

A relação massa-energia no YouTube: uma análise baseada na Teoria da Semiformação de Theodor Adorno

Mass-Energy relation on YouTube: an analyses based on Theodor Adorno's Theory of Semi-Formation

Joyce Luzia Chaves Dutra

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
joyce.dutra@ufms.br

Wellington Pereira de Queirós

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
wellington_fis@yahoo.com.br

Clair de Luma Capiberibe Nunes

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
clairdeluma@gmail.com

Resumo

A equação mais famosa da física, $E=mc^2$, ainda é mal compreendida por grande parte do público. Por essa razão, algumas pessoas buscam a plataforma de vídeos YouTube, um dos principais sites da internet, para tirar as dúvidas sobre a equação e sua história. O objetivo deste trabalho é analisar onze vídeos brasileiros disponíveis na plataforma YouTube sobre a relação massa-energia. Para esta análise nos baseamos no conceito de Semiformação, ou Semicultura (Halbbildung), definido pelo filósofo crítico Theodor W. Adorno. Após a análise o caráter semiformador dos vídeos ficou evidente, uma vez que, oito dos onze vídeos possuem equívocos conceituais e históricos sobre a relação massa-energia. Por esse motivo, visando um ensino de Física de qualidade, torna-se necessário o incentivo à reflexão crítica, tanto na educação básica quanto na superior, para que se evite a semiformação.

Palavras chave: Teoria crítica; Semiformação (Halbbildung); Ensino de ciências; Teoria da Relatividade Especial; Relação Massa-Energia

Abstract

The most famous equation in physics, " $E=mc^2$ " is still poorly understood by a large part of the public. Some people turn to the video platform YouTube, one of the main sites on the internet, to clear up doubts about the equation and its history. The objective of this work is to analyze eleven Brazilian videos available on the YouTube platform about the mass-energy relationship. For this analysis we are based on the concept of Semiformation, or Semiculture

(Halbbildung), defined by Theodor W. Adorno. With the analysis the semiformation of the videos became evident, since eight of the eleven videos have conceptual and historical misunderstandings about the mass-energy relation. For this reason, aiming a quality Physics teaching, it is necessary to encourage critical reflection, in basic and higher education in order to avoid semiformation.

Key words: Critical Theory; Semiformation (Halbbildung); Science Teaching; Special Theory of Relativity; Mass-Energy Relation.

Introdução

Lançado em 2005, e adquirido pelo Google em 2006, o YouTube é um dos sites mais acessados de toda a internet. Com o foco na publicação e no compartilhamento de vídeos sobre os mais diversos temas, o site transmite a sensação de que os usuários têm o poder de escolher o que querem assistir. Ao final de 2006, a revista Time afirma em sua capa que, com o YouTube, o público assume o controle na Era da Informação (GROSSMAN, 2006).

Com o sucesso da plataforma, produzir vídeos para o YouTube tornou-se um negócio lucrativo. Existe uma política de monetização que recompensa os produtores de conteúdo que atraem mais acessos para a plataforma do monopólio Google. Os canais, que atendem as diretrizes da plataforma, conseguem atrair publicidade e ganhar dinheiro com os vídeos. Consequentemente, existe, hoje, uma variedade de temas presentes no site, inclusive vídeo-aulas e vídeos informativos sobre Física Moderna.

No YouTube podemos encontrar diversos vídeos sobre um dos temas mais populares da Física: a equação $E=mc^2$. Diante dessa disponibilidade, e da influência que o site possui, muitos estudantes têm utilizado o YouTube como fonte de informações, seja para adquirir conhecimento sobre o tema ou para tirar dúvidas. Entretanto, é preciso ter cautela, pois, nem sempre a informação de fácil acesso possui qualidade.

Como mostram os trabalhos de Ostermann e Ricci (2004) Nunes, Queirós e Cunha (2022) e Martins (1989, 2012), a relação massa-energia, $E=mc^2$, tem sido abordada de maneira equivocada em livros didáticos e especializados em Física. Tais equívocos conceituais cometidos durante a explicação da equação promovem um ensino incorreto e confuso do conteúdo.

Por esse motivo, o estudante que busca se informar pelo YouTube, corre o risco de se semiformar. Semiformação, ou Semicultura (Halbbildung)¹, é o conceito desenvolvido pelo filósofo crítico Theodor W. Adorno que norteia este trabalho. Nosso objetivo é analisar os vídeos presentes na plataforma YouTube, que tratam da relação massa-energia. Destacamos, a seguir, alguns aspectos da relação massa-energia, da Teoria da Semiformação, a metodologia e os resultados da análise.

Aspectos históricos e conceituais sobre a relação massa-energia

Apesar da relação massa-energia ter se tornado um símbolo da Teoria da Relatividade

¹Bildung é uma palavra alemã usada para designar tanto formação quanto cultura.

