqpYGJ8M>.

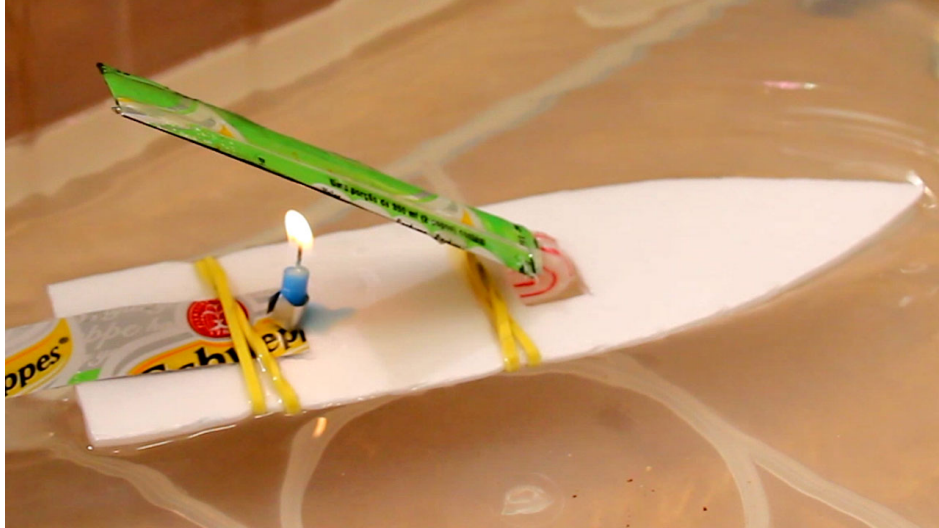


Imagem 1: Barquinho confeccionado no vídeo.

Para a sua confecção será necessário também os dois moldes a seguir:

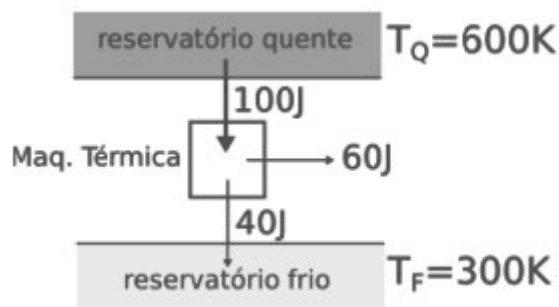
<https://sciencetoymaker.org/wp-content/uploads/2018/02/Putt-Putt-Boiler-Pattern-1.pdf>

<http://www.sciencetoymaker.org/wp-content/uploads/2018/02/Putt-Putt-Foam-Pattern-1.pdf>

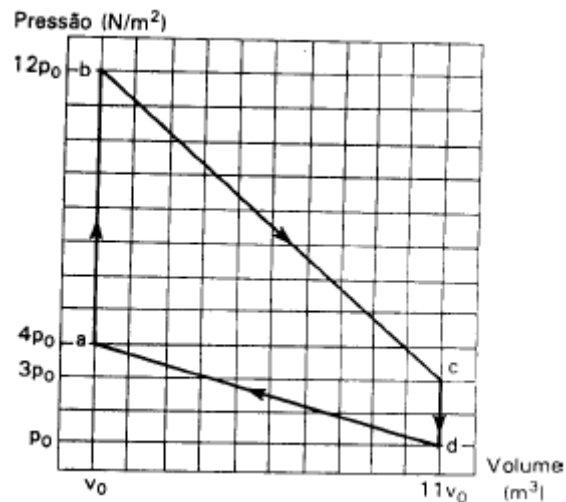
**APÊNDICE C**  
**(Lista de Exercícios)**

### Lista de Exercícios

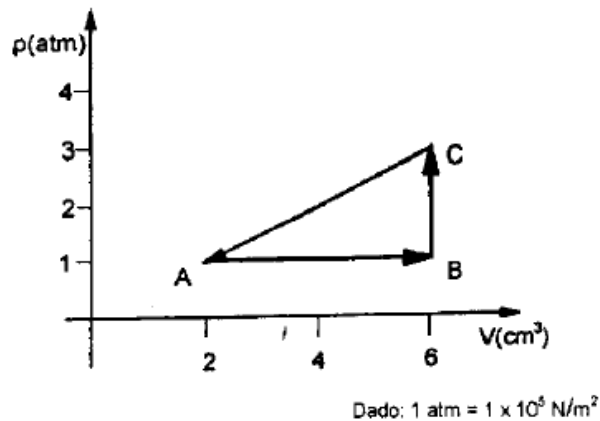
- 1) Descreva como o barco funciona.
- 2) Com suas palavras, explique a lei zero, a primeira e a segunda leis da Termodinâmica.
- 3) Por que uma máquina não é capaz de ter 100% de rendimento e qual lei que ajuda a explicar isso?
- 4) Sobre o que se trata o Ciclo de Carnot e como ele ajudou a formular as leis da Termodinâmica?
- 5) Uma máquina de Carnot tem uma eficiência de 22,0%. Ela opera entre duas fontes de calor de temperatura constante cuja a diferença de temperatura é de 75,0 °C. Qual é a temperatura (a) da fonte fria e (b) da fonte quente?
- 6) A máquina térmica da figura abaixo poderia ser construída?



- a) Sim. b) Não. c) Depende do ciclo que a máquina opera. d) Depende da temperatura do ambiente ao redor. e) Não é possível responder somente com os dados da figura.
- 7) (UFRJ-93) Um sistema termodinâmico realiza o ciclo  $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow a$ , conforme é mostrado no diagrama pressão x volume da figura.
- a) Calcule o trabalho realizado pelo sistema no ciclo  $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow a$ .
  - b) Calcule o saldo final de calor recebido pelo sistema no ciclo  $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow a$ .



- 8) (FATEC-97) Um gás ideal sofre transformações segundo o ciclo dado no esquema  $p \times V$  abaixo.



O trabalho total no ciclo **ABCA** é:

- Igual a  $-0,4 \text{ J}$ , sendo realizado sobre o gás.
  - Igual a  $-0,8 \text{ J}$ , significando que o gás está perdendo energia.
  - Realizado pelo gás, valendo  $+0,4 \text{ J}$
  - Realizado sobre o gás, sendo nulo.
  - Nulo, sendo realizado pelo gás.
- 9) A caldeira de uma máquina a vapor produz vapor d'água que atinge as hélices de uma turbina. A quantidade de calor fornecida pela fonte quente é  $1200 \text{ Kcal/s}$ . O condensador dessa máquina é mantido à temperatura de  $27^\circ \text{ C}$  e recebe, por segundo, cerca de  $780 \text{ Kcal}$ , que representa a quantidade de energia \*não aproveitada\*. Determine:
- O rendimento dessa máquina.



10) Um barco de papel movido a vapor pode ser considerado uma máquina térmica, já que o calor é convertido em trabalho para que ele se movimente. Um ciclo de trabalho do maquinário do barco gasta 10cal através do aquecimento da água, o que faz criar sobre o barco uma força  $F= 8\text{N}$ , levando-o a deslocar 500 cm. Dessa forma, qual seria a variação da energia interna do sistema que faz com que o barco se movimente? E qual seria a eficiência do trabalho realizado pelo maquinário do barco considerando que a água que é usada para gerar o vapor é retirada da torneira e se encontra na temperatura de  $30^{\circ}\text{C}$ ?

\*Dica: Lembre-se que as unidades de medida, no sistema internacional, de energia, distância e temperatura, são Joule (J), Kelvin (K) e Metros (m), respectivamente. E também, que o trabalho está relacionado com a força e o quanto o barquinho se deslocou.