

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE LETRAS E LINGUÍSTICA

CARLA REGINA AMORIM DOS ANJOS QUEIROZ



A legendagem automática em vídeos de popularização científica: um estudo de caso

Uberlândia/MG

2023

CARLA REGINA AMORIM DOS ANJOS QUEIROZ

A legendagem automática em vídeos de popularização científica: um estudo de caso

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Tradução do Instituto de Letras e Linguística da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Tradução.

Orientador: Prof. Dr. Igor A. Lourenço da Silva

Uberlândia/MG

2023

CARLA REGINA AMORIM DOS ANJOS QUEIROZ

A legendagem automática em vídeos de popularização científica: um estudo de caso

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Tradução do Instituto de Letras e Linguística da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Tradução.

Uberlândia, 2023

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Igor Antônio Lourenço da Silva – UFU
Orientador

Profa. Dra. Helena Santiago Vigata – UnB

Profa. Dra. Silvana Maria de Jesus – UFU

Para minha irmã, Eneida, com minha admiração
e gratidão. Você é incrível!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelo dom da vida.

Agradeço ao meu marido, Carlos Magno, por ser meu grande incentivador.

Agradeço aos meus filhos, por fazerem parte da minha vida e por estarem sempre me ensinando.

Agradeço aos colegas do curso, especialmente ao Gabriel e ao Heider pelo companheirismo.

Agradeço aos professores do curso de Tradução, especialmente às professoras Silvana, Cynthia e Marileide e ao professor e orientador Igor, por me mostrarem um novo universo.

*Il faut bien que je supporte deux ou trois chenilles
si je veux connaître les papillons.*
Antoine de Saint-Exupéry

*Well, I must endure the presence of two or three
caterpillars if I wish to become acquainted
with the butterflies.*
Antoine de Saint-Exupéry
Tradução do francês: Katherine Woods

*Bem, eu terei de suportar a presença de duas
ou três lagartas se quiser conhecer borboletas.*
Tradução do francês: Mário Quintana

RESUMO

O uso de vídeos no meio educacional tem se ampliado com o aumento da produção de materiais voltados à divulgação científica ou mesmo ao ensino de conceitos científicos. Uma grande parcela desses materiais se encontra em língua inglesa, o que requer o uso de legendas para o público que não compreende esse idioma. Este trabalho buscou comparar legendas geradas automaticamente (em inglês) e traduzidas automaticamente (para português) com legendas editadas ou pós-editadas por humanos (para português de localidade não específica ou português localizado para o Brasil ou para Portugal). Foram selecionados dois vídeos, e em cada um foi feito um recorte para análise. Foram analisados: 77 segundos do vídeo “*How big is a mole?*”, distribuídos em 35 segmentos; e 87 segundos do vídeo “*How small is an atom?*”, em 37 segmentos. As transcrições das legendas foram alinhadas em tabelas e organizadas de acordo com o texto gerado automaticamente em inglês. Utilizou-se a classificação proposta por Koponen (2010) para análise dos conceitos inseridos nas legendas (omitido, adicionado, não traduzido, traduzido corretamente, erro de tradução e substituído), além de uma análise geral das (in)adequações. Foram registradas 51 classificações que, entre adequações e inadequações tanto da máquina quanto de humanos, indicam que as legendas geradas automaticamente são capazes de transmitir a essência da informação e atender aos interesses imediatos de compreensão de um vídeo *on-line*.

Palavras-chave: Ensino de Química; Tradução audiovisual; Tradução automática; Química; Reconhecimento de voz; YouTube.

ABSTRACT

The use of videos in the educational environment has grown in parallel with the increased production of materials aimed at disseminating science or even teaching scientific concepts. A large proportion of these materials are in English, which requires the use of subtitles for audiences who cannot understand this language. This study sought to compare auto-captions (English-language) and machine-translated (Portuguese-language) subtitles with human edited or post-edited subtitles (for non-locale-specific Portuguese or localized Brazilian or European Portuguese). Two videos were selected, with an excerpt of each being extracted for analysis: 377 seconds of "How big is a mole?", containing 35 segments; and 87 seconds of the "How small is an atom?", containing 37 segments. The subtitle transcripts were aligned in tables and organized according to the auto-captions in English. The classification proposed by Koponen (2010) was used to analyze both the concepts (omitted, added, not translated, translated correctly, translation error, and replaced) and the general (in)adequacies of the subtitles. The analysis resulted in 51 classification entries; the adequacies and inadequacies of both the machine and humans indicate that the machine-generated subtitles can convey the gist of the information and meet the immediate interests of understanding an online video.

Keywords: Chemistry teaching; Audiovisual translation; Machine translation; Chemistry; Speech recognition; YouTube.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – Resumo do processo de obtenção de legendas automáticas.....	15
FIGURA 2 – Captura de tela do vídeo “ <i>How big is a mole</i> ”, no tempo 1min35s, com legenda em inglês (<i>English auto-generated</i>)	22
FIGURA 3 – Captura de tela do vídeo “ <i>How big is a mole</i> ”, no tempo 1min35s, com legenda em português gerada a partir da transcrição do áudio (<i>English auto-generated</i>)	22

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AD	Conceito Adicionado
ASR	<i>Automatic Speech Recognition</i>
SB	Conceito Substituído
ET	Conceito traduzido incorretamente (Tradução Incorreta)
NT	Conceito não traduzido
OM	Conceito Omitido
SEO	<i>Search Engine Optimization</i>
TAV	Tradução Audiovisual
TAh-pt	Texto-alvo editado ou pós-editado por humano, em língua portuguesa sem especificação de localidade
TAh-pt-br	Texto-alvo editado ou pós-editado por humano, em língua portuguesa do Brasil
TAh-pt-pt	Texto-alvo editado ou pós-editado por humano, em língua portuguesa de Portugal
TAa-pt	Texto-alvo gerado automaticamente em língua portuguesa
TC	Conceito traduzido corretamente (Tradução Correta)
Tfa	Texto-fonte gerado automaticamente em língua inglesa

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Justificativa	11
1.2 Objetivos	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
3 METODOLOGIA.....	18
3.1 Seleção dos Vídeos	18
3.2 Captura e Organização dos Dados.....	20
3.3 Análise dos Dados	23
4 ANÁLISE DOS DADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	25
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
REFERÊNCIAS	37
APÊNDICE 1	41

1 INTRODUÇÃO

A tradução de máquina tem permeado os processos tradutórios, de uma forma geral. Na área de tradução audiovisual (TAV), isso não é diferente, subjazendo inclusive a legendagem de vídeos de popularização científica. Não obstante, são incipientes os estudos que analisam essas legendas sob a perspectiva da qualidade terminológica, conceitual e formal para uso por indivíduos que não dominam a língua estrangeira. Nesse contexto, este estudo visa comparar legendas de transcrição geradas automaticamente em língua inglesa e legendas de tradução geradas automaticamente e pós-editadas em língua portuguesa em vídeos de popularização científica do YouTube na área de Química. Estabelece-se, especificamente, um paralelo entre as adequações e inadequações terminológicas, conceituais e formais em trechos selecionados de dois vídeos.

1.1 Justificativa

A produção de material em formato de vídeo tem crescido substancialmente nos últimos anos. De 2010 para 2023, apenas na plataforma *online* YouTube, o tempo relativo aos vídeos carregados subiu de 20 para 500 horas a cada minuto (Tokusey, 2020; Mohsin, 2023). Uma parcela desse material são vídeos de popularização da ciência que podem ser utilizados como material auxiliar para o processo de ensino-aprendizagem em Química. Dentro dessa parcela, grande parte do conteúdo produzido está em língua inglesa.

Considerando a especificidade dos vídeos produzidos, sem equivalentes em português, são relevantes a sua tradução e concomitante/consequente legendagem para que sejam compreendidos e tenham sua finalidade (disseminação do conhecimento científico) alcançada também em outros idiomas. Contudo, diante de uma crescente demanda por tradução e legendagem (Oziemblewska; Szarkowska, 2020) que vem sendo atendida – por vezes, sem qualquer reflexão ou discussão – por meio do uso da tradução de máquina, compete indagar em que medida os vídeos são igualmente informativos em língua portuguesa e, portanto, capazes de disseminar a ciência com propriedade.

Tomou-se também, como estímulo à pesquisa, a experiência da autora como professora de Química, que já experienciou o uso de vídeos em sala de aula para auxílio no ensino. Por outro lado, a falta de legendas também já foi uma dificuldade para o uso de alguns deles.

Nesse contexto, justifica-se a discussão de aspectos relacionados à legendagem automática e ao trabalho humano profissional na tradução e/ou na pós-edição de legendas. Até onde foi possível pesquisar, não há relatos que discutam se as legendas geradas automaticamente em vídeos de popularização da ciência, em língua portuguesa, são adequadas para transmitir a mensagem do ponto de vista dos conceitos técnico-científicos, especialmente na área de Química. Auxilia nesse processo a própria formação da autora, que conta com Licenciatura (1996) e Bacharelado (1999) em Química pela Universidade Federal de Uberlândia, bem como Mestrado em Química (2001) pela Universidade Federal de Uberlândia e Doutorado em Agronomia (Ciência do Solo) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2012).

1.2 Objetivos

O objetivo geral desta pesquisa é analisar aspectos conceituais e gerais de legendas geradas automaticamente da língua inglesa para língua portuguesa e suas traduções para português (pt) e ou português do Brasil (pt-br) em vídeos de popularização da ciência (na área de Química) veiculados no YouTube. Para tal, delinear-se os seguintes objetivos específicos:

- a) analisar legendas de vídeos de popularização da ciência, da plataforma YouTube, relacionados à Química, do ponto de vista da transcrição automática da língua-fonte para a tradução automática para a língua portuguesa, comparadas às legendas produzidas ou pós-editadas por humanos, observando suas características linguísticas e a terminologia aplicada à área da Química;
- b) relacionar adequações e inadequações nas legendas da tradução de máquina e nas legendas produzidas por humanos, propondo uma análise qualitativa entre elas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A tradução audiovisual (TAV) é uma área dos Estudos da Tradução cujo desenvolvimento tem sido mais proeminente nos últimos 30 anos (Bywood; Georgakopoulou; Etchegoyhen, 2017; Bolaños-García-Escribano; Díaz-Cintas; Massidda, 2021; Martinez, 2021; Oziemblewska; Szarkowska, 2020). Esse crescimento ocorre paralelamente ao desenvolvimento de produtos midiáticos, como plataformas de *streaming*, aulas *online*, *games* e mídias sociais, os quais dependem da tradução como uma das etapas para se tornarem acessíveis para uma vasta variedade de propósitos, locais e línguas (Doherty; Kruger, 2018; Da Silva; Bernal-Merino; Esqueda, 2020).

De acordo com Da Silva, Bernal-Merino e Esqueda (2020), as tecnologias ligadas à Tradução se desenvolvem de forma “constante e independentemente das necessidades ou do trabalho usual de tradutores profissionais e de estudiosos da tradução”. Em outras palavras, muitas tecnologias vão se tornando acessíveis à sociedade em maior ou menor grau e vão sendo, mais cedo ou mais tarde, absorvidas e usadas por ela de forma alheia ao trabalho desenvolvido profissionalmente por tradutores. Um exemplo disso é a abertura de ambientes digitais virtuais em que o próprio usuário cria e divulga sua mídia com auxílio de *softwares* livres, os quais incluem o recurso de legendagem automática.

Disponível gratuitamente e acessível a qualquer usuário com uma conta verificada no YouTube (Sukma, 2019), a legendagem automática incita discussões entre pesquisadores. Bywood, Georgakopoulou e Etchegoyhen (2017) argumentam que a necessidade de produção de legendas de forma rápida e barata tem aproximado a tradução de máquina da legendagem. Esses autores veem o fenômeno como uma forma de atendimento às demandas do mercado, embora apontem para certa resistência da indústria da legendagem na aquisição e uso desses recursos (Bywood; Georgakopoulou; Etchegoyhen, 2017). Além disso, a legendagem alimenta e melhora o próprio sistema de busca (*Search Engine Optimization – SEO*) de uma plataforma de vídeos, sendo mais fácil encontrar um vídeo pelas palavras de busca (Incani, 2021).

Varga (2021) discute as principais características e as limitações da legendagem automática. Embora esse tipo de legendagem seja uma evolução

atrelada às tecnologias, a autora aponta problemas nas ferramentas de transcrição automática – tais como falta de texto, de coerência textual, de reconhecimento de fala, erros ortográficos e de pontuação – que não é suficientemente treinada ou calibrada para a produção de legendas e na legendagem automática propriamente dita – com problemas de segmentação, mínima e máxima duração da legenda, número de caracteres por linha, comprimento da linha, entre outros. Com as falhas observadas, a autora aponta que as tecnologias atreladas à TAV deveriam ser vistas como oportunidade para os profissionais incrementarem a qualidade e eficiência dos sistemas a ela relacionados, e não como uma alternativa economicamente favorável para a legendagem profissional.

Starkey (2019) considera a ferramenta de legendagem automática do YouTube muito falha em relação a conteúdos técnicos. Entretanto, Che *et al.* (2017) apontam como “já bastante preciso” o resultado de legendas geradas automaticamente a partir do inglês e destacam que o tempo para editar tais legendas é 1/3 daquele usado para sua produção direta. Anteriormente a eles, Gernsbacher (2015) já apontava que legendas geradas via reconhecimento automático de voz (*Automatic Speech Recognition, ASR*) não eram “infalíveis” quanto aos erros, mas “quando alcançarem equivalência com legendas transcritas por humanos, a tecnologia poderá tirar maior proveito do potencial das legendas”¹. De fato, embora precisem de melhorias, os sistemas automáticos já se tornaram padrão para a maioria do público e para sistemas comerciais (Doherty; Kruger, 2018).

A legendagem automática é feita a partir de sistemas de reconhecimento automático de voz, os quais transcrevem a fala/voz em texto, tanto para sistemas gravados quanto ao vivo, para sua posterior tradução de máquina (Freitas, 2022). Em outras palavras, o processo de legendagem automática compreende três passos principais, como mostra a Figura 1.

¹ No original: “*Captions generated via automated speech recognition are not yet without interfering error, but when auto-generated captions reach parity with human transcribed captions, technology will be able to harness the power of captions*” (Gernsbacher, 2015, p. 195).

FIGURA 1 – Resumo do processo de obtenção de legendas automáticas



Fonte: elaborado pela autora a partir de Dias (2021), Varga (2021) e Freitas (2022).

Contudo, em geral, os sistemas de reconhecimento de voz são dependentes da qualidade do áudio, da complexidade do conteúdo e do tema do vídeo, do sotaque do locutor, dentre outros fatores (Arinos *et al.*, 2019). No que diz respeito ao conteúdo original, enfrentam dificuldades com barulhos, presença de vários falantes/narradores e irregularidade no discurso. Em termos de leiaute das legendas geradas automaticamente, há problemas de segmentação e taxa de apresentação. Por exemplo, Datta *et al.* (2020) evidenciam que a legibilidade das legendas é aumentada pela presença da pontuação, a qual, contudo, nem sempre está presente nos sistemas de legendagem automática.

Liwanag e Ramirez (2019) apontam que, em função de tão grande popularidade entre os jovens (a geração da tela – em inglês, “*the screen generation*”), o YouTube é considerado um recurso valioso não apenas para ensino a distância ou *online*, mas também para ser mesclado com a sala de aula presencial. Silva, Pereira e Arroio (2017, p. 51) apontam que

[o] YouTube, além de desempenhar seu papel de entreter os usuários com os vídeos mais variados, também tem agregado a responsabilidade na formação dos estudantes, não só no ensino de ciências, por meio de seus diversos canais com fins educacionais, se caracterizando [*sic*] como uma videoteca particular de cada estudante disponível para acesso a qualquer momento.

Os vídeos de Ciências disponíveis no YouTube podem ser uma ponte entre teoria e prática, representar uma possível forma de reverter o desinteresse dos estudantes pela área de Ciências e se tornar um diferencial para escolas em que não haja recursos para manter laboratórios (Otchie *et al.*, 2020). Segundo pesquisas, vídeos de curta duração são mais eficazes para o engajamento dos estudantes, pois são ferramentas que oportunizam a repetição conforme a necessidade individual de aprendizagem de cada um (Delaviz; Ramsay, 2018).