Especial, e do cientista Albert Einstein, o surgimento dessa equação antecede tanto à Relatividade quanto a Einstein (FADNER, 1989, MARTINS, 1989, 2015). A relação entre massa e energia surgiu a partir dos estudos sobre a dinâmica do elétron. Posteriormente, essa tradição de pesquisa foi incorporada à recém-surgida Teoria da Relatividade Especial, a partir dos trabalhos de Poincaré, Einstein, Minkowski e Planck (MARTINS, 2015).

A equação da relação massa-energia apareceu pela primeira vez em 1900, em um trabalho de Henri Poincaré, intitulado *O Princípio da Reação na Teoria de Lorentz* (POINCARÉ, 1900; FADNER, 1989, MARTINS, 2015). Naquela ocasião, parecia que a eletrodinâmica de Lorentz era inconciliável com o Princípio da Ação e da Reação (e, por conseguinte, com a Conservação do Momento Linear). Lorentz sugeriu que a nova mecânica deveria abrir mão desse princípio (POINCARÉ, 1908), porém, Poincaré acreditava que uma conciliação fosse possível. Assim, em 1900, Poincaré, tomando como ponto de partida o princípio da relatividade², mostrou que se a radiação se comportasse como um fluido sutil, com centro de massa e cuja inércia fosse medida pela razão de sua energia E pela velocidade da luz ao quadrado c , então seria possível preservar o princípio da reação na teoria de Lorentz. Posteriormente, parece que Poincaré abandonou essa concepção em favor da rejeição do princípio da conservação do momento (POINCARÉ, 1908)

Em 1904, Friedrich Hasenöhrl, a partir dos estudos de Max Abraham sobre a pressão da radiação em espelhos em movimento, mostrou que uma caixa cheia de radiação apresentava uma resistência maior à mudança de movimento caso esta caixa estivesse sem radiação (FADNER, 1989, MARTINS, 1989, 2015). Hasenöhrl também estabeleceu a relação entre a inércia adicional e a energia da radiação, porém, cometeu um erro de cálculo e chegou ao valor incorreto (MARTINS, 2015). O erro foi corrigido, em 1905, por Abraham, e reconhecido pelo próprio Hasenöhrl: a inércia adicional era $4/3 E/c^2$ (IVES, 1962, FADNER, 1989, MARTINS, 2015). Nesse mesmo ano, Poincaré mostrou que o equilíbrio do elétron sofrendo distensões eternas, como no caso da caixa cheia de luz, exigia a existência de pressões negativas que resultava em uma redução da inércia em um fator de $1/3$ (MARTINS, 2015). Assim, se uma caixa estivesse cheia de radiação, haveria um aumento de $4/3 E/c^2$ e uma redução de $1/3 E/c^2$, devido às pressões de Poincaré, de forma que o aumento líquido de inércia seria de E/c^2 .

Em 1905, após a publicação dos trabalhos de Abraham, Hasenöhrl e Poincaré, Einstein “mostrou” que esta equação era uma consequência do Princípio da Relatividade. Destacamos a palavra “mostrou” entre aspas, porque, em 1907, Max Planck contestou a dedução de Einstein, mostrando que ela era válida apenas como aproximação de primeira ordem (PLANCK, 1907; IVES, 1952). Contudo, Ives (1952) apresentou uma crítica mais séria e argumentou que Einstein cometeu uma *petição de princípio* e, por isso, a dedução não era válida. Nesse trabalho, Ives argumenta que as deduções válidas são aquelas propostas por Poincaré e Hasenöhrl. Em defesa de Einstein, Stachel e Torretti (1982), mostraram que a dedução de Einstein é localmente válida.

Além dos problemas sintáticos, discutidos por Planck (1907), Ives (1952) e Stachel e Torretti (1982), a abordagem de Einstein ainda apresenta problemas semânticos. Enquanto Poincaré,

²“O princípio da relatividade, segundo o qual as leis dos fenômenos físicos devem ser idênticas, esteja o observador em repouso, esteja o observador em movimento de translação uniforme; de modo que não temos, nem podemos ter, nenhum meio de discernir se somos ou não levados por tal movimento”. (POINCARÉ, 1904, p. 306, tradução nossa)

Hasenöhrl e Abraham estudaram casos singulares e se limitaram a fazer inferências sobre eles, Einstein partiu de um caso singular e afirmou que suas consequências eram universais (MARTINS, 2015). Pode-se dizer que Einstein deu um “salto lógico” e as consequências foram percebidas por Planck (1907) que mostrou que esta equação não é uma lei geral. Para sistemas extensos submetidos a pressões, deve-se usar uma nova relação: a relação massa-entalpia (MARTINS, 2015). Além disso, esta relação não se aplica à energia potencial elétrica (MARTINS, 1989, 2015).

Além dessas inadequações, surgiram outros problemas semânticos: difundiu-se a ideia de que esta equação estabelece uma transformação de massa (ou, matéria) em energia (e vice-versa) ou uma equivalência entre massa e energia. Todas estas interpretações são equivocadas (MARTINS, 2012). Tanto a sintaxe da equação como a gramática da Teoria da Relatividade não autorizam derivar tais conclusões. Se tal conclusão fosse sintática e semanticamente possível, poderíamos inferir que outras relações, como a Lei de Planck, também estabelecem o intercâmbio ou a equivalência entre grandezas distintas.