Entre os milhares de conteúdos disponíveis na internet, em especial de forma gratuita na plataforma YouTube, estão os vídeos que possuem conteúdo de natureza científica, didática e de popularização da ciência. Holzle *et al.* (2017), por exemplo, usaram a legendagem (tradicional e automática) como forma de ampliar o alcance do conhecimento químico. Os autores observaram que

[o] uso da tradução e legendagem como estratégia para a divulgação científica, em especial da Química, mostrou-se muito proveitoso no sentido de poder providenciar um maior alcance a um excelente material, anteriormente somente disponível em inglês e que, a partir do momento da implementação das legendas, pode ser utilizado por mais usuários, não apenas pelos fluentes na língua de origem do vídeo. A atividade possui um baixo custo de implementação, um grande fator multiplicador e elevado impacto educacional, necessitando apenas de um computador (tipo *desktop*) com acesso à internet e um bom domínio da língua inglesa para ser realizada (Holzle *et al.*, 2017, p. 4).

Malakul e Park (2023) testaram o uso vídeos educacionais com legendas geradas automaticamente, legendas editadas e sem legendas. Tendo como público espectador estudantes tailandeses, observaram que as legendas geradas automaticamente em tailandês a partir do inglês facilitaram a compreensão dos estudantes.

Especialmente na área de Química, trabalhos de legendagem têm sido desenvolvidos para que vídeos se tornem acessíveis a espectadores brasileiros, como no caso das legendas produzidas a partir de vídeos publicados no YouTube em língua inglesa, em diversos canais (Holzle *et al.*, 2017). De acordo com a avaliação de Incani (2021), no par linguístico inglês-italiano, roteiros gerados automaticamente têm se mostrado imperfeitos, e as legendas precisam ser corrigidas, revisadas e adaptadas, em função da falta de consistência na segmentação de unidades com sentido, falta de pontuação e uso de letras maiúsculas em muitos casos (Incani, 2021). Sukma (2019), com base em uma análise de vídeos nas áreas de beleza e alimentação,

afirma que os recursos da legendagem automática do YouTube não são adequados o suficiente para compreender expressões menos audíveis, o que gera erros de tradução. Assim, no atual estado da arte, a intervenção humana é fundamental para adequar o uso de termos aos seus contextos.

Não é recente a preocupação de químicos e linguistas com questões terminológicas. De acordo com Silva e Rocha-Filho (1995), sob o olhar da ciência Química, “O uso de uma linguagem mais lógica, simplificada e coerente certamente contribuirá para uma diminuição na dificuldade de aprendizagem de certos termos químicos”. No *Compendium of Chemical Terminology*², chamado popularmente de “*Gold Book*” e publicado pela *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC), há um total de 6465 termos em inglês, com explicações elencadas e disponíveis gratuitamente e *online* para cada termo. Mas esse material não está disponível em português.

Pode-se indagar se os termos químicos podem ser adequadamente traduzidos automaticamente pelos mecanismos de tradução automática. Por um lado, há autores que afirmam que sim, com possível auxílio da ferramenta “Google Tradutor”, por exemplo, como afirma o professor Emiliano Chemello (2022), do canal Planeta Química³. Por outro lado, há autores que afirmam que não, como Incani (2020, p. 158⁴), segundo quem a “intervenção humana é fundamental para deduzir a palavra certa para ser usada em determinado contexto”, e Starkey (2019, p. 43⁵), para quem “o YouTube fornece a ferramenta de legendas geradas automaticamente, mas ela é muito falha quando se trata de conteúdo técnico”.

De acordo com Finatto *et al.* (2002), em pesquisa com participação de químicos e linguistas, a contribuição dos diferentes pontos de vista soma ao trabalho interdisciplinar que liga a ciência (Química) à linguagem, aos textos e à terminologia. Souza (2019) aponta ainda a possibilidade de utilização da Linguística de *Corpus* para a investigação em áreas de especialidade.

² INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY. **Compendium of Chemical Terminology**. Disponível em: <https://goldbook.iupac.org/>. Acesso em: 29 out. 2023.

³ CHEMELLO, E. **Planeta Química**. Disponível em: <https://www.youtube.com/@planetaquimica>. Acesso em: 30 out. 2023.

⁴ No original: “*Human intervention is fundamental to deduce the right word to use in a determined context.*”

⁵ No original: “*YouTube provides an “auto-generated” captioning feature, but it fails miserably with technical content.*”

3 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho está dividida em três partes, conforme descritas nas seções a seguir a seguir.

3.1 Seleção dos Vídeos

Foram selecionados preliminarmente seis vídeos de divulgação científica na área de Química disponíveis *online* na plataforma YouTube. Tais vídeos passaram pelos seguintes filtros para seleção:

- ter sido disponibilizado em canais de divulgação científica ou Química especificamente, (i) com transcrição gerada automaticamente em inglês, (ii) com legendas geradas automaticamente por máquina para a língua portuguesa e (iii) com legendas produzidas ou pós-editadas por humano para português ou português do Brasil;
- ser de curta duração, pois, de acordo com Delaviz e Ramsey (2018), vídeos longos não prendem a atenção do espectador;
- ter tido mais de 1 milhão de visualizações, a fim de se obter material que já tenha tido ampla divulgação, ou seja, um número expressivo de espectadores;
- conter preferencialmente abordagem de assuntos “menos complexos” (no sentido de que não demandam conhecimentos especializados prévios) dentro da Química, a fim de que de sejam vídeos cujo público-alvo sejam espectadores buscando aprender mais sobre Química com o auxílio de vídeos disponíveis na *web*.

Os seis vídeos preliminares estão disponíveis em canais distintos⁶ e todos apresentam pelo menos uma tradução para a língua portuguesa (pt geral; ou pt

⁶ Títulos e *links* para os seis vídeos inicialmente selecionados:

- TED-Ed. **How big is a mole**. Disponível em: <https://youtu.be/TEI4jeETVmg>. Acesso em: 2 set. 2023;
- DOMAIN OF SCIENCE. **Map chemistry**. Disponível em: <https://youtu.be/P3RXtoYCW4M>. Acesso em: 2 set. 2023;
- BE SMART. **6 Chemical reactions that changed history**. Disponível em: <https://youtu.be/jb4CMnT2-ao>. Acesso em: 2 set. 2023;

localizado para o Brasil – pt-br). Contudo, em função da ausência de uma tradução localizada (pt-br) em três vídeos e da extensão dos recortes feitos – os quais, mesmo com tempos relativamente pequenos, contêm muito texto (cf. seção 3.2) –, limitou-se a amostragem final a dois vídeos.

Os vídeos selecionados “*How big is a mole?*”⁷, de Daniel Dulek, disponível no YouTube e na plataforma TED-Ed⁸, e “*How small is an atom?*”⁹, do canal *Kurzgesagt – In a Nutshell*¹⁰, apresentam o conjunto de características selecionadas como parâmetros balizadores da escolha e conteúdo relacionado aos fundamentos na área da Química. De certa forma, os dois vídeos tratam de dimensionamento do mundo microscópico da Química: o primeiro está relacionado com o número de Avogadro e faz uma ponte entre as partículas e o mundo macroscópico; e o segundo trata de forma direta da estrutura e do tamanho do átomo. Ambos estão ligados ao ensino de fundamentos da ciência Química e, por isso, podem ter grande impacto na compreensão de seus fundamentos e na possibilidade de os espectadores, especialmente estudantes, avançarem nos estudos desse campo do conhecimento.

Após a seleção dos vídeos, foi feito o recorte de um trecho por vídeo, de até 2 minutos, para análise e discussão. Foram também registrados os dados gerais de cada vídeo, como nome do autor, data de publicação, número de visualizações, tradutor e revisor (quando disponível), tempo de duração total e do recorte, número total de caracteres e palavras no texto-fonte (TFa) e no texto-alvo em português (TAh-pt-br).

– CRASHCOURSE. **The nucleous**. Disponível em: <https://youtu.be/FSyAehMdpyl>. Acesso em: 2 set. 2023;

– SCISHOW. **The deadliest toxin on Earth**. Disponível em: https://youtu.be/2z35_1e1Mtl. Acesso em: 2 set. 2023.

– KURZGESAGT – In a Nutshell. **How small is an atom**. Disponível em: https://youtu.be/INF3_30IUE. Acesso em: 2 set. 2023.

⁷ TED-Ed. **How big is a mole**. Disponível em: <https://youtu.be/TEI4jeETVmg>. Acesso em: 2 set. 2023.

⁸ TED-Ed. **Lessons Worth sharing**. Disponível em: <https://ed.ted.com/>. Acesso em: 4 out. 2023.

⁹ KURZGESAGT – In a Nutshell. **How small is an atom? Spoiler: very small**. Disponível em: https://youtu.be/INF3_30IUE. Acesso em: 2 set. 2023.

¹⁰ KURZGESAGT – In a Nutshell. **Kurzgesagt – in a nutshell**. Disponível em: <https://www.youtube.com/@kurzgesagt>. Acesso em: 4 out. 2023.

3.2 Captura e Organização dos Dados

Em cada vídeo selecionado, procurou-se determinar um recorte em que um conceito da Química fosse apresentado de forma relativamente independente, ou seja, uma ideia que fosse exposta e finalizada dentro do recorte, mesmo que de forma parcial em relação ao vídeo completo.

Para a captura dos dados na forma de transcrição, seguiram-se estes passos:¹¹

- acesso à plataforma YouTube e ao vídeo selecionado;
- em configurações, selecionou-se a opção “*English auto-generated*” para captura da transcrição automática do áudio em língua inglesa (doravante, TFa). Foi necessário acionar a opção “mostrar transcrição” para selecionar o texto e gerar um arquivo com a segmentação e o texto das legendas;
- com a opção inicial “*English auto-generated*” selecionada, buscou-se a opção “*Auto-translate*” e selecionou-se o português para geração automática das legendas em português a partir da transcrição na língua-fonte (En>pt; doravante, TAa). Para os vídeos em que há tradução feita por humano, essa opção só é gerada após a configuração inicial do inglês gerado automaticamente¹² e não aparece opção para gerar transcrição em um formato que possa ser salvo como um arquivo. Por essa razão, as legendas não foram salvas em arquivo, mas sim anotadas manualmente para este estudo;
- em configurações, selecionou-se a opção “*português*” ou “*português (Brasil)*” para captura do TAh-pt ou TAh-pt-br. Foi necessário acionar a

¹¹ Foram feitas várias tentativas de exportação direta das legendas dos vídeos do YouTube. Uma das formas foi com o uso de programas como o Yousubtitle e Savesubs, mas observaram-se inconsistências nas capturas. Outra forma foi com o uso automático da extensão “Language Reactor”, disponível no navegador Chrome. Entretanto, após várias tentativas, observou-se ambiguidade nos dados e, por isso, seguiu-se o “passo a passo” supramencionado. O “Language Reactor” é um conjunto de ferramentas para aprender idiomas, disponível em <https://www.languagereactor.com/>.

¹² Se outras línguas ou traduções forem selecionadas inicialmente (que não o “*English auto-generated*”), outros pares linguísticos de tradução aparecem como resultado da pesquisa, como, por exemplo English>pt e Português>pt). Então, a depender da seleção inicial para configuração da legenda, diferentes resultados são obtidos.

opção “mostrar transcrição” para selecionar o texto e gerar um arquivo com a segmentação e o texto das legendas.¹³

Para cada trecho selecionado nos vídeos, foi organizado um quadro que apresenta a transcrição do áudio em inglês, a legenda automática correspondente e as legendas produzidas ou pós-editadas por humanos, lado a lado. Cada quadro foi organizado de acordo com os recortes escolhidos para análise, dispondo em segmentos o texto-fonte gerado automaticamente (TFa), o texto-alvo gerado automaticamente (TAa-pt) – que corresponde à tradução para o português realizada pela máquina –, o texto-alvo gerado, editado ou pós-editado por humano em português (sem especificação da localização) (TAh-pt) e o texto-alvo gerado, editado ou pós-editado por humano em português do Brasil (TAh-pt-br).

Os arquivos gerados contendo os dados completos por vídeo para a transcrição automática (TFa) e as traduções feitas, editadas ou pós-editadas por humanos estão no Anexo 1¹⁴. A tradução realizada automaticamente pela máquina a partir do TFa não é disponibilizada na forma de arquivo e foi copiada manualmente a partir das legendas geradas em cada vídeo. Por isso, para o TAa-pt, apenas o recorte selecionado para análise está disponível no texto (Apêndice 1, Quadros 7 e 9).

No Quadro 1, que exemplifica o material disponível no Apêndice 1 (Quadro 7), há trechos vazios, pois a segmentação base foi a do TFa (Figura 2). Nas legendas geradas automaticamente em português, TAa-pt (Figura 3), procurou-se seguir a segmentação inicial (do TFa), pois não se dispunha da transcrição com os respectivos tempos iniciais por segmento.

As traduções que são editadas ou pós-editadas por humanos não partem, necessariamente, das transcrições geradas automaticamente ou mesmo das traduções da máquina, como proposto neste trabalho para fins de simplificação. As traduções de humanos podem partir de legendas que já foram editadas ou pós-editadas na língua-fonte e, portanto, podem ser utilizadas por quaisquer usuários, incluindo-se tradutores. Logo, nem sempre o trabalho de traduzir uma legenda e ou pós-editá-la estará relacionado a textos-fonte (seja transcrição ou tradução automática), mas pode estar relacionado ao trabalho prévio de outro tradutor.

¹³ As opções de legenda que estão disponíveis para um usuário do YouTube são dependentes da configuração do dispositivo, tais como localização geográfica e língua selecionada.

¹⁴ Todos os arquivos foram gerados em 24 de setembro de 2023.

QUADRO 1 – Exemplo de trechos vazios e de trechos completos nas transcrições das legendas, em função das diferenças geradas nas segmentações

Segmento	Tempo inicial	TFa	TAa	TAh-pt-pt	TAh-pt ou TAh-pt-br
37	1:24	the thing is that the amount of	questão é que a quantidade de	Ora bem, a quantidade de partículas, mesmo em pequenas amostras, é enorme.	O fato é que a quantidade de partículas, mesmo em pequenas amostras,
38	1:25	particles and even small samples is	partículas e até mesmo pequenas amostras é	(trecho vazio)	(trecho vazio)

Nota: TFa = texto-fonte gerado automaticamente; TAa = texto-alvo gerado automaticamente; TAh-pt-pt / TAh-pt / TAh-pt-br = texto-alvo gerado por humano, em português de Portugal (pt-pt), em português sem identificação de localidade (pt) e em português do Brasil (pt-br).

Fonte: a autora.

FIGURA 2 – Captura de tela do vídeo “How big is a mole”, no tempo 1min35s, com legenda em inglês (*English auto-generated*)



Fonte: a autora.

FIGURA 3 – Captura de tela do vídeo “How big is a mole”, no tempo 1min35s, com legenda em português gerada a partir da transcrição do áudio (*English auto-generated*)



Fonte: a autora.

No canto direito inferior das Figuras 2 e 3 é possível visualizar, em um mesmo tempo do vídeo, a configuração para as legendas que aparecem em cada um deles. Na imagem da Figura 2, consta a legenda em inglês, “*auto-generated*”, que é o TFA para este trabalho. Na Figura 3, consta a legenda gerada automaticamente para o português, a partir do “*English auto-generated*”, que é o TAa-pt para a análise comparativa da tradução automaticamente gerada com a tradução humana.

3.3 Análise dos Dados

Para análise dos recortes de cada vídeo, rotulou-se cada segmento de acordo com as categorias propostas por Koponen (2010) e examinaram-se tanto as escolhas tradutórias quanto possíveis problemas para o usuário final (Quadro 2). Ressalta-se que a categoria de “análise geral de opções tradutórias” emergiu durante a avaliação das legendas selecionadas, pois algumas observações de cunho mais geral não se enquadravam na lista de categorias proposta por Koponen (2010).