Vale a pena comparar a equação $E = mc^2$ da relatividade com a relação $E = hf$, da teoria quântica. Por que motivo, no segundo caso, ninguém fala em equivalência entre energia e frequência, ou transformação de energia em frequência? Nos dois casos temos uma constante universal (c ou h) relacionando duas grandezas físicas, que são proporcionais. Essas duas equações são exatamente da mesma natureza. Nenhuma delas estabelece nem equivalência nem possibilidade de transformação de uma coisa na outra. (MARTINS, 2012, P. 128)

Por isso, a maneira mais adequada para se ler essa equação é: “*algumas formas de energia apresentam uma inércia dada por E/c^2* ”. Desta forma recupera-se o caráter restrito e evita-se inferências sobre intercâmbio e equivalência entre massa e energia.

Em síntese, a partir dessa breve exposição, alegamos que as abordagens sobre a relação massa e energia são insatisfatórias, do ponto de vista histórico, quando omitem informações sobre o seu desenvolvimento e se restringem apenas ao trabalho de Albert Einstein, e serão inadequadas, do ponto de vista conceitual, quando afirmam a possibilidade de transformação de energia em massa e vice-versa ou uma equivalência entre essas grandezas. Infelizmente, não são raras as ocorrências desses erros na literatura e em livros que abordam o tema (NUNES; QUEIRÓS; CUNHA, 2022). Acreditamos que essas ocorrências estejam associadas a um fenômeno conhecido como “Semiformação” que discutiremos na próxima seção.

A Teoria da Semiformação

O filósofo alemão Theodor W. Adorno (1903-1969) foi um dos teóricos mais influentes da Escola de Frankfurt e promoveu a Teoria Crítica da Sociedade. Desenvolveu, junto com Max Horkheimer, a “Dialética do Esclarecimento”, uma das principais obras filosóficas do século XX. O texto trata de temas ainda atuais como a discriminação racial, a exploração da natureza, e a maneira ideológica com a qual os bens culturais são utilizados (ADORNO; HORKHEIMER, 1985).

Na obra os autores utilizam o termo Indústria Cultural para designar a produção em massa de bens culturais. Tal produção, que é planejada e organizada, visa lucrar e atender os interesses

da classe dominante. Além disso, por mais que os pressupostos tecnológicos tenham se modificado com o passar dos anos, as principais características da Indústria Cultural permanecem (DUARTE, 2014). Por esse motivo, é válido considerar o YouTube como um elemento da Indústria Cultural, pois, de modo semelhante à TV e ao Cinema, o site de compartilhamento de vídeos também visa o lucro e oferece, de acordo com os interesses do público, uma variedade de conteúdos padronizados.

Outro conceito importante desenvolvido por Adorno, e que norteia esta análise, é o de semiformação ou semicultura (*halbbildung*). No texto “A Teoria da Semiformação”, de 1959, o filósofo destaca que, em uma sociedade dominada pela Indústria Cultural como a que vivemos, toda a nossa cultura se converte em semiformação, mesmo com toda a informação que é difundida (ADORNO, 2010).

Maar (2003) explica que a semiformação reflete a ordem cultural-ideológica do capital. A semiformação seria uma “determinada forma social da subjetividade socialmente imposta por um determinado modo de produção em todos os planos da vida” (MAAR, 2003, p. 462). Segundo Adorno, aquilo que é “entendido e experimentado medianamente - semientendido e semiexperimentado - não constitui o grau elementar da formação, e sim seu inimigo mortal” (ADORNO, 2010, P.29). Em outras palavras, a semiformação não pode ser vista como um nível anterior até a formação, mas o oposto. A semiformação oferece elementos que penetram na consciência de forma descontextualizada, confusa e até mesmo supersticiosa (ADORNO, 2010). O autor ainda pontua que durante o processo de semiformação, os conteúdos estão coisificados, pois se tornam mercadoria da formação cultural. Coisificação é um termo que chama atenção para o fato de que, nas sociedades capitalistas, as coisas são hipervalorizadas e fetichizadas.

Para Adorno (2021), ocorre ainda a *coisificação da consciência*, em que as relações sociais se assemelham às relações entre as coisas. A semiformação garante a consciência coisificada, onde não há autonomia, reflexão ou criatividade e os sujeitos tornam-se apáticos e passivos. O sujeito, com intenção de se atualizar, de se manter informado de maneira rápida, consome semiformação sem perceber. A coisificação da consciência é justamente o que a formação deveria combater.

Dessa forma, a semiformação associa-se ao fenômeno das *fakes News* (desordem informativa), pois como destacam Lacerda e Di Raimo (2019), para atrair o público, o discurso desinformador faz uso de uma figura de autoridade, como um policial, um médico ou um jornalista, para disseminar teorias da conspiração que instigam o pânico generalizado, invocam mitos, desejos e um conflito entre bom e mau, herói e vilão. Além disso, em uma notícia falsa, a interpretação já vem pronta (LACERDA; DIAS DI RAIMO, 2019), está dada no texto e é consumida de forma imediata. Isso se relaciona diretamente com a indústria cultural, que sempre oferece a interpretação de uma obra de maneira rápida, decodificada, padronizada e resumida (ADORNO; HORKHEIMER, 1987). Esses fatores contribuem com o processo de semiformação.

Infelizmente muitas pessoas que buscam se informar pela internet, e por meio de vídeos disponíveis no YouTube, desconhecem os perigos da semiformação. Por esta razão, é necessário um olhar crítico sobre que tipo de informação e qual discurso está sendo veiculado nesses vídeos, pois como aponta Adorno (2010, p.29), “a única possibilidade de sobrevivência que resta à cultura é a autorreflexão crítica sobre a semiformação”. Esta foi a motivação de nossa pesquisa e cujos pormenores são descritos nas próximas seções.

Metodologia

A Teoria da Semiformação desenvolvida por Adorno também auxilia no processo metodológico da pesquisa, uma vez que alguns aspectos da indústria cultural e da semiformação, destacados pelo autor, podem ser encontrados na plataforma YouTube.

Analisamos 11 vídeos disponíveis no YouTube sobre a relação massa-energia. A busca se deu por meio das palavras-chave: $E=mc^2$, *massa-energia* e *relação massa-energia*. Foram selecionados apenas vídeos brasileiros publicados nos últimos 10 anos, que possuísem mais de 10.000 visualizações.

Estabelecemos duas categorias para orientar a análise: *Semiformação da relação massa-energia*, que busca analisar a forma como a relação é abordada nos vídeos e *A semiformação presente nas concepções de ciência e cientista*, que procurou observar quais visões de ciência e de cientista estão expostas nos vídeos. Utilizamos para a análise, como descrito nas seções anteriores, os conceitos de semiformação e indústria cultural de Adorno (1985, 2010, 2021), bem como estudos históricos e conceituais sobre a relação massa-energia. A Tabela I a seguir destaca os vídeos analisados.

Tabela I. Vídeos do Youtube analisados

Vídeo	Título	Link	Visualizações
1	Teoria da relatividade de Albert Einstein (Diogo Leitão, 2015)	https://youtu.be/qD7tvSBlkpY	904.815
2	O que $E=mc^2$ significa? (Ponto em comum, 2016)	https://youtu.be/FRX63cCdFeU	259.929
3	$E=mc^2$ está incompleta (Minuto da física, 2013)	https://youtu.be/E5_RH3h-0eE	121.208
4	$E=mc^2$ explicado (Como é bom ser nerd, 2022)	https://youtu.be/hNk2q2-yshw	103.295
5	O que é $E=MC^2$ (TV Brasil, 2016)	https://youtu.be/2-DugbA91M4	101.331
6	$E=mc^2$ [4- Relatividade] (Papo de primata, 2014)	https://youtu.be/mQHDYtsBz7c	55.715
7	Teoria da Relatividade especial ou restrita (Brasil Escola, 2019)	https://youtu.be/13mHPXD8BHo	44.053
8	O que significa $E=mc^2$? (HuffPost Brasil, 2015)	https://youtu.be/PPOM3xuHcvs	36.740
9	$E=M.C2$ Saiba o que é (Atech-Info, 2018)	https://youtu.be/8VlzNKbjhqI	33.760
10	Massa relativística – relação massa energia (Física Total, 2019)	https://youtu.be/hV94Iu8RLwk	14.717
11	Aula 12.7 - Teoria da Relatividade (Scientia TV, 2014)	https://youtu.be/3UXdanB52nI	13.720

Fonte: Autores

Analisando o número de visualizações é possível notar a popularidade e o alcance dos vídeos. A maioria dos vídeos possui menos de 15 minutos de duração e alguns prometem explicar o conteúdo em menos de cinco minutos. Na seção de comentários, o público se mostra satisfeito e agradece pelas explicações oferecidas. Entretanto, a maioria dos vídeos analisados apresenta conceitos errôneos sobre a relação massa-energia e concepções imprecisas sobre o desenvolvimento da teoria e do trabalho científico. Detalhamos abaixo as

análises feitas de acordo com cada categoria.

Discussão dos Resultados

A. Semiformação da relação massa-energia

Duas observações devem ser feitas a respeito dos vídeos analisados. A primeira é sobre abordagens que estão conceitualmente equivocadas. Dos onze vídeos, oito afirmam que é possível transformar massa em energia, a saber, o vídeo [4] dos 00min02s aos 00min42s; [5] a partir de 00min58s à 1min27s; [6] dos 18min23s aos 19min33s; [7] de 08min07s até 08min36s; [8] de 01min33s até 01min52s; [9] dos 02min21s até 02min33s; [10] dos 02min27s aos 02min48s; e o vídeo [11] dos 04min23s aos 05min06s.