Como parâmetro para análise, tomou-se o padrão publicado pela Netflix¹⁵ para legendagem em português. O “padrão Netflix” foi tomado como referência por se tratar de um dos *streamings* de vídeo mais antigos e por ser bastante conhecido, apenas para tomada de parâmetros para análise do texto traduzido nas legendas.

¹⁵ NETFLIX. **Brazilian Portuguese Timed Text Style Guide**. Disponível em: <https://partnerhelp.netflixstudios.com/hc/en-us/articles/215600497-Brazilian-Portuguese-Timed-Text-Style-Guide>. Acesso em: 30 out. 2023.

QUADRO 2 – Categorias de análise dos recortes de legenda

Situação	Sigla	Descrição
Conceito omitido	OM	O conceito no TFa não é transmitido para o TAa ou TAh.
Conceito adicionado	AD	O conceito no TAa ou TAh não está presente no TFa.
Conceito não traduzido	NT	Conceitos/palavras do TFa que aparecem no TAa ou TAh sem tradução.
Conceito traduzido de forma correta	TC	Um conceito no TAa ou TAh tem significado corretamente traduzido do TFa.
Conceito traduzido de forma incorreta	ET	Um conceito no TAa ou TAh tem significado incorreto.
Conceito substituído	SB	O conceito no TAa ou TAh não é um equivalente lexical para o conceito no TFa, mas pode ser considerado um substituto válido para o contexto.
Análise geral de opções tradutórias	G	Análise de aspectos da tradução que não se encaixam em adequações ou inadequações do ponto de vista conceitual/Química. Nessa categoria foram apontados erros tipográficos, inadequação em letras minúsculas/maiúsculas, pontuação inadequada e escolhas gerais com impactos no resultado da tradução.

Fonte: baseado em Koponen (2010).

O capítulo a seguir apresenta os resultados obtidos.

4 ANÁLISE DOS DADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os vídeos selecionados têm as características resumidas nos Quadros 3 e 4, a seguir. As transcrições, tradução automática e traduções humanas dos trechos em análise estão no Apêndice 1 (Quadros 7 e 9).

Em “*How big is a mole?*”, o TAh-pt-br apresenta 3.324 caracteres e 758 palavras (cf. Quadro 3). De forma geral, esses valores implicariam uma média de 12,2 caracteres/segundo e 167,3 palavras/min. Ambos estariam de acordo com a configuração padrão para legendas do *streaming* Netflix ($15 < \text{caracteres/s} < 20$ e máximo 240 palavras/min). A mesma análise vale para o TFa, pois apresentou 12,5 caracteres/segundo e 183,2 palavras/min. Sublinha-se, contudo, que essa análise não reflete as pausas existentes entre as legendas, tampouco o número de caracteres por linha; logo, essa análise não necessariamente indica que as legendas estão de fato adequadas, conforme se discutirá mais adiante.

QUADRO 3 – Resumo das características do vídeo “*How big is a mole?*” e do recorte de análise

Título	<i>How big is a mole?</i>
Publicação na <i>web</i>	11 de setembro de 2012
Visualizações (08/10/2023)	2.265.587
Autoria	Daniel Dulek
Tradução	Wanderley Jesus (pt e pt-br) Margarida Ferreira (pt-pt)
Revisão	Marina Murarolli (pt e pt-br) Mafalda Ferreria (pt-pt)
Traduções disponíveis (humana)	português-br e português-pt
Duração do vídeo	4min32s = 272 s = 4,53 min
Caracteres (sem espaço) do texto traduzido (TAh-pt-br)	3.324
Número de palavras TAh-pt-br	758
Caracteres (sem espaço) das legendas “ <i>English auto generated</i> ” (TFa)	3.418
Número de palavras (TFa)	830
Recorte do vídeo em análise	
Segmentos selecionados	34 – 68
Tempo inicial da análise	1:17... 2:33
Tempo final da análise (aproximado)	2:34
Tempo analisado	77 s = 1min17s = 1,28 min
Caracteres (sem espaço) do texto traduzido (TAh-pt-br)	1.004
Número de palavras TAh-pt-br	224
Caracteres (sem espaço) das legendas “ <i>English auto generated</i> ” (TFa)	1.036
Número de palavras (TFa)	242

Fonte: a autora.

No recorte de 77 segundos, “*How big is a mole?*” apresentou 35 segmentos, os quais representam cerca de 28,3% do tempo total do vídeo. Para esse recorte, há 175 palavras/min e 13,04 caracteres/s, ambos dentro do intervalo citado anteriormente. Muito embora essa adequação tenha sido observada, não foi realizada uma análise da segmentação (número de caracteres por linha e tempo de exposição da legenda). Essa análise ficou fora do escopo deste trabalho em função da facilidade em que qualquer usuário tem para alterar a velocidade de reprodução de vídeos do YouTube.

O vídeo em inglês (língua-fonte) faz um jogo de palavras com a homonímia (Bechara, 2015, p. 419) da palavra “*mole*” em inglês, que apresenta três significados distintos, todos oriundos da mesma grafia e da mesma pronúncia: toupeira (animal¹⁶), mol (conceito químico¹⁷) e verruga¹⁸. Em português, não há essa relação de significados, e o vídeo somente explicita seu foco no conceito químico no tempo 32 s (“*well in this case a mole is a concept that we use in chemistry*” – em português do Brasil, “Bem, neste caso, um mol é um conceito que usamos em química”).

Por sua vez, o vídeo completo “*How small is an atom?*” tem 4min57s (cf. Quadro 4). A legenda TAh-pt-br desse vídeo apresenta 3.620 caracteres sem espaços e 758 palavras. De forma geral, isso implicaria uma média de 12,2 caracteres/segundo e 153,1 palavras/min. Desconsiderando os silêncios presentes no vídeo, isso indicaria, teoricamente, que os dois parâmetros estão de acordo com a configuração padrão para legendas da plataforma *streaming* Netflix (15 < caracteres/ segundo < 20 e

¹⁶ De acordo com o *Oxford Learner's Dictionaries*, *mole* significa “*a small animal with dark grey fur, that is almost blind and digs tunnels under the ground to live in*” – em português, “pequeno animal com pelo cinza escuro, quase cego, que escava túneis sob o solo para viver”. Esse animal é denominado “toupeira” em português.

¹⁷ De acordo com o *Dictionary of Chemistry*, *mole* significa “*An amount of substance of a system which contains as many elementary units as there are atoms of carbon in 0.012 kilogram of the pure nuclide carbon-12; the elementary unit must be specified and may be an atom, molecule, ion, electron, photon, or even a specified group of such units. Symbolized mol.*” – em português, “Uma quantidade de substância em um sistema que contém tantas unidades elementares quanto os átomos de carbono existentes em 0,0012 quilogramas do isótopo de carbono de massa 12 puro; a unidade elementar deve ser especificada e pode ser átomos, moléculas, íons, elétrons, fótons ou um grupo especificado dessas unidades elementares”. Trata-se do “mol” em português.

¹⁸ De acordo com a Biblioteca Virtual de Saúde do Ministério da Saúde, “[a]s verrugas são lesões da pele causadas pelo vírus papilomavírus humano (HPV). Disseminam-se pela pele através do contato das lesões com áreas não atingidas e são transmitidas pelo contato direto com pessoas contaminadas”. BRASIL. Ministério da Saúde. Biblioteca Virtual em Saúde. **Verrugas**. Disponível em: <https://bvsmms.saude.gov.br/verrugas/#:~:text=O%20que%20s%C3%A3o%3F,contato%20direto%20co m%20pessoas%20contaminadas>. Acesso em: 30 out. 2023.

máximo 20 palavras/ min). O mesmo foi observado em língua inglesa (TFa), com 11,0 caracteres/segundo e 150,3 palavras/minuto.

Em relação ao recorte de 87 segundos analisado, “*How small is an atom?*” foi dividido em 37 segmentos, que correspondem a 29,3% do tempo total. Para o recorte, o TA-pt-br apresenta 155,2 palavras/min e 12,05 caracteres/s. Novamente, cumpre lembrar que, embora essa análise aponte para uma média geral em conformidade com os parâmetros Netflix, isso não necessariamente significa que o número de caracteres por linha e o tempo de exposição de cada legenda estejam adequados para leitura do espectador. No entanto, essa análise foge ao escopo desta pesquisa.

QUADRO 4 – Resumo das características do vídeo
 “How small is an atom?” e do recorte de análise

Título	How small is an atom?
Publicação na <i>web</i>	20 de janeiro de 2015
Visualizações (08/10/2023)	9.017.982
Autoria	Philipp Dettmer (?)
Tradução	?
Revisão	?
Traduções disponíveis (humana)	português e português-br
Duração do vídeo	4 min 57 s = 297 s = 4,95 min
Caracteres (sem espaço) do texto traduzido (TAh-pt-br)	3.620
Número de palavras TAh-pt-br	758
Caracteres (sem espaço) das legendas “English auto generated” (TFa)	3.280
Número de palavras (TFa)	744
Recorte do vídeo em análise	
Segmentos selecionados	1 – 37
Tempo inicial da análise	0 ... 1:24
Tempo final da análise (aproximado)	1:27
Tempo analisado	87 s = 1 min 27 s = 1,45 min
Caracteres (sem espaço) do texto traduzido (TAh-pt-br)	1.048
Número de palavras TAh-pt-br	225
Caracteres (sem espaço) das legendas “English auto generated” (TFa)	948
Número de palavras (TFa)	225

Fonte: a autora.

Em “How small is an atom?”, o autor se propõe a esclarecer o quão pequeno os átomos são. Apresenta uma série de comparações para dar a ideia de que eles são muitíssimo pequenos, constituídos das mesmas partículas fundamentais e formadores de todo tipo de matéria que existe no universo. Ao longo do vídeo, os autores usam, como recurso adicional de interação com o espectador, notas escritas que complementam ou explicitam algo importante. É o que ocorre, por exemplo, no tempo 1min17s, com a representação das partículas próton, nêutron e elétron por bolinhas de diferentes tamanhos e cores. Na representação, próton e nêutron são do mesmo tamanho, e o elétron é menor, o que pode fazer referência às suas massas; as três partículas têm cores diferentes, que poderia se relacionar às suas cargas (positiva, neutra e negativa). Contudo, os autores registram uma nota no canto inferior direito “*sizes and colors super wrong*”¹⁹, pois são apenas ilustrações que representam parte do mundo real.

¹⁹ Em língua portuguesa: “tamanhos e cores muito errados”. As notas dispostas ao longo do vídeo não são traduzidas e, portanto, não estão acessíveis para espectadores que não dominam a língua inglesa.

O vídeo “*How small is an atom?*” apresenta também as partículas *quarks*, a ideia de “vazio” que constitui a estrutura dos átomos e sua relação com a energia (traduzido como “flutuações quânticas”; no original, “*quantum fluctuations*”). Na relação dos elétrons como partícula e energia (função de onda), há representações para os orbitais atômicos e as relações de probabilidade de se encontrar um elétron nessas regiões. Esses apontamentos mostram que os autores avançam no conteúdo do vídeo para níveis de profundidade que estão além do que seria apresentado no Ensino Médio regular nas disciplinas de Química.

A análise dos recortes dos dois vídeos de acordo com categorias está resumida no Quadro 5, a partir da análise completa disposta nos Quadros 8 e 10 (Apêndice 1).

QUADRO 5 – Análise dos conceitos veiculados e aspectos gerais da tradução nas legendas dos recortes dos vídeos “*How big is a mole?*” e “*How small is an atom?*”

Situação do conceito	Sigla	“ <i>How big is a mole?</i> ”		“ <i>How small is an atom?</i> ”	
		Máquina	Humano	Máquina	Humano
Omitido	OM	1	1	0	3
Adicionado	AD	0	1	0	0
Não traduzido	NT	0	0	0	0
Tradução correta	TC	1	2	2	4
Erro de tradução	ET	10	1	3	4
Substituído	SB	0	0	1	2
Totais	--	12	5	6	13
Geral	G	1	9	1	7

Fonte: a autora.

Os dois vídeos analisados são exemplos expressivos do que pode ser elaborado para auxiliar a compreensão de conceitos químicos. Os conceitos explicados por eles são: o mol e a estrutura do átomo, ambos com ênfase na dimensão do que representam, a saber, um número muito grande (602.000.000.000.000.000.000²⁰, ou 602 sextilhões, ou $6,02 \times 10^{23}$ em notação científica) que expressa quantidade de matéria (átomos, íons, moléculas etc.) e um tamanho muito pequeno para o átomo e suas subpartículas constituintes.

²⁰ Esse foi o número apresentado no vídeo em análise e é usado comumente nos livros didáticos para o Ensino Médio. Contudo, o número completo que representa o mol é igual a $6,02214076 \times 10^{23}$, conforme IUPAC. **Gold Book**. Disponível em: <https://goldbook.iupac.org/terms/view/M03980>. Acesso em: 31 out. 2023.

Do ponto de vista da “utilidade didática”, os dois vídeos têm um alcance para além do que poderia ser atingido somente com explicações verbais (Starkey, 2019), em razão dos exemplos, comparações e ilustrações que se juntam ao conceito de mol ou da estrutura atômica. Entretanto, é possível que o recurso de redução da velocidade de exibição e mesmo sua repetição sejam necessários para que o espectador consiga absorver os detalhes apresentados. Conforme Starkey (2019), um vídeo fica disponível em tempo integral ao usuário, o que favorece a aprendizagem a partir da repetição conforme necessidade (Starkey, 2019). Porém, enquanto os dois conceitos principais são apresentados em menos de 5 minutos, em sala de aula provavelmente seria necessário explorar esse conteúdo por um tempo de cinco a dez vezes maior para uma explanação com uso de quadro. O uso do recurso audiovisual complementa e ilustra a explicação regular. Todavia, mesmo com o uso do vídeo, a interrupção e a rerepresentação de trechos-chave do vídeo seriam importantes para fixação dos principais conceitos apresentados. Outro possível fator facilitador da aprendizagem seria a utilização dos vídeos dublados. Isso provavelmente favoreceria a aprendizagem, pois o estudante reduziria a atenção cognitiva despendida na leitura e compreensão do texto da legenda e passaria a aplicá-la integralmente na abstração dos conceitos apresentados.

Em relação à compreensão da mensagem transmitida pelo vídeo por meio do uso da tradução automática, pode-se, com base em Incani (2020), assumir que as legendas geradas automaticamente representam uma ferramenta que permite que se tenha uma noção geral do que está sendo enunciado. Para o autor, as transcrições automáticas são imprecisas e por isso precisam ser revisadas, inclusive no que tange à pontuação, segmentação, uso de letras maiúsculas/minúsculas e adaptações para a localidade a que o vídeo se destina. Além disso, caberia uma análise pormenorizada do tempo necessário para a leitura das legendas traduzidas automaticamente e do grau de dificuldade imposto por falhas na segmentação para a compreensão dos enunciados dos vídeos.

Do ponto de vista da tradução e das legendas geradas automaticamente, as primeiras observações nos trechos analisados dos dois vídeos se referem à falta de pontuação e de letras maiúsculas para nomes próprios e para inícios de frases. Além disso, a segmentação não segue os parâmetros da legendagem (quebra após pontuação, antes de conjunções, antes de preposições; sem separação entre artigos

e substantivos, primeiro e último nome, verbos de sujeitos pronominais)²¹, o que a priori configura dificuldade de compreensão. Datta *et al.* (2020), em estudo experimental, apontam que a pontuação adequada influencia a legibilidade, melhorando a experiência tanto para ouvintes quanto para surdos ou ensurdecidos, independentemente de a legenda ter sido gerada por humanos ou via ASR (*Automatic Speech Recognition*). Todavia, Lee e Cha (2020) – embora reconheçam que as legendas geradas automaticamente sejam úteis para os espectadores – apontam a necessidade de melhoria nos sistemas ASR, para que sejam mais eficientes e precisos.

Conforme informações veiculadas pelo Google/suporte YouTube²² para o uso de legendas automáticas, “*Captions are a great way to make content accessible for viewers*” (*i.e.*, “as legendas são uma ótima forma de tornar o conteúdo acessível para os espectadores”). Mesmo assim, a empresa adverte que pode haver erro na interpretação do conteúdo falado, razão pela qual as legendas automáticas deveriam ser revisadas e editadas, especialmente nas partes não transcritas corretamente. Ademais, o YouTube não fornece nenhuma opção de dublagem, o que deixa a presença de legendas como única opção para compreensão de vídeos em língua-fonte diferente da língua compreendida pelo espectador.

Em relação à transmissão de conceitos da área de química pelos vídeos, observou-se que houve conceitos omitidos (5), adicionados (1), com tradução correta (9), com erros de tradução (18) e substituídos (3). Não houve conceitos não traduzidos nos trechos analisados. No vídeo “*How big is a mole?*”, houve preponderância de registros de conceitos (OM, TC, ET, AD) oriundos da máquina (12), oposto ao observado para o vídeo “*How small is an atom?*”, em que os apontamentos de tradução (13) estão em maior número no trabalho humano (OM, TC, ET, SB).

Conceitos omitidos podem causar problemas para o entendimento da ideia ou suprimir informações técnicas relevantes. Por exemplo, no segmento 49 do vídeo “*How big is a mole?*”, a tradução automática não apresenta o tipo de energia associada

²¹ NETFLIX. **Brazilian Portuguese Timed Text Style Guide**. Disponível em: <https://partnerhelp.netflixstudios.com/hc/en-us/articles/215600497-Brazilian-Portuguese-Timed-Text-Style-Guide>. Acesso em: 7 out. 2023.

²² GOOGLE. YouTube Help. **Use automatic captioning**. Disponível em: <https://support.google.com/youtube/answer/6373554?hl=en#:~:text=However%2C%20automatic%20captions%20might%20misrepresent,haven't%20been%20properly%20transcribed>. Acesso em: 12 out. 2023.

aos gases (“*high kinetic energy the gas particles*” no original; “alta energia das partículas de gás”, na tradução automática), ou seja, ocorre a omissão do tipo de energia associado às partículas gasosas. Entretanto, em alguns casos, é possível que a omissão não acarrete prejuízo para a compreensão do texto. Por exemplo, no segmento 29-30 do vídeo “*How small is an atom?*”, “*let us just pretend that atoms look like this for a minute to make it easier to [...]*” é suprimido, permitindo que a legenda do TAh-pt-br fique mais concisa (“Vamos pensar que os átomos possuem esta forma para ficar mais fácil entendê-los”). Entre as cinco omissões anotadas, três foram consideradas inadequações e duas, não.

Houve apenas um conceito adicionado. Trata-se da passagem em que se diz que “Avogadro foi o primeiro a vir com tais ideias”, sendo que o contexto do vídeo apresenta uma única ideia, a do conceito de mol (no texto-fonte, segmento 59, “*first one to come up with this idea*”). Contudo, é possível que o espectador não tenha problemas substanciais para a compreensão da passagem, embora possa se indagar se deixou passar uma segunda ideia em momento anterior do vídeo.

Foram registradas seis anotações de trechos com tradução correta (TC) nos TAh, o que equivale ao dobro dos registros para a tradução automática de máquina TAa-pt realizada adequadamente. Esse resultado, embora limitado a uma pequena amostragem em análise, indica a prevalência do trabalho humano sobre o da máquina. No segmento 65, do vídeo “*How big is an mole?*”, por exemplo, no trecho em que a palavra “*chemists*” aparece associada ao termo “*mole*”, o TAa-pt apresenta corretamente a tradução de “*mole*” para “mol”. No TAh-pt-pt ou TAh-pt-br, o termo mol é usado conforme a localidade “a mole” ou “o mol”, respectivamente.

Os erros de tradução (ET) foram anotados tanto para erros da máquina (TFa ou TAa-pt, 13 erros) quanto para os erros humanos (TAh-pt ou TAh-pt-br, 5 erros). Esses erros podem ser oriundos de erros na transcrição automática (*i.e.*, ASR), que ocorreu em seis (46%) de 13 erros da máquina e na tradução gerada a partir da transcrição, que nesta análise ocorreu em sete momentos (54% dos erros da máquina), gerando textos desconexos do contexto do vídeo. Os segmentos 36 (com dois erros), 40 e 62 (cada um com um erro) do vídeo “*How big is na mole?*” e os segmentos 1 e 9 do vídeo “*How small is na atom?*” são os trechos considerados como erros de tradução da máquina. Como exemplo, o segmento 36 apresenta “*fortunately, Avogadro dyed in 1856 now*” no TFa e “felizmente, Avogadro tingiu em 1856, agora a”

(no TAA-pt). Nas traduções feitas por humanos, esse mesmo trecho foi traduzido como “Infelizmente, Avogadro morreu em 1856”. Essas observações corroboram Lee e Cha (2020), segundo os quais os sistemas de reconhecimento de voz precisam ser melhorados para que as legendas sejam mais precisas.

Outra parte dos erros da máquina são erros de tradução, que podem estar relacionados com a transcrição incorreta, mas não estão limitados a ela. Nas análises feitas nesse trabalho, por exemplo, para o trecho do segmento 53 do vídeo “*How big is a mole?*” a tradução da máquina não foi adequada, embora não tenha ocorrido erro no reconhecimento de voz (transcrição): “*if you pour 18.01 grams of water into a*” foi traduzido para “se você derramar 18,01 grama de água em um”. O verbo “derramar” não é usado no sentido de colocar algum líquido dentro de um recipiente, mas, sim, quando transborda ou é vertido por fora ou para fora das suas bordas.

Além disso, problemas com homônimos não são resolvidos facilmente pela máquina. No segmento 64 do vídeo “*How big is a mole?*”, por exemplo, mesmo depois de vasta contextualização para o tipo de “*mole*” ao qual o vídeo se referia, o TAA-pt aponta “toupeira” como tradução para “*mole*”: “*mole yep this number has a second name*” (TFa) e “toupeira, sim, esse número tem um Segundo [sic] nome” (TAA-pt).

Na sequência (segmento 65), entretanto, com o aparecimento da palavra “*chemists*” no mesmo segmento em que o termo “*mole*” ocorre, o TAA-pt apresenta “mol” como opção tradutória para “*mole*”. Isso sugere que a máquina é capaz de capturar a contextualização para escolha da melhor tradução para determinado termo ao nível do segmento e não do (con)texto como um todo, visto que, no início do vídeo, foi enfatizado que “*mole*” poderia ser um conceito químico, um animal ou uma verruga, mas que ali a referência era o conceito químico. De forma similar, a pesquisa de Incani (2020) identificou o erro na interpretação da grandeza física “*torr*”, que foi traduzida automaticamente para “Thor”, o que não era correto para o contexto do vídeo.

As outras inadequações, sejam geradas pela máquina ou por humanos, também podem causar dificuldade para compreensão de conceitos, mas são mais simples, como uso de singular/plural, representações simbólicas ou grandezas, vírgulas e outros sinais de pontuação. Essas questões foram pontadas como comentários gerais (G), incluindo alguns erros tipográficos, problemas de pontuação e escolhas tradutórias que não têm, *a priori*, maior impacto, mas diminuem a qualidade final das legendas.

Outrossim, a forma recomendada por plataformas de *streamings* ou a forma usual/popular de apresentação de grandezas podem diferir da recomendação técnica, causando dúvida para o espectador, pois se trata de um vídeo para o qual se pressupõe a acuidade científica. Essas observações são decorrentes dos segmentos 40 e 55 do vídeo “*How big is a mole*”, com as unidades “mililitros” e “grau Celsius”. No segmento 40, por exemplo, o TFA traz “*any gas at 0 degrees Celsius*”, que é traduzido automaticamente para “qualquer gás a 0 graus Celsius”. Em português-pt, porém, zero geralmente é acompanhado de singular, diferentemente do observado nessa legenda. Já a tradução humana para pt-br substitui as palavras pelo símbolo (“*degrees Celsius*” por “° C”), o que é inadequado do ponto de vista técnico, pois não deveria haver espaço entre o símbolo de grau (°) e o símbolo de Celsius (C), mas está adequado do ponto de vista da recomendação para legendagem da Netflix²³.

Então, do ponto de vista da análise dos textos transcritos e da tradução automática, percebe-se a maior parte dos erros de tradução (ET) (13 erros nos trechos analisados) está associado à máquina. Já a tradução (pós-)editada por humanos anula os erros de transcrição e de tradução automática, pois os 13 ET não foram propagados pelos tradutores humanos. Não obstante, houve erros de tradução humana, com marcas de inadequação relacionadas principalmente a questões tipográficas, além da falta de algumas marcas de pontuação e grafia de “Avogrado” em vez de Avogadro. Ao todo, apenas cinco ET foram registrados nos trechos analisados.

Os conceitos substituídos na análise dos vídeos foram encontrados apenas no vídeo “*How small is an atom*”, tanto pela máquina quanto pela tradução humana. No segmento 34, por exemplo, os tradutores humanos substituem “prótons e nêutrons se ligam” que é uma tradução mais próxima do original “*protons and neutrons bind together*”, por “prótons e nêutrons se juntam”, que simplifica a compreensão e evita ambiguidades. A justificativa para essa afirmação é o fato do termo “ligação”, na área de Química se referir a interações eletrônicas, ou seja, entre elétrons, para formar substâncias, explicadas de mais de uma forma. Ao trazer “se ligam” para o trecho, um espectador atento poderia suscitar dúvidas teóricas quanto ao seu significado em relação às partículas nucleares.

²³ NETFLIX. **Brazilian Portuguese Timed Text Style Guide**. Disponível em: Acesso em: 30 out. 2023.

A análise dos trechos dos vídeos de divulgação científica na área de Química indica que há um potencial para o seu uso como auxílio para o ensino desses conteúdos, tanto com legendas geradas automaticamente quanto com as editadas ou pós-editadas por humanos. Esse resultado corrobora Gernsbacher (2015), Che *et al.* (2017), Datta *et al.* (2020), Lee e Cha (2021) e Malakul e Park (2023).

É possível que as legendas editadas ou pós-editadas por humanos imprimam um refinamento e apropriação de termos mais específicos para a localidade a que se destinam. Entretanto, nos trechos analisados neste estudo também foram encontradas inadequações nessas legendas. Mesmo assim, aparentam ser inadequações de menor importância, sem comprometimento para o sentido das informações transmitidas, diferentemente do que pode ocorrer com as inadequações advindas da máquina.

Em apenas um dos vídeos que foram analisados o nome do tradutor e do revisor estavam disponíveis. Essas informações frequentemente são encontradas apenas em vídeos de plataformas específicas, como a “Ted Education - TedEd”. No YouTube, em geral, essa informação não está visível para o público. Cita-se aqui a dificuldade (ou mesmo impossibilidade) de conhecer o autor de uma tradução e/ou editor de uma legenda cujo alcance e acesso pelo público são imensos, pelo fato de poder haver expressivo número de visualizações. Chama-se, pois, a atenção para a questão da invisibilidade do tradutor, o qual tem, muitas vezes, seu trabalho (voluntário ou remunerado) desconhecido e, por isso, não reconhecido. Conforme Venuti (1995), tal invisibilidade se associa ao apagamento do tradutor e das marcas da tradução, para que o leitor suponha estar lendo o original e não a tradução. Abes (2021), por sua vez, associa a invisibilidade do tradutor à “degradação do fazer manual”, algo inerente às concepções da sociedade ocidental. Essa temática também deve ser discutida e aplicada ao contexto das legendas de vídeos que estão disponíveis na *web*, uma vez que são parte do universo da Tradução.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os vídeos analisados neste estudo de caso apresentaram legendas geradas automaticamente que se comparam às legendas editadas ou pós-editadas por humanos, no sentido da transmissão dos conceitos apresentados. O presente estudo parece sugerir que as legendas geradas automaticamente em português são úteis para compreensão de vídeos de divulgação científica por usuários que não dominam o inglês, língua na qual muitos desses vídeos são produzidos.

Por se tratar de um estudo exploratório em que houve a análise de trechos de legendas em apenas dois vídeos, uma das limitações deste estudo é quantidade de análises, que, embora tenham sido criteriosas, representam uma parcela muito pequena em relação à quantidade de vídeos de divulgação científica existentes. Além disso, enfocou-se o par linguístico inglês-português, cabendo novas pesquisas acerca da qualidade dos sistemas de reconhecimento de voz para outros idiomas.

Existe uma dificuldade para avaliação quantitativa das (in)adequações das legendas geradas automaticamente em vídeos de divulgação científica, visto que as presentes análises representam uma fração ínfima do que já está disponível na *web*. Logo, há dificuldade na obtenção de resultados quantitativos que possam levar a generalizações, cabendo, no presente momento, apenas apontar hipóteses.

Estudos futuros poderiam examinar as legendas traduzidas automaticamente ou (pós-)editadas por humanos sob a óptica da aprendizagem, com estudantes, para que possam (ou não) validar a hipótese de que seriam úteis para compreensão dos conceitos veiculados. Nesse caso, também seria pertinente analisar as condições de reprodução desses vídeos, inclusive o número de pausas ou repetições para releitura de legendas.

Também se sugere que pesquisas futuras façam análises voltadas para a parte ética da tradução automática, sobretudo análises que ultrapassem a perspectiva da ética utilitarista conforme sugerido por Costa e da Silva (2020). Em outras palavras, a tradução por máquina pode, sob uma perspectiva utilitarista, ser pensada como uma forma rápida de acesso; todavia, sob uma perspectiva deontológica, estão em jogo fatores de ordem superior, como a qualidade do texto e o compromisso com a correção das informações.

REFERÊNCIAS

- ABES, J. A. A invisibilidade do tradutor: ofício, profissão e gesto de um artífice. **Revista Brasileira de Literatura Comparada**, v. 24, n. 47, p. 5-14, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rblc/a/X9ynvFZncm3g3h8hy5KyVsk/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 12 nov. 2023.
- ARINOS, V. F.; FURLAN, K.; MACIEL, C.; SELBACH, M. S. Legenda automática do YouTube: essa inteligência artificial atende aos usuários? *In*: WORKSHOP SOBRE ASPECTOS DA INTERAÇÃO HUMANO-COMPUTADOR NA WEB SOCIAL (WAIHCWS), 10., 2019, Vitória. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2019. p. 31-40. DOI: <https://doi.org/10.5753/waihcws.2019.7674>.
- BECHARA, E. **Moderna Gramática Portuguesa**. 38. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2015. 689 p.
- BOLAÑOS-GARCÍA-ESCRIBANO, A.; DÍAZ-CINTAS, J.; MASSIDDA, S. Latest advancements in audiovisual translation education, **The Interpreter and Translator Trainer**, v. 15, n. 1, p. 1-12, 2021. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1750399X.2021.1880308>. Acesso em: 15 jul. 2022.
- BYWOOD, L.; GEORGAKOPOULOU, P.; ETCHEGOYHEN, T. Embracing the threat: machine translation as a solution for subtitling. **Perspectives**, v. 25, n. 3, p. 492-508, 2019. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0907676X.2017.1291695>. Acesso em: 15 jul. 2022.
- CHE, X.; LUO, S; YANG, H.; MEINEL, C. Automatic lecture subtitle generation and how it helps. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED LEARNING TECHNOLOGIES (ICALT), 17., 2017, Timisoara. **Proceedings...** Timisoara: Conference Publishing Services, 2017. p. 34-38. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8001709>. Acesso em: 07 out. 2023.
- CHEMELLO, E. **Aprenda a pesquisar conceitos oficiais no IUPAC Gold Book on-line**. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=5cKzCz6mOBM>. Acesso em: 30 out. 2023.
- COSTA, C. B.; DA SILVA, I. A. L. Sobre a tradução literária como atividade humana por excelência. **Aletria**, Belo Horizonte, v. 30, n. 4, p. 225-248, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/aletria/article/view/22047>. Acesso em: 31 out. 2023.
- DA SILVA, I. A. L.; BERNAL-MERINO, M. Á.; ESQUEDA, M. D. Tradução e tecnologia digital: práticas, teorias, métodos de pesquisa e sala de aula. **Belas Infiéis**, Brasília, v. 9, n. 4, p. 03-15, 2020. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/belasinfiéis/article/view/31444/26727>. Acesso em: 14 jul. 2022.