Trata-se de um equívoco, infelizmente, muito comum e que aparece em livros didáticos e especializados em Teoria da Relatividade Restrita como destacam os trabalhos de Ostermann e Ricci (2004), Nunes e Queirós (2020, 2022) e Martins (2012). Sobre a noção errônea de que massa e energia são a mesma coisa, Martins (2012, p.124-125) afirma:

É fácil de ver, no entanto, que massa e energia não são nomes diferentes para uma mesma coisa. São grandezas físicas que são definidas e medidas de modos independentes. Em princípio, podemos medir a massa de um corpo, depois fornecer-lhe ou retirar-lhe energia (por exemplo, por passagem de calor) e medir novamente sua massa. Os processos de medida de massa e de energia são totalmente independentes, e podemos testar se as variações de massa e energia são proporcionais ou não, se dependem do tipo de energia fornecida, e se obedecem à relação quantitativa $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$. Essa relação foi confirmada, por exemplo, no estudo de reações nucleares. É claro que, na prática, não conseguimos fazer esse tipo de teste em experimentos de laboratório ordinários porque as variações de massa seriam inferiores à sensibilidade de nossos instrumentos. (MARTINS, 2012, P. 124-125)

No vídeo [10] é apresentado um exercício para calcular a quantidade de massa convertida em energia:

*“Suponha que essa fábrica possui uma usina capaz de **converter diretamente massa em energia** elétrica, de acordo com a relação de Einstein $E=mc^2$. Nesse caso, a massa necessária para suprir a energia requerida pela fábrica durante um mês é em gramas. Essa questão foi muito boazinha, diz ‘pra’ gente qual a expressão, disse quanto tinha de energia, disse como é que **convertia** energia e perguntou a massa”* (FÍSICA TOTAL, 2019, 11min25s - 12min02s, destaque nosso).

O vídeo [11] também apresenta um exercício semelhante:

*“Não me interessa qual é a massa, me interessa qual é essa quantidade de massa, e a massa ela vai conseguir ser **convertida** em energia, certo? Então deixa eu ler esse enunciado para a gente poder começar isso daqui: No filme ‘De Volta para o Futuro’ o cientista Doc Brown cria uma máquina do tempo que é, na verdade, um carro chamado DeLorean. A imagem ao lado mostra uma das cenas do filme em que o Doc Brown abastece o carro com cerveja e lixo. Ta? Na sequência aqui da cena ele coloca lixo, casca de banana. Letra a) se uma massa equivalente a 100 gramas for **completamente convertida** em energia no reator do DeLorean, qual será a energia liberada?”* (SCIENTIA TV, 2014, 04min23s - 05min06s, destaque nosso).

No vídeo [8] afirma-se que energia e massa são nomes diferentes para a mesma coisa e que a

velocidade da luz ao quadrado é uma taxa de câmbio entre massa e energia:

*“A primeira coisa que nós temos que considerar então é que energia e massa, pro Einstein, são só dois nomes diferentes para a mesma coisa e o quadrado da velocidade da luz é como se fosse uma **taxa de câmbio** para essas duas coisas. Como o quadrado de C é um número enorme, um monte de energia **pode virar** um pouquinho de massa e um pouquinho de massa **pode virar** um monte de energia” (HUFFPOST BRASIL, 2015, 1min33s - 1min52s, destaque nosso).*

O vídeo [4] comete o mesmo erro ao igualar os conceitos de massa e energia. No mesmo vídeo ainda é dito, aos 25 segundos, que c^2 é o fator de conversão entre massa e energia e que tal conversão seria semelhante a de quilômetros em metros. Sobre esse equívoco comum, Ostermann e Ricci (2004) destacam que a noção de que massa e energia são a mesma coisa é uma interpretação simplista da relação massa-energia. Diferente do que é comumente afirmado, o trabalho publicado por Einstein nunca mencionou uma possibilidade de conversão entre massa e energia. No artigo publicado em 1905, intitulado “A inércia de um corpo depende do seu conteúdo energético?”, Einstein afirma que “A massa de um corpo é uma medida de seu conteúdo energético; se a energia muda em L , a massa sofre uma alteração igual à $L/9.10^{20}$, se a energia for medida em ergs, e a massa em gramas”³ (EINSTEIN, 1905, p. 641, tradução nossa).

O vídeo [2] é o único que destaca, logo no início, a impossibilidade de conversão entre massa e energia:

“Por acaso sabe o que significa é $E=mc^2$? [segunda voz]: “ah, isso é porque dá para transformar massa em energia” [...] Não é bem assim, no caso nós não podemos converter uma coisa na outra porque essa equação, na realidade nos diz mais a respeito sobre o que é massa de verdade” (PONTO EM COMUM, 2016, 00min05s - 00min26s).

Os vídeos [2] e [8] apresentam, aos 1min14s e 27s, respectivamente, a forma original da equação: $m=E/c^2$ e explicam que a intenção da equação era compreender o conceito de massa; o vídeo [3] faz uma análise interessante ao afirmar que a equação $E=mc^2$ é uma generalização e não serve para todos os casos. Martins (1989), ao destacar a revisão feita por Max Planck da relação de Einstein, salienta que $E=mc^2$ não é geral e só vale para sistemas que não estão expostos a tensões e pressões. O vídeo [3], aos 14 segundos, e o vídeo [6], aos 30min10s, afirmam, de maneira simples e sem muitos detalhes, que $E=mc^2$ está incompleta, uma vez que, para uma interpretação mais precisa e completa, o momentum deve ser considerado na equação.

A abordagem utilizada na maioria dos vídeos não cumpre com os requisitos necessários para a formação (building) do sujeito, mas para uma semiformação, pois, ao construir uma imagem fetichizada da ciência, ela acaba por se converter naquilo que alegam combater: a superstição e o mito (ADORNO, 2010). Os vídeos [4], [5], [9], [10] e [11] garantem que irão explicar, em um vídeo curto e de maneira simples, a relação entre massa e energia. Em seu texto, Adorno (2010) destaca como a indústria cultural lucra com a semiformação, pois com o intuito de atingir o maior número de pessoas, estimula a reprodução de versões resumidas, de maneira precária, de conceitos da ciência. Assim, o sujeito que consome este material, sente-se satisfeito, pois tem a sensação, falsa, de estar bem-informado sobre os assuntos científicos, isto é, de estar plenamente inserido em uma determinada cultura, quando na verdade, partilha

³ “Die Masse eines Körpers ist ein Maß für dessen Energieinhalt; ändert sich die Energie um L , so ändert sich die Masse in demselben Sinne um $L/9.10^{20}$, wenn die Energie in Erg und die Masse in Grammen gemessen wird”.

de uma semicultura.

B. A semiformação presente nas concepções de ciência e de cientista

Partindo da análise realizada, foi possível perceber em alguns vídeos uma concepção limitada sobre a ciência e o trabalho científico. Os postulados de Einstein são apresentados, de forma desordenada, logo no início do vídeo [1] dos 00min16s até 01min23s. O vídeo [10] define, erroneamente, aos 48 segundos, que Einstein estabeleceu o limite da velocidade da luz.

O vídeo [6] destaca a importância de cientistas como Lorentz e Poincaré no desenvolvimento da relação massa-energia, entretanto, comete um grave equívoco ao definir os cientistas como gênios e condicionar o desenvolvimento da relação ao nascimento de Einstein:

*“Entre os vários cientistas que se debruçaram sobre esse assunto a gente pode destacar o Henri Poincaré, o Hendrik Lorentz. Henri Poincaré fez diversos estudos sobre a natureza da luz e sobre as ondas eletromagnéticas, chegando mesmo a antecipar alguns pontos que Einstein também iria concluir anos depois. Lorentz, por sua vez, desenvolveu um conjunto de cálculos, as transformações de Lorentz, que foram fundamentais para os estudos de Einstein anos depois. Mas nenhum deles conseguiu solucionar o mistério. Agora entenda, os homens que se depararam com esse problema eram **gênios estudiosos dedicados e realizadores grandes feitos intelectuais, uma questão que eles vão conseguir resolver deveria ser um enigma difícilimo, um problema de magnitude realmente excepcional. E para resolvê-lo deveria surgir alguém de genialidade também excepcional!** Albert Einstein nasceu às onze e meia da manhã de 14 de março de 1879 na Alemanha”* (PAPO DE PRIMATA, 2014, 05min39s - 06min29s, destaque nosso).

Dessa forma, o vídeo traz uma visão individualista e elitista da ciência (GIL PEREZ *et al.*, 2001) que ignora o trabalho cooperativo entre os cientistas, e transmite a noção de que a ciência é feita por gênios isolados, tal visão ainda é muito difundida e contribui para noções problemáticas sobre o trabalho científico. A noção de gênio deve ser combatida pois define que o cientista é um indivíduo melhor do que os outros (ALVES, 1991) e, por isso, a ciência só pode ser feita por pessoas seletas e mais desenvolvidas. O vídeo [6] destaca, aos 30min44s, que os cálculos de Einstein para obter a relação $E=mc^2$ são como truques de magia revolucionários. Martins (2005, 2015) combate esta visão simplista da ciência ao defender que a ciência deve ser compreendida como um trabalho coletivo e não instantâneo. O trabalho desenvolvido por Einstein não surgiu por acaso, mas com base em estudos dos trabalhos de muitos outros pesquisadores.

Essas abordagens também promovem a semiformação, denunciada por Adorno (2010), porque alienam e fetichizam a ciência, convertendo-a em uma entidade mística e atemporal, que oculta os traços de construção histórica e social. Assim, a ciência passa ocupar o papel do divino e os cientistas, seus sacerdotes, donde alguns são santificados e recebem o título de gênio. A expressão *vocação* recupera seu significado original, de um chamado divino, uma tarefa designada por Deus a poucos escolhidos. Assim, o mundo se divide entre os seres humanos comuns e o pequeno grupo de *gênios*, cuja inteligência superior é incompreensível, e apenas podemos, por meio de um esforço, captar alguns fragmentos de seu pensamento. Trata-se de uma concepção que estimula a produção de crença científica, ao invés de conhecimento científico⁴.