DATTA, P.; JAKUBOWICZ, P.; VOGLER, C.; KUSHALNAGAR, R. Readability of punctuation in automatic subtitles. **Lecture Notes in Computer Science**, v. 12377, p. 195-201, 2020. Disponível em: <https://par.nsf.gov/servlets/purl/10209507>. Acesso em: 07 out. 2023.

DELAVIZ, Y.; RAMSAY, S. D. Student usage of short online single-topic videos in a first-year engineering chemistry class. *In*: CANADIAN ENGINEERING EDUCATION ASSOCIATION CONFERENCE, 2018, Vancouver. **Proceedings of the Canadian Engineering Education Association (CEEA)**. Vancouver, CA: University of British Columbia, 2018. p. 1-4. Disponível em: <https://doi.org/10.24908/pceea.v0i0.13083>. Acesso em: 06 ago. 2022.

DOHERTY, S.; KRUGER, J. L. Assessing quality in human and machine-generated subtitles and captions. *In*: MOORKENS, J.; CASTILHO, S.; GASPARI, F.; DOHERTY, S. (ed). **Translation quality assessment**. Machine Translation: technologies and applications. Berlin: Springer, 2018. p. 179 – 197. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-91241-7_9. Acesso em: 15 jul. 2022.

FINATTO, M. J. B.; ENZWEILER, N.; HUANG, C.; EICHLER, M. L.; DEL PINO, J. C. Manuais acadêmicos de química geral em língua portuguesa: aspectos lingüístico-terminológicos e aspectos conceituais. **Tradterm**, v. 8, p. 211-240, 2002. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/tradterm/article/view/49131>. Acesso em: 29 out. 2023.

FREITAS, F. de S. **Aplicativos móveis de interpretação automática [recurso eletrônico]**: expectativas e percepções dos usuários brasileiros. 2022. 111 p. Dissertação (Mestrado em Estudos Linguísticos) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/35038>. Acesso em: 04 abr. 2023.

GERNSBACHER, M. A. Video captions benefit everyone. **Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences**, v. 2, n. 1, p. 195-202, 2015. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5214590/>. Acesso em: 07 out. 2023.

HOLZLE, L.; GOMES, L.; COLARES, R.; CAPELLO, L. Divulgação da Química por legendagem de vídeos no YouTube. *In*: SIEPE SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DA UNIPAMPA: SALÃO DE EXTENSÃO, 9, 2017, Universidade Federal do Pampa. **Anais...** Santana do Livramento: Universidade Federal do Pampa, 2017. p. 1-4. Disponível em: <https://periodicos.unipampa.edu.br/index.php/SIEPE/article/view/86291>. Acesso em: 23 abr. 2023.

INCANI, W. **Translating YouTube Chemistry**: An analysis of popular science based on YouTube subtitles. 2020/2021. 185 f. Mestrado (Línguas Modernas para Comunicação e Cooperação Internacional) – Università degli Studi di Padova, Padova, 2021. Disponível em: https://thesis.unipd.it/bitstream/20.500.12608/21248/1/William_Incani_2020.pdf. Acesso em: 15 jul. 2022.

INTRODUCTION to moles. Produção: Tyler DeWitt, 2014. Vídeo do canal YouTube. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=wI56mHUDJgQ&t=16s>. Acesso em: 07 ago. 2022.

KOPONEN, M. Assessing machine translation quality with error analysis. In: VIII KÄTU SYMPOSIUM, 4, 2010, Helsinki. **Electronic proceedings...** Helsinki: Suomen kääntäjien ja tulkkien liitto, 2010. p. 1-12. Disponível em: https://www.sktl.fi/@Bin/40701/Koponen_MikaEL2010.pdf. Acesso em: 30 jul. 2022.

LEE, J-H.; CHA, K-W. An analysis of the errors in the auto-generated captions of university commencement speeches on YouTube. **The Journal of Asia TEFL**, v. 17 n. 1, p. 143-159, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18823/asiatefl.2020.17.1.9.143>. Acesso em: 07 out. 2023.

LIWANAG, R. N.; RAMIREZ, H. J. M. Teaching atomic chemistry to YouTube generation. **Journal of Educational Research**, v. 7, n. 1, p. 38-49, 2019. Disponível em: <http://multidisciplinaryjournals.com/wp-content/uploads/2019/08/Full-Paper-TEACHING-ATOMIC-CHEMISTRY-TO-YOUTUBE-GENERATION.pdf>. Acesso em: 06 ago. 2022.

MALAKUL, S.; PARK, I. The effects of using an auto-subtitle system in educational vídeos to facilitate learning for secondary school students: learning comprehension, cognitive load, and satisfaction. **Smart Learning Environments**, v. 10, n. 4, p. 1-17, 2023. Disponível em: <https://slejournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40561-023-00224-2>. Acesso em: 07 out. 2023.

MARTINEZ, S. L. Derrubando pilares: como o rigor científico transformou a investigação empírica em TAV. **Translation Matters**, v. 3, n. 1, p. 134-159, 2021. Disponível em: <https://ojs.letras.up.pt/index.php/tm/article/view/10308/9766>. Acesso em: 06 abr. 2023.

MOHSIN, M. **10 YouTube Statistics Every Marketer Should Know**. OBELO blog, 20 jun. 2023. Disponível em: <https://www.oberlo.com/blog/youtube-statistics>. Acesso em: 29 out. 2023.

MOLE. **Dictionary of Chemistry**. 2 ed. Nova York: McGraw Hill, 2003. Disponível em: <http://repo.upertis.ac.id/1885/1/Dictionary.of.Chemistry.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2023.

MOLE. **Oxford Learner's Dictionary**. Disponível em: <https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/us/definition/english/mole?q=moles>. Acesso em: 23 abr. 2023.

OTCHIE, W. O.; PEDASTE, M.; BARDONE, E.; CHOUNTA, I-A. Can YouTube videos facilitate teaching and learning of STEM subjects in high schools? **Bulletin of the Technical Committee on Learning Technology**, v. 20, n. 1, p. 3-8, 2020. Disponível em: <file:///C:/Users/carla/Downloads/bulletin-tclt-2020-0101002.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2022.

OZIEMBLEWSKA, M.; SZARKOWSKA, A. The quality of templates in subtitling. A survey on current market practices and changing subtitler competences, Perspectives. **Studies in Translation Theory and Practice**, v. 30, n. 3, p. 432-453, 2020. Disponível em:

<https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/0907676X.2020.1791919>. Acesso em: 04 abr. 2023.

SILVA, M. J. da; PEREIRA, M. V.; ARROIO, A. O papel do YouTube no ensino de Ciências para estudantes do Ensino Médio. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 7, n. 2, p. 35-55, 2017. Disponível em:

<http://publicacoes.unigranrio.edu.br/index.php/recm/article/view/4560/2524>. Acesso em: 18 jun. 2022.

SILVA, R. R.; ROCHA-FILHO, R. MOL: uma nova metodologia. **Química Nova na Escola**, n. 1, p. 12-15, 1995. Disponível em:

<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc01/atual.pdf>. Acesso em: 29 out. 2023.

SOUZA, J. V. de. A questão terminológica dos organofosforados na química de pesticidas: uma abordagem baseada em corpus. **Estudos Linguísticos**, v. 48, n. 3, p. 1620-1638, 2019. Disponível em: <https://revistas.gel.org.br/estudos-linguisticos/article/view/2270>. Acesso em: 29 out. 2023.

STARKEY, L. S. Teaching with Videos and animations: turning in, getting turned on, and building relationships. In: PARR, J. (org.). **Videos in Chemistry education: applications of interactive tools**. Califórnia: ACS, 2019, p. 35-51. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/bk-2019-1325.ch003>. Acesso em: 08 out. 2023.

SUKMA, K. R. P. **YouTube auto-generated subtitle performance in translating content in vogue magazine channel**. 2019. 76 f. TCC (Graduação em Letras) – Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta, 2019. Disponível em: https://repository.usd.ac.id/36258/2/164214131_full.pdf. Acesso em: 30 jul. 2022.

TOKUSEI, H. The future will be captioned: improving accessibility on YouTube, 04 mar. 2010. **YouTube Official Blog**. Disponível em: <https://blog.youtube/news-and-events/future-will-be-captioned-improving/>. Acesso em: 30 jul. 2022.

VARGA, C. Online automatic subtitling platforms and machine translation. An analysis of quality in AVT. **Scientific Bulletin of the Politehnica University of Timisoara Transactions on Modern Languages**, v. 20, n. 1, p. 37-49, 2021. Disponível em: <https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=988269>. Acesso em: 04 abr. 2023.

VENUTI, L. **The translator's invisibility: a history of translation**. 1. ed. London: Routledge, 1995.

APÊNDICE 1

QUADRO 07 – Transcrição do recorte do vídeo “*How big is a mole?*” e traduções geradas ou editadas por humanos, com base na transcrição e traduções obtidas do YouTube, pelo navegador Chrome, em 24 de setembro de 2023

Referência		Máquina		Humanos	
		Transcrições do inglês (En-a)	Tradução automática En-a>Pt	Tradução humana En>Pt Pt Tradução: Margarida Ferreira Revisora: Mafalda Ferreira	Tradução humana En>Pt ou En>Pt br ^{&} Tradução: Wanderley de Jesus Revisão: Marina Scatolin Murarolli
Segmento	Tempo inicial	Texto-fonte gerado automaticamente (TFa)	Texto-alvo gerado automaticamente (TAa)	Texto-alvo gerado por humano (TAh-pt-pt)	Texto-alvo gerado por humano (TAh-pt ou TAh-pt-br)
34	1:17	and his work helped lay the foundation	e o seu trabalho ajudou a estabelecer as bases	e o seu trabalho ajudou a estabelecer a base	e seu trabalho ajudou a dar fundamento
35	1:19	for the atomic theory	para a teoria atômica,	da teoria atômica	
36	1:20	fortunately, Avogadro dyed in 1856 now	felizmente, Avogadro tingiu em 1856, agora a	Infelizmente, Avogadro morreu em 1856.	para a teoria atômica. Infelizmente, Avogadro morreu em 1856.
37	1:24	the thing is that the amount of	questão é que a quantidade de	Ora bem, a quantidade de partículas, mesmo em pequenas amostras, é enorme.	O fato é que a quantidade de partículas, mesmo em pequenas amostras,
38	1:25	particles and even small samples is	partículas e até mesmo pequenas amostras é		
39	1:27	tremendous for example if you have a	tremenda, por exemplo, se você tiver um	Por exemplo, se tivermos um balão de qualquer gás,	é tremenda. Por exemplo,

Referência		Máquina		Humanos	
		Transcrições do inglês (En-a)	Tradução automática En-a>Pt	Tradução humana En>Pt Pt Tradução: Margarida Ferreira Revisora: Mafalda Ferreira	Tradução humana En>Pt ou En>Pt br ^{&} Tradução: Wanderley de Jesus Revisão: Marina Scatolin Murarolli
Segmento	Tempo inicial	Texto-fonte gerado automaticamente (TFa)	Texto-alvo gerado automaticamente (TAa)	Texto-alvo gerado por humano (TAh-pt-pt)	Texto-alvo gerado por humano (TAh-pt ou TAh-pt-br)
40	1:30	loan of any gas at 0 degrees Celsius and	empréstimo de qualquer gás a 0 graus Celsius e	a zero grau Celsius, à pressão de uma atmosfera,	se você tem um balão com qualquer gás a 0° C,
41	1:32	at a pressure of one atmosphere then you	à pressão de uma atmosfera, então você		e à pressão de uma atmosfera, você tem exatamente
42	1:34	have precisely 602 sextillion gas	terá precisamente 602 sextilhões de partículas de gás,	temos exatamente seiscentos e dois mil trilhões de partículas de gás.	602 sextilhões de partículas de gás.
43	1:37	particles that is you have six with 23	ou seja, você tem seis com 23	Ou seja, seis seguido de 23 zeros, de partículas de gás no contentor!	Ou seja, 6 seguido de 23 zeros, de partículas de gás.
44	1:40	zeros after it particles of gas in a	zeros depois de partículas gás em um		
45	1:42	container or in scientific notation 6.02	recipiente ou em notação científica 6,02	Ou, na anotação científica, 6,02 vezes 10 elevado a 23.	Ou em notação científica, $6,02 \times 10^{23}$ partículas.
46	1:44	times 10 to the 23rd particles this	vezes 10 elevado a 23 partículas este		
47	1:47	example is a little misleading because	exemplo é um pouco enganador porque	Este exemplo é um pouco enganador,	Este exemplo é um pouco ilusório,
48	1:49	gases take up a lot of space due to the	os gases ocupam muito espaço devido a	porque os gases ocupam muito espaço,	pois os gases ocupam muito espaço devido à alta energia cinética

Referência		Máquina		Humanos	
		Transcrições do inglês (En-a)	Tradução automática En-a>Pt	Tradução humana En>Pt Pt Tradução: Margarida Ferreira Revisora: Mafalda Ferreira	Tradução humana En>Pt ou En>Pt br ^{&} Tradução: Wanderley de Jesus Revisão: Marina Scatolin Murarolli
Segmento	Tempo inicial	Texto-fonte gerado automaticamente (TFa)	Texto-alvo gerado automaticamente (TAa)	Texto-alvo gerado por humano (TAh-pt-pt)	Texto-alvo gerado por humano (TAh-pt ou TAh-pt-br)
49	1:51	high kinetic energy the gas particles	alta energia das partículas de gás	dada a alta energia cinética das partículas de gás	
50	1:52	and it leaves you thinking atoms are	e isso deixa você pensando que os átomos são	e os átomos parecem ser maiores do que são realmente.	das suas partículas, o que nos leva a pensar que os átomos são maiores do que realmente são.
51	1:54	bigger than they really are	maiores do que realmente são,		
52	1:56	instead think of water molecules	em vez disso, pense nas moléculas de água	Em vez deles, pensemos em moléculas da água.	Em vez disso, pense nas moléculas de água.
53	1:57	if you pour 18.01 grams of water into a	se você derramar 18,01 grama de água em um	Se deitarmos 18,01 gramas de água num copo,	Se você coloca 18,01 g de água no copo,
54	2:00	glass which is 18 point zero one	copo que tem 18 vírgula zero um		
55	2:02	milliliters which is like three and a	mililitro, o que equivale a três	que são 18,01 mililitros, ou três colheres de chá e meia de água,	ou 18,01ml, o equivalente a 3,5 colheres de chá de água,
56	2:04	half teaspoons of water you'll have 602	colheres e meia de chá de água, você terá 602		
57	2:06	sextillion molecules of water since	sextilhões de moléculas de água já que	temos 602 mil trilhões de moléculas de água.	você terá 602 sextilhões de moléculas de água.

Referência		Máquina		Humanos	
		Transcrições do inglês (En-a)	Tradução automática En-a>Pt	Tradução humana En>Pt Pt Tradução: Margarida Ferreira Revisora: Mafalda Ferreira	Tradução humana En>Pt ou En>Pt br ^{&} Tradução: Wanderley de Jesus Revisão: Marina Scatolin Murarolli
Segmento	Tempo inicial	Texto-fonte gerado automaticamente (TFa)	Texto-alvo gerado automaticamente (TAa)	Texto-alvo gerado por humano (TAh-pt-pt)	Texto-alvo gerado por humano (TAh-pt ou TAh-pt-br)
58	2:08	lorenzo romano never mind Avogadro's the	lorenzo romano não importa, Avogadro é	Como Avogadro foi o primeiro a aparecer com esta ideia,	Porque Lorenzo Romano, uh, melhor, Avogadro foi o primeiro a vir com tais ideias,
59	2:12	first one to come up with this idea	o primeiro a ter essa ideia,		
60	2:13	scientists name the number 6.02 times 10	os cientistas nomeiam o número 6,02 vezes 10	os cientistas deram o nome dele ao número 6,02 vezes 10 elevado a 23.	os cientistas deram o nome dele ao número 6,02 x 10 ^ 23.
61	2:16	to the 23rd after him it's simply known	Elevado a 23 depois dele, é simplesmente		
62	2:19	as I have a God Rose number	como eu tenho um número God Rose	É conhecido por número de Avogadro.	Conhecido simplesmente por número de Avogadro.
63	2:20	now back to the mole not that mole this	agora de volta ao shopping, não aquela toupeira, essa	Voltemos à mole. Não é a toupeira.	Voltemos ao mol. Não ao mole (toupeira).
64	2:23	mole yep this number has a second name	toupeira, sim, esse número tem um Segundo nome	Esta mole... pois é, este número tem um outro nome.	Este mol. Sim, este número tem um segundo nome.
65	2:26	the mole chemists use the term mole to	o mol os químicos usam o termo mol para	A mole. Os químicos usam o termo "mole"	É mol. Os químicos usam o termo mol
66	2:29	refer to the quantities that are at the	se referir às quantidades que estão na	para designar uma quantidade que é da	para falar de quantidades que têm a magnitude de 602 sextilhões.

Referência		Máquina		Humanos	
		Transcrições do inglês (En-a)	Tradução automática En-a>Pt	Tradução humana En>Pt Pt Tradução: Margarida Ferreira Revisora: Mafalda Ferreira	Tradução humana En>Pt ou En>Pt br ^{&} Tradução: Wanderley de Jesus Revisão: Marina Scatolin Murarolli
Segmento	Tempo inicial	Texto-fonte gerado automaticamente (TFa)	Texto-alvo gerado automaticamente (TAa)	Texto-alvo gerado por humano (TAh-pt-pt)	Texto-alvo gerado por humano (TAh-pt ou TAh-pt-br)
				ordem do número de Avogadro.	
67	2:31	magnitude of 602 sextillion this is	magnitude de 602 sextilhões isso é	.	É conhecido como a quantidade molar.
68	2:33	known as a molar quantity	conhecido como quantidade molar	É conhecida como uma quantidade molar	

Fonte: a autora.

[&] Dentre as opções de tradução, constam na lista do YouTube para este vídeo o português e o português-br, mas eles contam com o mesmo arquivo de transcrição (mesmo tradutor e revisora).

QUADRO 08 – Análise do recorte do vídeo “*How big is a mole?*”, de acordo com Koponen 2020, com base na transcrição e traduções obtidas do YouTube, pelo navegador Chrome, em 23 de setembro de 2023

Segmento(s)	Análise conceitual ^{&} ou geral* (G) da tradução	Aspectos conceituais ou gerais da tradução
34	G (TAh-pt-br)	A palavra Avogadro é substituída por Avogrado em todas as legendas de TAh-pt-br, mas não no TAa (ou no TAh-pt-pt), o que é um erro de grafia importante para o conteúdo do vídeo.
36	ET (TFa) ET (TFa)	O TFa capta de forma incorreta a palavra “ <i>unfortunately</i> ” que é transcrita como “ <i>fortunately</i> ” e traduzida como “felizmente” no TAa, mas pelo contexto do vídeo significava “infelizmente” por se tratar da morte do personagem em questão. Outra questão é a grafia da palavra homófona “ <i>died</i> ” como “ <i>dyed</i> ” (TFa) provocando a tradução automática como “tingiu” (TFa) quando seria “morreu”. Esse erro não é propagado nem no TAh-pt-pt nem no TAh-pt-br.
37	G (TAh-pt-br)	“Partículas” é grafado sem acentuação – TAh-pt-br.
38	G (TAa-pt)	Ocorre perda da preposição (em) no TAa-pt “e até mesmo [em] pequenas amostras”, que é recuperado nos TAh.
40	ET (TFa)	A palavra “ <i>loan</i> ” no TFa é traduzida no TAa como “empréstimo”, mas na verdade se refere a palavra “ <i>baloon</i> ” pronunciada de forma não muito clara pelo locutor. Nos TAh esse erro não é propagado e em ambos encontra-se a palavra “balão”. A não propagação desse tipo de erro nos textos gerados ou editados por humanos está muito relacionada ao contexto e às ilustrações.
40	G (TAh-pt e pt-br)	A transcrição da temperatura “ <i>0 degrees Celsius</i> ” para “zero grau Celsius” mostra uma opção tradutória no TAh-pt-pt que pode diminuir a chance de confusão do 0 (algarismo zero) com a letra O (O maiúsculo) numa leitura rápida, uma vez que o trecho “grau Celsius” vem em palavras e não em símbolo (°C). Essa opção não foi seguida no TAh-pt-br, em que se observa a inserção do símbolo após o algarismo zero, conforme padrão atual de legendagem da Netflix ²⁴ . Entretanto, por se tratar de um vídeo técnico, para essa grandeza, o símbolo de grau (°) deveria vir sem espaço, antes da abreviação para Celsius (C) ²⁵ , e não deveria estar adjacente ao número e sem espaçamento como aparece no texto (0° C), pois contraria uma recomendação técnica.

²⁴ NETFLIX. **Brazilian Portuguese Timed Text Style Guide**. Disponível em: <https://partnerhelp.netflixstudios.com/hc/en-us/articles/215600497-Brazilian-Portuguese-Timed-Text-Style-Guide>. Acesso em: 31 out. 2023.

²⁵ INMETRO. **Regulamentos Técnicos Metrológicos e de Avaliação da Conformidade**. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/legislacao/detalhe.asp?seq_classe=1&seq_ato=2050. Acesso em: 31 out. 2023.

Segmento(s)	Análise conceitual ^{&} ou geral* (G) da tradução	Aspectos conceituais ou gerais da tradução
42	G (TAh-pt-pt)	Destaque para a forma do TAh-pt-pt em que “ <i>container</i> ” é traduzido para “contentor”, palavra que não é usada no Brasil com o mesmo sentido de recipiente.
42	G (TAh-pt-pt)	O TAh-pt-pt apresenta uma forma diferente da brasileira e do TFa para se referir ao número “602 sextilhões” que é tratado como “seiscentos e dois mil trilhões”. Esse trecho mostra também a diferença na grafia da palavra “trilhões” em relação ao pt-br “trilhões”.
43	OM (TAh-pt-br)	Ocorre uma simplificação do TAh-pt-br, sem prejuízo para sua compreensão. No texto fonte “ <i>you have six with 23 zeros after it particles of gas in a container</i> ” é traduzido para “Ou seja, 6 seguido de 23 zeros, de partículas de gás.”, deixando “ <i>in a container</i> ” sem tradução. Entretanto, pelo contexto, que mostra o recipiente como sendo um balão, e por se tratar de matéria no estado gasoso, não faria sentido falar de qualquer amostra que não estivesse contida em um recipiente.
43 - 44	ET (TAa-pt)	A frase “ <i>you have six with 23 zeros after it particles of gas in a container...</i> ” no TFa é traduzida de forma automática para “você tem seis com 23 zeros depois de partículas gás...” o que deixa a frase sem sentido ou de difícil compreensão. Entretanto, nos TAh a dificuldade é eliminada pelo uso de pontuação.
45 - 46	ET (TAa-pt)	O TAa-pt tem um erro por indicar, como está escrito, que seria elevado a 23 partículas, o que não faz sentido. O mais indicado seria como no TAh-pt-br “em notação científica, $6,02 \times 10^{23}$ partículas”.
45	G (TAh-pt-pt)	Há uma diferença na forma de dizer “ <i>scientific notation</i> ”. No TAh-pt-pt é colocado como “anotação científica” que difere da forma brasileira “notação científica”.
47	G (TAh-pt-br)	A palavra “ <i>misleading</i> ” é traduzida por “enganador” (TFa >TAa-pt e TAh-pt-pt), mas considera-se a opção de “ilusório” (TAh-pt-br) como mais adequada para o português do Brasil, visto que, nesse caso, os gases, aos quais a palavra “ <i>misleading</i> ” se refere, não alteram a verdade, não mentem, não enganam; mas podem alterar causar uma falsa impressão, o que é mais facilmente transmitido pela palavra “ilusório”.
48 - 49	OM (TAa-pt)	No TAa-pt é omitido o tipo de energia que está associada ao espaço ocupado pelos gases (“ <i>because gases take up a lot of space due e to the high kinetic energy</i> ”) sendo traduzido (TAa-pt) como “os gases ocupam muito espaço devido à alta energia das partículas de gás”. Além disso, a repetição de “de gás” no final da frase seria melhor redigida com o uso de um pronome, como no texto do TAh-pt-br “os gases ocupam muito espaço devido à alta energia cinética das suas partículas”.

Segmento(s)	Análise conceitual ^{&} ou geral* (G) da tradução	Aspectos conceituais ou gerais da tradução
53	ET (TAa-pt) TC (TAh-pt e pt-br)	TAa-pt traz uma escolha ruim ao usar o verbo “derramar” como sinônimo de “ <i>pour</i> ”, pois “derramar” em português-br não remete a colocar água em algum recipiente; pelo contrário, no Brasil derramar faz referência ao que excede os limites do recipiente. Nos textos editados por humanos, observam-se termos adequados à localidade: “coloca” (TAh-pt-br) e “deitarmos ²⁶ ” (TAh-pt-pt).
55	ET (TAa-pt) G (TAh-pt-br)	TAa-pt usa o singular na tradução da palavra “ <i>milliliters</i> ” (“mililitro”). O TAh-pt-pt faz a tradução adequadamente e o TAh-pt-br opta por abreviar a palavra mililitros, usando o símbolo “ml” sem espaçamento com o número anterior a ele. Esse tipo de representação está de acordo com o padrão Netflix. Porém, por se tratar de um vídeo de cunho técnico, a legenda poderia seguir o padrão de espaçamento entre número e símbolo. Embora “ml” esteja correto, é preferível usar a letra L maiúscula para evitar confusão com o algarismo 1 ²⁷ .
58	AD (TAh-pt-br)	O trecho “ <i>Avogadro was the first one to come up with this idea</i> ” é traduzido no TAh-pt-br no plural “Avogrado foi o primeiro a vir com tais ideias”, que indica para uma gama de conceitos que não se verifica no vídeo.
58	ET (TAa-pt)	O TAa-pt segue o TFa com letras minúsculas para o nome próprio apresentado (“lorenzo romano”). Em relação a compreensão da expressão “ <i>never mind</i> ” em “ <i>lorenzo romano never mind Avogadro’s...</i> ”, o TAa-pt mostra uma tradução que aponta para a insignificância de Avogadro “ <i>lorenzo romano não importa</i> ”, que pode ser considerada uma inadequação.
62	ET (TFa)	Há um erro na transcrição do TFa, em que se registra “ <i>I have a God Rose number</i> ”, que é traduzido automaticamente para “eu tenho um número God Rose”. O áudio do vídeo parece ser “ <i>this is simply known as Avogadro’s number</i> ” ao invés de “ <i>it’s simply known as I have a God Rose number</i> ”.
63	ET (TFa)	O TFa transcreve o áudio “ <i>mole</i> ” por “ <i>mall</i> ” que leva o TAa-pt conter o trecho “...shopping, não aquela toupeira...”

²⁶ No dicionário Infopedia.pt, encontra-se como um dos sentidos de “deitar” o verbo “verter”; ao passo que para “colocar”, não. Disponível em: <https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/colocar> (colocar) e <https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/deitar> (deitar). Acesso em: 31 out. 2023.

²⁷ INMETRO. **Regulamentos Técnicos Metrológicos e de Avaliação da Conformidade.** Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/legislacao/detalhe.asp?seq_classe=1&seq_ato=2050. Acesso em: 31 out. 2023.

Segmento(s)	Análise conceitual ^{&} ou geral* (G) da tradução	Aspectos conceituais ou gerais da tradução
63	G (TAh-pt) ET (TAh-pt-br)	O TAh-pt-pt mostra que em Portugal o termo traduzido de “ <i>mole</i> ” é feminino “Esta mole...” ²⁸ e homógrafo do termo em inglês. No TAh-pt-br, há tradução do termo em inglês para mol, mas na mesma frase mantém o termo “ <i>mole</i> ” em inglês sem marcas de palavra estrangeira e coloca a tradução entre parêntesis.
64	ET (TAa-pt)	O TAa-pt considera “toupeira” como tradução para “ <i>mole</i> ”, que para o conceito químico explicado no vídeo é inadequado. Já o TAh-pt-pt retoma “a mole” como o termo em português foco do vídeo.
65	TC (TAa-pt) TC (TAh-pt-br)	No trecho em que a palavra “ <i>chemists</i> ” aparece associada ao termo “ <i>mole</i> ”, o TAa-pt apresenta corretamente a tradução de “ <i>mole</i> ” para “mol”. No TAh-pt-pt ou TAh-pt-br, o termo mol é usado conforme a localidade (“a mole” ou “o mol”).

Fonte: a autora.

[&] De acordo com o proposto para análise conceitual da tradução, Quadro 01; * Análise com foco em aspectos da tradução em si, de forma independente do aspecto conceitual.

²⁸ Conforme definição obtida na Infopédia (Dicionários Porto Editora), “A mole, cujo símbolo é mol, pode definir-se como sendo a unidade do sistema internacional de unidades (SI) de quantidade de matéria ou substância.” INFOPEDIA. **Mole**. Disponível em: [https://www.infopedia.pt/apoio/artigos/\\$mole-\(quimica\)?uri=lingua-portuguesa/mole](https://www.infopedia.pt/apoio/artigos/$mole-(quimica)?uri=lingua-portuguesa/mole). Acesso em: 06 out. 2023.

QUADRO 09 – Análise de recortes do vídeo “*How small is an atom*”, de acordo com Koponen (2020), com base na transcrição e traduções obtidas do YouTube, a partir da função exportar presente no navegador Google Chrome

Referência		Máquina		Humano	
		Transcrições do inglês (En-a)	Tradução automática En-a>Pt	Tradução humana En>Pt	Tradução humana En>Pt br
Segmento	Tempo inicial	Texto-fonte gerado automaticamente (TFa)	Texto-alvo gerado automaticamente (TAa)	Texto-alvo gerado por humano (TAh-pt)	Texto-alvo gerado por humano (TAh-br)
1	0:00	atoms are ridiculous and unbelievably	Os átomos são ridículos e incrivelmente pequenos	Átomos são ridiculamente e incredivelmente pequenos.	Átomos são incredivelmente pequenos.
2	0:03	small			
3	0:04	a single human hair is about as thick	um único fio de cabelo humano tem quase a espessura	um único fio de cabelo humano é tão fino quanto 500,000 átomos de carbono enfileirados entre si.	Um único fio de cabelo possui uma espessura
4	0:06	as 500 000 carbon atoms stacked over each	de 500 000 átomos de carbono empilhados uns sobre os outros,		de 500.000 átomos de carbono colocados um ao lado do outro.
5	0:10	other look at your fist it contains	olhe para o seu punho, ele contém	olhe para o seu punho, ele contém trilhões e trilhões de átomos.	Olhe para seu punho, ele contém trilhões e trilhões de átomos.
6	0:12	trillions and trillions of atoms if one	trilhões e trilhões de átomos		
7	0:16	atom in it were about as big as a marble,	se um átomo nele fosse tão grande quanto uma bola de gude,	Se apenas um átomo fosse tão grande quanto uma bolinha de gude, o quão grande seu punho seria?	Se um átomo fosse do tamanho de uma bola de gude, quão grande seria sua mão?
8	0:18	how big would your fist be well about	como grande seu punho seria mais ou menos		

Referência		Máquina		Humano	
		Transcrições do inglês (En-a)	Tradução automática En-a>Pt	Tradução humana En>Pt	Tradução humana En>Pt br
Segmento	Tempo inicial	Texto-fonte gerado automaticamente (TFa)	Texto-alvo gerado automaticamente (TAa)	Texto-alvo gerado por humano (TAh-pt)	Texto-alvo gerado por humano (TAh-br)
9	0:20	the size of earth	do tamanho da terra ainda é difícil imaginar	Bem... mais ou menos do tamanho do planeta Terra. Ainda assim é difícil de imaginar?	Bom... do tamanho da Terra. Hm... Ainda difícil de imaginar?
10	0:23	still hard to imagine let's try	Ainda é difícil de imaginar		
11	0:25	something different	vamos tentar algo diferente	Vamos tentar algo diferente.	Vamos tentar algo diferente.
12	0:26	[music]			
13	0:32	look at your little finger imagine that	olhe para seu dedo mínimo imagine que	Olhe para seu dedo mindinho e imagine que sua ponta é tão grande quanto a sala que você está sentado nesse momento.	Olhe para o seu dedo mínimo.
14	0:34	it's tip is as big as the room you're	a ponta dele é tão grande quanto a sala em que		Imagine que a ponta dele é grande quanto o cômodo que você está sentado agora.
15	0:36	sitting in right now	você está sentado		
16	0:38	now fill the room with grains of rice	agora encha a sala com grãos de arroz,	Agora encha essa sala com grãos de arroz, um arroz representa uma célula da ponta do seu dedo.	Agora preencha ele com grãos de arroz.
17	0:40	one rice corn represents one cell of	um milho de arroz representa uma célula da		Um grão representa uma célula da ponta do seu dedo.
18	0:43	your fingertip	ponta do seu dedo,		