⁴ “Há uma importante distinção entre conhecimento científico e crença científica. Ter conhecimento científico sobre um assunto significa conhecer os resultados científicos, aceitar esse conhecimento e ter o direito de aceitá-lo, conhecendo de fato (não através de invenções pseudo-históricas) como esse conhecimento é justificado e fundamentado. Crença científica, por outro lado, corresponde ao conhecimento apenas dos resultados científicos e sua aceitação baseada na crença na autoridade do professor ou do “cientista”. A fé científica é

Considerações Finais

Com a análise dos vídeos, foi possível constatar que o YouTube, enquanto meio de comunicação da indústria cultural, possui diversos vídeos brasileiros sobre a famosa relação massa-energia. Os vídeos são populares e foram assistidos por um grande número de pessoas, entretanto, a maioria apresenta a relação massa-energia de maneira errônea e equivocada.

Grande parte dos vídeos são curtos, com menos de dez minutos de duração, o que evidencia o caráter semiformador destas mídias, que apresentam diversos erros históricos e conceituais. Com o interesse em se manter informado, estar a par dos assuntos importantes, como a famosa equação, o indivíduo busca transformar tudo aquilo que é mediato em imediato. (ADORNO 2010).

Como acreditamos que as mídias digitais e as informações nas redes sociais irão continuar exercendo grande influência sobre a população e, diante do atual contexto de desinformações e negacionismo científico, consideramos que não bastam apenas novas pesquisas sobre a forma como os conceitos científicos são abordados na internet. É necessário um trabalho de base tanto na educação básica quanto na formação docente. Defendemos que é necessário estimular os docentes a participarem da produção de conteúdo de divulgação científica.

Assim, tanto na educação básica quanto na superior, vídeos que apresentam incongruências conceituais e promovem a semiformação, não só podem, como devem ser problematizados. Por isso, ao assistir vídeos no YouTube, é importante questionar: quais são as mensagens e os interesses condutores que os permeiam? Que tipo de visão promovem sobre a ciência? Qual imagem está sendo construída sobre o cientista?

Possíveis respostas a essas questões nos estimulam a pensar em caminhos para minimizar a disseminação de informações tão precárias na internet. Adorno (2010) destaca que o combate à semiformação se dá por meio da auto-reflexão crítica. Por isso, é importante estimular, durante o processo formativo de professores de Física, diálogos sobre vídeos do YouTube, como por exemplo os da relação $E=mc^2$, em que sejam problematizados, por meio de discussões conceituais e históricas, o discurso dos divulgadores das informações, levando, assim, os estudantes a promoverem reflexões acerca da natureza da formação dos conceitos e conhecimentos científicos.

Torna-se fundamental o desenvolvimento de estratégias pedagógicas, nos diferentes níveis de ensino, que estimulem os alunos a analisar o contexto, a origem e as intenções presentes no discurso utilizado. Disseminar boas informações também é eficaz no combate à desinformação, por isso, é necessário divulgar notícias, textos e vídeos bem desenvolvidos e com fontes confiáveis, baseados em um discurso científico, histórico, problematizador e ético.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS/MEC – Brasil.

simplesmente um tipo moderno de superstição. É muito mais fácil adquiri-la que o conhecimento científico – mas não tem o mesmo valor.” (MARTINS, 2006, p. XXVI).

Referências

- ADORNO, T. W. Teoria da Semiformação. In: PUCCI, B.; ZUIN, A.; LASTÓRIA, L. A. C. N. (orgs). **Teoria Crítica e Inconformismo: novas perspectivas de pesquisa**. Autores Associados, 2010.
- ADORNO, T. W. **Educação e Emancipação**. Paz e Terra, 2021.
- ADORNO, T. W.; HORKHEIMER, M. **Dialética do esclarecimento: fragmentos filosóficos**. Zahar, 1985.
- ATECH-INFO. $E=Mc^2$. Saiba o que é. **YouTube**, 26 mai 2018. Disponível em: <https://youtu.be/8VlzNKbjhqI> Acesso em: 14 nov 2022.
- BRASIL ESCOLA. Teoria da Relatividade Especial ou Restrita. **YouTube**, 15 fev 2019. Disponível em: <https://youtu.be/13mHPXD8BHo> Acesso em: 14 nov 2022.
- COMO É BOM SER NERD. $E=mc^2$ explicado. **YouTube**, 31 ago 2022. Disponível em: <https://youtu.be/hNk2q2-yshw> Acesso em: 14 nov 2022.
- CARNIELLI, W.; EPSTEIN, R. L. **Pensamento crítico: o poder da lógica e da argumentação**. 4. ed. São Paulo: Rideel, 2019.
- DIOGO LEITÃO. Teoria da relatividade de Albert Einstein. **YouTube**, 4 out 2015. Disponível em: <https://youtu.be/qD7tvSBIkpY> Acesso em: 14 nov 2022.
- DUARTE, R. **Indústria Cultural e meios de comunicação**. WMF Martins Fontes, 2014.
- EINSTEIN, A. Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig? **Annalen der Physik**, 323(13), 639– 641, 1905.
- FÍSICA TOTAL. Massa relativística – relação massa energia. **YouTube**, 4 abr 2019. Disponível em: <https://youtu.be/hV94Iu8RLwk> Acesso em: 14 nov 2022.
- FADNER, W. L. Did Einstein really discover “ $E=mc^2$ ”? **Am. J. Phys.** 56(2), 114-122, 2008.
- GIL PEREZ, D. et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 7, n. 2, 2001.
- GROSSMAN, Lev. You - Yes, You - Are TIME’s Person of the year. **Time**, v.168, n.26, 2006. Disponível em: <http://content.time.com/time/magazine/article/0,9171,1570810,00.html>. Acesso em: 9 nov 2022.
- HUFFPOST BRASIL. O que significa $E=mc^2$?. **YouTube**, 6 ago 2015. Disponível em: <https://youtu.be/PPOM3xuHcvs> Acesso em: 14 nov 2022
- IVES, H. Derivation of the Mass-Energy Relation. **Journal of the Optical Society of America**, 42(8), 540-543, 1952.
- LACERDA, G. H.; DIAS DI RAIMO, L. C. F. Se tá na Internet é verdade. **PERcursos Linguísticos**, 9(22), 179-199, 2019.
- MAAR, W. L. Adorno, semiformação e educação. **Educação & Sociedade**, 24, 459-476, 2003.
- MARTINS, R. A. A Relação Massa-Energia e Energia Potencial. **Cad.Cat.Ens,Fís.**, 15, 265-300, 1989.

- MARTINS, R. A. Física e História. **Ciência e Cultura**, 57(3), 25-29, 2005.
- MARTINS, R. A. Introdução. A história das ciências e seus usos na educação. In: Silva, C. C. (ed.). **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Livraria da Física. pp. XVII-XXX, 2006.
- MARTINS, R. A. **Teoria Relatividade Especial**. Livraria da Física, 2012.
- MARTINS, R. A. **A Origem Histórica da Relatividade Especial**. Livraria da Física, 2015.
- MINUTO DA FÍSICA. $E=mc^2$ está incompleta. **YouTube**, 30 mai 2013. Disponível em: https://youtu.be/E5_RH3h-0eE Acesso em: 14 nov 2022.
- NUNES, R. C.; QUEIRÓS, W. P. Doze mitos sobre a Teoria da Relatividade que Precisamos Superar. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, 37(2), 531-573, 2020.
- NUNES, R. C.; QUEIRÓS, W. P.; CUNHA, J. A. R. Conceito de massa e a relação massa-energia no conteúdo de relatividade especial em livros didáticos de física. **Revista De Enseñanza De La Física**, 34(1), 9–21, 2022.
- OSTERMANN, F.; RICCI, T. S. F. Relatividade restrita no ensino médio: os conceitos de massa relativística e de equivalência massa-energia em livros didáticos de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, 21(1), 83-102. 2004
- PAPO DE PRIMATA. $E=mc^2$ Relatividade. **YouTube**, 29 set 2014. Disponível em: <https://youtu.be/mQHDYtsBz7c> Acesso em: 14 nov 2022.
- PLANCK, M. Zur Dynamik bewegter Systeme. **Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin**, 29, 542-570, 1907.
- POINCARÉ, H. La théorie de Lorentz et le principe de réaction. **Archives néerlandaises des sciences exactes et naturelles**, 5, 252-278, 1900.
- POINCARÉ, H. L'état et l'avenir de la Physique mathématique. **Bulletin des Sciences Mathématiques**, 28, 302-324, 1904.
- POINCARÉ, H. La dynamique de l'électron. **Revue générale des sciences pures et appliquées**, 19, 386-402, 1908.
- PONTO EM COMUM. O que $E=mc^2$ significa?. **YouTube**, 20 dez 2016. Disponível em: <https://youtu.be/FRX63cCdFeU> Acesso em: 14 nov 2022.
- SCIENTIA TV. Aula 12.7 - Teoria da Relatividade. **YouTube**, 22 out 2014. Disponível em: <https://youtu.be/3UXdanB52nI> Acesso em: 14 nov 2022.
- STACHEL, J.; TORRETTI, R. Einstein's First Derivation of Mass–Energy Equivalence. **Am. J. Phys.** 50(2), 760-763, 1982.
- TV BRASIL. O que é $E=MC^2$. **YouTube**, 13 jun 2016. Disponível em: <https://youtu.be/2-DugbA91M4> Acesso em: 14 nov 2022.