Referência		Máquina		Humano	
		Transcrições do inglês (En-a)	Tradução automática En-a>Pt	Tradução humana En>Pt	Tradução humana En>Pt br
Segmento	Tempo inicial	Texto-fonte gerado automaticamente (TFa)	Texto-alvo gerado automaticamente (TAa)	Texto-alvo gerado por humano (TAh-pt)	Texto-alvo gerado por humano (TAh-br)
19	0:44	now let's zoom in on the rice corn and	agora vamos ampliar o milho de arroz e	Agora vamos ampliar esse grão de arroz e agora esse arroz é tão grande como a sala que você está agora.	Agora vamos dar um zoom no grão de arroz.
20	0:46	now one cell is as big as the room	agora uma célula é tão grande quanto a sala		E agora, uma célula é tão grande quanto o cômodo que você está agora.
21	0:49	you're in right now	que você está agora,		
22	0:50	let's fill it with rice again	vamos enchê-la com arroz novamente,	Vamos enchê-la com arroz de novo... Esse é mais ou menos o tamanho de uma proteína.	Vamos preencher ele com arroz de novo. Agora os grãos são do tamanho de uma proteína.
23	0:52	this is about the size of a protein and	isso é mais ou menos do tamanho de uma proteína		
24	0:55	now let us fill all the empty spaces	e agora vamos preencher todos os espaços vazios	E agora, vamos encher todos os espaços vazios entre os grãos de arroz com pequenos grãos de areia.	E agora, vamos preencher os espaços vazios entre os grãos de arroz.
25	0:58	between the rice corns with fine grains	entre os grãos de arroz com grãos finos		com grãos de areia
26	1:00	of sand	de areia		Estes grãos de areia representam, grosseiramente, o quão pequeno os átomos são.
27	1:01	this is roughly how small atoms are	isto é aproximadamente quão pequenos são os átomos	Isso é basicamente tão pequeno quanto os átomos são.	

Referência		Máquina		Humano	
		Transcrições do inglês (En-a)	Tradução automática En-a>Pt	Tradução humana En>Pt	Tradução humana En>Pt br
Segmento	Tempo inicial	Texto-fonte gerado automaticamente (TFa)	Texto-alvo gerado automaticamente (TAa)	Texto-alvo gerado por humano (TAh-pt)	Texto-alvo gerado por humano (TAh-br)
28	1:04	what is an atom made of	do que é feito um átomo	Do que é feito um átomo?	Do que os átomos são feitos?
29	1:06	let us just pretend that atoms look like	vamos apenas fingir que os átomos têm esta aparência	Vamos dizer por um minutor que os átomos se pareçam com isso, assim fica mais fácil de se entender.	Vamos pensar que os átomos possuem esta forma
30	1:09	this for a minute to make it easier to	por um minuto para facilitar		para ficar mais fácil de entendê-los.
31	1:11	understand an atom consists of three	a compreensão de um átomo consiste em três		
32	1:13	elementary particles neutrons protons	partículas elementares nêutrons prótons	Um átomo consiste de três partículas elementares: nêutrons, prótons e elétrons.	Um átomo consiste em três partículas elementares:
33	1:17	and electrons	e elétrons		nêutrons, prótons e elétrons.
34	1:18	protons and neutrons bind together and	prótons e nêutrons se ligam	Prótons e nêutrons se juntam e formam o núcleo do átomo, que se mantém unidos pela interação forte	Prótons e nêutrons se juntam e formam o núcleo do átomo.
35	1:21	form the atom core, held together by the	e formam o núcleo do átomo mantido unido pela		
36	1:24	strong interaction one of the four	interação forte uma das quatro forças		presos pela força nuclear forte,
37	1:25	fundamental forces in the universe	fundamentais do universo	uma das quatro forças fundamentais do universo.	uma das quatro forças fundamentais do universo.

QUADRO 10 – Análise do recorte do vídeo “*How small is an atom?*”, de acordo com Koponen (2020), com base na transcrição e traduções obtidas do YouTube, pelo navegador Chrome, em 23 de setembro de 2023

Segmento(s)	Análise conceitual ^{&} ou geral* (G) da tradução	Aspectos conceituais ou gerais da tradução
1	TC (TAh) ET (TFa)	O TAh apresenta a tradução (tanto pt quanto pt-br) adequada para o trecho, mas o TAa atribui ao átomo uma qualificação com um adjetivo que deixaria o leitor confuso, pois átomos não tem atribuições que os caracterizem como se fossem humanos, muito embora seja uma tradução bem literal para o TFa. No áudio do vídeo é possível perceber que o locutor fala “ <i>ridiculous</i> ” que é um adjetivo e não “ <i>ridiculously</i> ” que se se referiria a forma “ridiculamente pequena” associada aos átomos. O TAh-pt tem como tradução as duas palavras (“ <i>ridiculous</i> ” e “ <i>unbelievably</i> ”) traduzidas e o TAh-pr-br suprime o advérbio “ridiculamente” e indica apenas “inacreditavelmente” como atribuição ao tamanho do átomo.
3 - 4	G (TAh-pt-br)	O termo em inglês “ <i>stacked over</i> ” foi traduzido no TAa-pt por “empilhados”, que é uma tradução literal; porém, o uso do termo enfileirado no TAh parece ser mais adequado, uma vez a ideia principal é de um encadeamento contínuo para dar ideia do tamanho (como é mostrado na ilustração do vídeo, átomos de carbono “encadeados” um ao lado do outro), não necessariamente que estariam “um em cima do outro”.
3 - 4	ET (TAh-pt)	Não foi observado no TAh-pt a troca da vírgula separadora de milhar (usada em inglês) para o ponto separador de milhar (usado em português). No caso da quantidade apresentada (500,000), ela seria lida em português como quinhentos e não quinhentos mil.
5	G (TAh-pt)	O TAh-pt inicia a frase do segmento 5 (“olhe”) com letra minúscula após o ponto final do segmento anterior.
7	SB (TAh-pt-br)	O TAh-pt-br faz a tradução da palavra “ <i>fist</i> ”, que significa “punho” ou “mão fechada”, como mão. No TAa-pt e no TAh-pt, a opção tradutória é por punho, que pode significar também “a articulação entre o antebraço e a mão”. O autor do vídeo está fazendo uma comparação de tamanhos, relacionando o tamanho do átomo a uma bolinha de gude e do punho ao tamanho proporcionalmente equivalente ao tamanho do planeta Terra (se o tamanho do átomo fosse o do punho). Portanto, a palavra “mão” tem uma delimitação de tamanho mais simples para compreensão, do que a ambiguidade que a palavra punho pode trazer (articulação x mão fechada).
9	G (TFa)	O TFa não atribui letra maiúscula para “ <i>earth</i> ” no sentido de planeta, como visível nas imagens do vídeo. Dessa forma, o TAa-pt também não registra “Terra”. Nos TAh esse erro é corrigido.
16 - 17	ET (TAa-pt)	O TFa usa “ <i>rice corn</i> ” para se referir ao que chamamos em português de “grão de arroz”, mas ele é traduzido automaticamente como “milho de arroz”, resgatando o sentido de “milho” como a tradução para “ <i>corn</i> ”. Nos

Segmento(s)	Análise conceitual ^{&} ou geral* (G) da tradução	Aspectos conceituais ou gerais da tradução
		TAh esse problema não é verificado, embora o TAh-pt-br tenha uma melhor colocação “Um grão representa...” do que o TAh-pt que diz “... um arroz representa...”. A situação é repetida no segmento n. 19.
19 - 23	OM (TAh-pt)	Nos segmentos 19-23 uma nova comparação do tamanho do átomo “ <i>now let’s zoom in on the rice corn and now one cell is as big as the room you’re in right now let’s fill it with rice again</i> ” – primeiro comparando a ponta do dedo cheia de grãos de arroz a um cômodo cheio de grãos de arroz, e um grão é similar a uma célula e na sequência, “em um cômodo cheio de grãos de arroz”, o interior de um grão seria equivalente ao cômodo novamente, e dessa forma, a célula do tamanho do cômodo, se preenchida novamente seria equivalente ao tamanho de uma proteína. Essa ideia não é verificada no TAh-pt pois diz somente “esse arroz é tão grande como a sala que você está agora” e fica perdida a ideia de tamanho de um grão de arroz comparado ao tamanho do cômodo e equivalente ao tamanho de uma unidade celular. ²⁹
24	G (TAh-pt-br)	O TAh-pt-br traz um ponto final no fim do segmento 24 seguido de letra minúscula iniciando o segmento 25. O próprio segmento 25 não tem ponto final também. Assim: “E agora, vamos preencher os espaços vazios entre os grãos de arroz. com grãos de areia Estes...”
25	OM (TAh-pt-br)	O TAh-pt-br omite a ideia de “grãos finos” (TAa-pt) ou “pequenos” (TAh-pt) transmitida pela expressão “ <i>between the rice corns with fine grains of sand</i> ”, o que deixa uma lacuna na tradução (“grãos de areia”). A areia tem uma granulometria que varia de 0,06 mm a 2,0 mm, sendo classificada grosseiramente como fina, média e grossa em função da diferença do diâmetro das partículas.
26	ET (TAh-pt-br)	O TAh-pt-br finaliza a tradução de “ <i>how small atoms are</i> ” (plural) com “o quão pequeno os átomos são” e seria correto dizer “o quão pequenos os átomos são” já que quão é um advérbio pode seguir termos plurais sem flexão de número.
26 - 27	ET (TAh-pt)	A palavra “ <i>roughly</i> ” usada no TFa para relacionar o tamanho do átomo aos grãos de areia adicionados entre os grãos de arroz, é traduzida como “aproximadamente” (TAa-pt) e “grosseiramente” (TAh-pt-br), mas no TAh-pt é substituída por “basicamente”, que está mais próximo da ideia de simplesmente (não percebida no TFa) do que “aproximadamente” ou “grosseiramente”.

²⁹ Uma proteína é espécie de matéria formada por agregados de aminoácidos, que por sua vez são agregados de átomos. Isso faz com que as proteínas tenham tamanhos variados e sejam classificadas como “nanopartículas”, apresentando tamanho entre 1 e 100 nm (10^{-9} m). Um átomo de hidrogênio, por exemplo, que é o menor conhecido, apresenta um raio atômico (empírico) de 25 pm (25×10^{-12} m ou 0,00000000025 m).

Segmento(s)	Análise conceitual ^{&} ou geral* (G) da tradução	Aspectos conceituais ou gerais da tradução
28	SB (TAh-pt-br)	O TFa traz “ <i>what is an atom made of</i> ” na forma singular e o TAh-pt-br muda para a forma plural “Do que os átomos são feitos” sem prejuízo para compreensão da ideia a ser transmitida pois, embora em quantidades distintas em função do tipo de átomo, as partículas constituintes são as mesmas.
29-30	OM (TAh-pt-br) G (TAh-pt)	O trecho “ <i>let us just pretend that atoms look like this for a minute</i> ” (TAa) é traduzido no TAh-pt-br com a omissão de “por um minuto” o que favorece a redução das palavras na legenda e não faz falta para a compreensão da ideia transmitida. O TAA-pt mantém a palavra “minuto” e o TAh-pt adiciona uma letra “r” (“minutor”, possível erro tipográfico).
32-33	G (TAh-pt)	O TFa traz “ <i>elementary particles</i> ”, que é traduzido para “partículas elementares” nos TAA-pt e TAh-pt-br, mas no TAh-pt aparece “partículas elementárias”, que pode ser uma forma comum em outros países de língua portuguesa ³⁰ .
34	ET (TAh-pt)	O TAh-pt registra “... se juntam e formam o núcleo do átomo, que se mantém unido <u>s</u> pela interação...” quando seria melhor dizer “os quais se mantém unidos...” pois da forma posta inicialmente, “que” faz remeter ao núcleo do átomo (“que se manteria unido”). Mas o núcleo do átomo existe pela existência das partículas, é um agregado de partículas em uma dada região, referente ao tipo de unidade de matéria chamada de átomo.
34	TC (TAh-pt-br)	O TAh-pt-br simplifica o TFa (“ <i>protons and neutrons bind together and form de atom core, held together...</i> ” para “Prótons e nêutrons se juntam e formam o núcleo do átomo”, o que esclarece a ideia transmitida.
34	SB (TAA-pt)	No TAA-pt a ideia anteriormente discutida também é transmitida com palavras “prótons e nêutrons <u>se ligam</u> e formam o núcleo do átomo mantido unido...”. Porém, a palavra “ligação” na área de química se refere a interações eletrônicas, ou seja, entre elétrons, para formar substâncias, explicadas de mais de uma forma. Ao trazer “se ligam” para o trecho, um espectador atento poderia suscitar dúvidas teóricas quanto ao seu significado.
34	G (TAh-pt)	A ausência de vírgula após a palavra “forte” no TAh-pt, que seria necessária pela pausa no segmento.
34, 36	G (TAh-pt-br)	O TAh-pt-br apresenta novamente um segmento (34) finalizado por ponto final e inicia outro segmento (36) com letra minúscula. “Prótons e nêutrons se juntam e formam o núcleo do átomo. presos pela...”

³⁰ A palavra “elementária” não consta no vocabulário ortográfico da língua portuguesa da Academia Brasileira de Letras. Porém, figura como sinônimo de elementar no dicionário Infopédia da Porto Editora.

INFOPEDIA. **Elementária**. Disponível em <https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/element%C3%A1ria>. Acesso em: 06 out. 2023.

Segmento(s)	Análise conceitual ^{&} ou geral* (G) da tradução	Aspectos conceituais ou gerais da tradução
34 – 36	TC (TAa) TC (TAh-pt-br)	O trecho “ <i>held together by the strong interaction one of the four...</i> ”, presente no TFa é traduzido de forma conceitualmente correta no TAa (embora sem pontuação) e no TAh-pt-br (“presos pela força nuclear forte, uma das quatro...”).
36 – 37	TC (TAa) TC (TAh-pt-br)	O TFa “ <i>fundamental forces in the universe</i> ” é traduzido como “forças fundamentais do universo ³¹ ” nos 3 tipos de tradução analisadas, o que está adequado.

Fonte: a autora.

[&] De acordo com o proposto para análise conceitual da tradução, Quadro 02; * Análise com foco em aspectos da tradução em si, de forma independente do aspecto conceitual.

³¹ As quatro forças fundamentais do universo são: a força gravitacional, a força eletromagnética, a força nuclear fraca e a força nuclear forte.

0:16 ok today we're going to talk about the

0:18 mole now I know what you're thinking I

0:20 know what a mole is it's a small furry

0:22 creature that digs holes in the ground

0:23 and destroys gardens and some of you

0:25 might be thinking that it's a growth on

0:27 your aunt's face with hair sticking out

0:29 of it well in this case a mole is a

0:31 concept that we use in chemistry to

0:32 count molecules atoms just about

0:34 anything extremely small have you ever

0:37 wondered how many atoms there are in the

0:38 universe or in your body or even in a

0:40 grain of sand

0:41 scientists have wanted to answer that

0:42 question but how do you count something

* Arquivo gerado em 24/09/2023

* O tempo 0:16 é o segmento 01

* En auto generated

* Gerado em computador, pelo navegador Chrome

0:44 as small as an atom
well in 1811 someone

0:48 had an idea that if you
have equal

0:49 volumes of gases at
the same temperature

0:51 and pressure they
would contain an equal

0:53 number of particles his
name was a Renzo

0:56 Romano Amedeo Carlo
Avogadro wonder how

0:59 long it took him to sign
autographs

1:00 unfortunately for
Avogadro most

1:02 scientists didn't accept
the idea of the

1:04 atom and there was no
way to prove he

1:05 was right there was no
clear difference

1:07 between atoms and
molecules most

1:09 scientists look at
Avogadro's work is

1:11 purely hypothetical and
didn't give it

1:12 much thought but it
turned out he was

1:14 right

- 1:15** by late 1860 I drew was proven correct
- 1:17** and his work helped lay the foundation
- 1:19** for the atomic theory
- 1:20** fortunately Avogadro died in 1856 now
- 1:24** the thing is that the amount of
- 1:25** particles and even small samples is
- 1:27** tremendous for example if you have a
- 1:30** loaf of any gas at 0 degrees Celsius and
- 1:32** at a pressure of one atmosphere then you
- 1:34** have precisely 602 sextillion gas
- 1:37** particles that is you have six with 23
- 1:40** zeros after it particles of gas in a
- 1:42** container or in scientific notation 6.02
- 1:44** times 10 to the 23rd particles this
- 1:47** example is a little misleading because
- 1:49** gases take up a lot of space due to the

- 1:51** high kinetic energy the gas particles
- 1:52** and it leaves you thinking atoms are
- 1:54** bigger than they really are instead
- 1:56** think of water molecules
- 1:57** if you pour 18.0 1 grams of water into a
- 2:00** glass which is 18 point zero one
- 2:02** milliliters which is like three and a
- 2:04** half teaspoons of water you'll have 602
- 2:06** sextillion molecules of water since
- 2:08** lorenzo romano never mind Avogadro's the
- 2:12** first one to come up with this idea
- 2:13** scientists name the number 6.02×10
- 2:16** to the 23rd after him it's simply known
- 2:19** as I have a God Rose number
- 2:20** now back to the mall not that mole this
- 2:23** mole yep this number has a second name
- 2:26**

the mole chemists use
the term mole to

- 2:29** refer to the quantities
that are at the
- 2:31** magnitude of 6.02×10^{23}
sextillion this is
- 2:33** known as a molar
quantity atoms and
- 2:35** molecules are so small
that chemists
- 2:37** have bundled them into
groups called
- 2:39** moles moles are hard
for students to
- 2:41** understand because
they have a hard time
- 2:42** picturing the size of a
mole or a 6.02×10^{23}
- 2:45** sextillion it's just too big
to wrap our
- 2:47** brains around
- 2:48** remember our 18.0 and
milliliters of
- 2:51** water well that's a mole
of water but
- 2:54** how much is that
exactly what does 6.02×10^{23}
- 2:57** sextillion look like
maybe this all
- 2:59** exchange the water
particles for
- 3:01** doughnuts if you had a
mole of doughnuts

- 3:03** they would cover the entire earth to a
- 3:05** depth of eight kilometers which is about
- 3:07** five miles you'd really need a lot of
- 3:09** coffee for that if you had a mole of
- 3:11** basketballs
- 3:12** you could create a new planet the size
- 3:14** of the earth if you received a mole of
- 3:17** pennies on the day you were born and
- 3:18** spent a million dollars a second until
- 3:20** the day you died at the age of a hundred
- 3:22** you would still have more than 99.99% of
- 3:25** your money in the bank okay now we sorta
- 3:28** have an idea how large the mole is so
- 3:30** how do we use it you might be surprised
- 3:32** to know that chemists use it the same
- 3:33** way you use pounds to buy grapes deli
- 3:35**

meat or eggs when you
go to the grocery

- 3:38** store you don't go to
the deli counter
- 3:39** and ask for 43 slices of
salami you buy
- 3:42** your salami by the
pound when you buy
- 3:44** your eggs you buy a
dozen eggs when we
- 3:46** hear the word dozen we
probably think of
- 3:48** the number 12 we also
know that a pair
- 3:51** is to a baker's dozen it's
13 a gross is
- 3:53** 44 and a ream of paper
is anybody a ream
- 3:59** is 500 well a mole is
really the same
- 4:02** thing for a chemist a
mole conjures up
- 4:04** the number 6.02×10^{23} times
10 to the 23rd not
- 4:07** a fuzzy little animal the
only
- 4:09** difference is that the
other quantities
- 4:11** are more familiar to us
so there you
- 4:13** have it the story of the
mole Avogadro

4:15

basketballs and how to
buy salami at the

4:17 grocery store

4:25 you

Vídeo: "How big is a mole?"

- 0:00** Tradutor: Wanderley
Jesus Revisor: Marina
Scatolin Murarolli
- 0:17** Ok, hoje iremos falar sobre o mol.
- 0:19** Sei o que está pensando: "Eu sei o que é mol,
- 0:22** é uma criatura pequena e peluda que faz buracos no solo e destrói os jardins."
- 0:25** E alguns podem pensar que é uma verruga peluda no rosto de sua tia.
- 0:29** Bem, neste caso, um mol é um conceito que usamos em química para contar moléculas,
- 0:33** átomos, quase tudo que é muito pequeno.
- 0:36** Você já imaginou quantos átomos há no universo?
- 0:39** Ou no seu corpo? Ou mesmo num grão de areia?
- 0:42** Os cientistas queriam responder esta pergunta,
- 0:44** mas como se conta algo tão pequeno quanto um átomo?
- 0:46** Bem, em 1811, alguém teve a idéia de que se

- * Arquivo gerado em 24/09/2023
- * O tempo 0:17 é o segmento 01
- * CC pt (tradução para português)
- * Gerado em computador, pelo navegador Chrome

você tem volumes
iguais

0:50 de gases, na mesma
temperatura e pressão,

0:52 eles conteriam um
número igual de
partículas.

0:54 Seu nome era Lorenzo
Romano Amedeo Carlo
Avogadro.

0:58 Fico imaginando o
tempo que ele levava
pra assinar um
autógrafo.

1:01 Infelizmente para
Avogadro, a maioria
dos cientistas não
aceitavam a ideia de
átomo,

1:04 e não havia como
provar que ele estava
certo.

1:06 Não havia uma
diferença clara entre
átomos e moléculas.

1:09 A maioria dos
cientistas viu o trabalho
de Avogadro como
uma hipótese,

1:12 e não davam muita
atenção.

1:14 Mas afinal ele estava
certo! No final de 1860,

1:17 provaram que
Avogadro estava
correto, e seu trabalho

ajudou a dar
fundamento

1:20 para a teoria atômica.
Infelizmente, Avogrado
morreu em 1856.

1:23 O fato é que a
quantidade de
partículas, mesmo em
pequenas amostras,

1:26 é tremenda. Por
exemplo,

1:29 se você tem um balão
com qualquer gás a 0°
C,

1:32 e à pressão de uma
atmosfera, você tem
exatamente

1:36 602 sextilhões de
partículas de gás.

1:38 Ou seja, 6 seguido de
23 zeros, de partículas
de gás.

1:42 Ou em notação
científica, $6,02 \times 10^{23}$
partículas.

1:47 Este exemplo é um
pouco ilusório,

1:49 pois os gases ocupam
muito espaço devido à
alta energia cinética

1:52 das suas partículas, o
que nos leva a pensar
que os átomos são
maiores do que
realmente são.

1:56

Em vez disso, pense nas moléculas de água.

1:58 Se você coloca 18,01 g de água no copo,

2:01 ou 18,01ml, o equivalente a 3,5 colheres de chá de água,

2:05 você terá 602 sextilhões de moléculas de água.

2:08 Porque Lorenzo Romano, uh, melhor, Avogrado foi o primeiro a vir com tais ideias,

2:13 os cientistas deram o nome dele ao número $6,02 \times 10^{23}$.

2:18 Conhecido simplesmente por número de Avogrado.

2:21 Voltemos ao mol. Não ao mole (toupeira).

2:23 Este mol. Sim, este número tem um segundo nome.

2:26 É mol. Os químicos usam o termo mol

2:29 para falar de quantidades que têm a magnitude de 602 sextilhões.

2:33 É conhecido como a quantidade molar.

2:35 Os átomos e as moléculas são tão

pequenos, que
químicos os juntam em
grupos chamados
mols.

2:39 Alunos têm dificuldade
de entender os mols
porque é complicado

2:42 imaginar o tamanho de
um mol,

2:44 ou de 602 sextilhões.

2:46 É muito grande para
podermos visualizar.

2:48 Lembra-se dos nossos
18,01ml de água?

2:51 Bem, isso é um mol de
água.

2:53 Mas quanto é isso?

2:55 Exatamente com que
se parecem aqueles
602 sextilhões?

2:58 Talvez isto ajude.

3:00 Troque as partículas de
água por rosquinhas.

3:02 Se você tem um mol de
rosquinhas, ele cobrirá
a terra toda

3:05 com a profundidade de
8km,

3:07 o que é
aproximadamente 5
milhas.

3:09 É preciso muito café
pra tanta rosquinha.

3:11

Se você tem um mol de
bolas de basquete,
você pode criar um
novo planeta

3:14 do tamanho da Terra.

3:16 Se você receber um
mol de centavos o dia
que nascer e gastar um
milhão de dólares

3:20 por segundo até o dia
que morrer com 100
anos, ainda terá mais
do que 99,99%

3:25 do seu dinheiro no
banco.

3:27 OK. Agora já temos
uma ideia do quão
grande é um mol.

3:30 Mas como usamos
isso?

3:32 Pode ser surpresa, mas
os químicos usam isto
do mesmo modo

3:34 que você usa quilos
para comprar uvas,
carnes ou ovos.

3:37 Quando vai até a
mercearia, você não vai
ao balcão

3:40 e pede 43 fatias de
salame, você compra
seu salame por quilo

3:43 Quando você compra
ovos, você compra por
dúzia.

3:46

Quando ouve a palavra dúzia, você provavelmente liga ao número 12.

3:49 Sabemos também que o par é dois,

3:52 que a dúzia do padeiro é de 13,

3:54 uma grossa é 144, e uma resma de de papel é - alguém sabe?

3:57 A resma é 500.

4:00 Bem, um mol no fundo é a mesma coisa.

4:02 Para um químico, um mol está ligado ao número $6,02 \times 10^{23}$,

4:06 e não a um pequeno animal. A única diferença é

4:00 .
All From TED-Ed Related Recently uploaded Watched

>

0:00 Tradutor: Wanderley
Jesus Revisor: Marina Murarolli

0:16 Ok, hoje iremos falar sobre o mol.

0:18 Sei o que está pensando: "Eu sei o que é mol,

0:21 é uma criatura pequena e peluda que faz buracos no solo e destrói os jardins."

0:24 E alguns podem pensar que é uma verruga peluda no rosto de sua tia.

0:28 Bem, neste caso, um mol é um conceito que usamos em química para contar moléculas,

0:32 átomos, quase tudo que é muito pequeno.

0:35 Você já imaginou quantos átomos há no universo?

0:38 Ou no seu corpo? Ou mesmo num grão de areia?

0:41 Os cientistas queriam responder esta pergunta,

0:43 mas como se conta algo tão pequeno quanto um átomo?

0:45 Bem, em 1811, alguém teve a idéia de que se

Vídeo: "How big is a mole?"

* Arquivo gerado em 24/09/2023

* O tempo 0:16 é o segmento 01

* CC pt-br (tradução para português do Brasil)

* Gerado em computador, pelo navegador Chrome

você tem volumes
iguais

0:49 de gases, na mesma
temperatura e pressão,

0:51 eles conteriam um
número igual de
partículas.

0:53 Seu nome era Lorenzo
Romano Amedeo Carlo
Avogadro.

0:57 Fico imaginando o
tempo que ele levava
pra assinar um
autógrafo.

1:00 Infelizmente para
Avogrado, a maioria
dos cientistas não
aceitavam a ideia de
átomo,

1:03 e não havia como
provar que ele estava
certo.

1:05 Não havia uma
diferença clara entre
átomos e moléculas.

1:08 A maioria dos
cientistas viu o trabalho
de Avogrado como
uma hipótese,

1:11 e não davam muita
atenção.

1:13 Mas afinal ele estava
certo! No final de 1860,

1:16 provaram que
Avogrado estava
correto, e seu trabalho

ajudou a dar
fundamento

1:19 para a teoria atômica.
Infelizmente, Avogrado
morreu em 1856.

1:22 O fato é que a
quantidade de
partículas, mesmo em
pequenas amostras,

1:25 é tremenda. Por
exemplo,

1:28 se você tem um balão
com qualquer gás a 0°
C,

1:31 e à pressão de uma
atmosfera, você tem
exatamente

1:35 602 sextilhões de
partículas de gás.

1:37 Ou seja, 6 seguido de
23 zeros, de partículas
de gás.

1:41 Ou em notação
científica, $6,02 \times 10^{23}$
partículas.

1:46 Este exemplo é um
pouco ilusório,

1:48 pois os gases ocupam
muito espaço devido à
alta energia cinética

1:51 das suas partículas, o
que nos leva a pensar
que os átomos são
maiores do que
realmente são.

1:55

Em vez disso, pense nas moléculas de água.

1:57 Se você coloca 18,01 g de água no copo,

2:00 ou 18,01ml, o equivalente a 3,5 colheres de chá de água,

2:04 você terá 602 sextilhões de moléculas de água.

2:07 Porque Lorenzo Romano, uh, melhor, Avogrado foi o primeiro a vir com tais ideias,

2:12 os cientistas deram o nome dele ao número $6,02 \times 10^{23}$.

2:17 Conhecido simplesmente por número de Avogrado.

2:20 Voltemos ao mol. Não ao mole (toupeira).

2:22 Este mol. Sim, este número tem um segundo nome.

2:25 É mol. Os químicos usam o termo mol

2:28 para falar de quantidades que têm a magnitude de 602 sextilhões.

2:32 É conhecido como a quantidade molar.

2:34 Os átomos e as moléculas são tão

pequenos, que
químicos os juntam em
grupos chamados
mols.

2:38 Alunos têm dificuldade
de entender os mols
porque é complicado

2:41 imaginar o tamanho de
um mol,

2:43 ou de 602 sextilhões.

2:45 É muito grande para
podermos visualizar.

2:47 Lembra-se dos nossos
18,01ml de água?

2:50 Bem, isso é um mol de
água.

2:52 Mas quanto é isso?

2:54 Exatamente com que
se parecem aqueles
602 sextilhões?

2:57 Talvez isto ajude.

2:59 Troque as partículas de
água por rosquinhas.

3:01 Se você tem um mol de
rosquinhas, ele cobrirá
a terra toda

3:04 com a profundidade de
8km,

3:06 o que é
aproximadamente 5
milhas.

3:08 É preciso muito café
pra tanta rosquinha.

3:10

Se você tem um mol de
bolas de basquete,
você pode criar um
novo planeta

3:13 do tamanho da Terra.

3:15 Se você receber um
mol de centavos o dia
que nascer e gastar um
milhão de dólares

3:19 por segundo até o dia
que morrer com 100
anos, ainda terá mais
do que 99,99%

3:24 do seu dinheiro no
banco.

3:26 OK. Agora já temos
uma ideia do quão
grande é um mol.

3:29 Mas como usamos
isso?

3:31 Pode ser surpresa, mas
os químicos usam isto
do mesmo modo

3:33 que você usa quilos
para comprar uvas,
carnes ou ovos.

3:36 Quando vai até a
mercearia, você não vai
ao balcão

3:39 e pede 43 fatias de
salame, você compra
seu salame por quilo

3:42 Quando você compra
ovos, você compra por
dúzia.

3:45

Quando ouve a palavra dúzia, você provavelmente liga ao número 12.

3:48 Sabemos também que o par é dois,

3:51 que a dúzia do padeiro é de 13,

3:53 uma grosa é 144, e uma resma de de papel é - alguém sabe?

3:56 A resma é 500.

3:59 Bem, um mol no fundo é a mesma coisa.

4:01 **Para um químico, um mol está ligado ao número $6,02 \times 10^{23}$,**

4:05 e não a um pequeno animal. A única diferença é

All From TED-Ed Related Recently uploaded Watched

>

* Arquivo gerado em 24/09/2023

* O tempo 0:17 é o segmento 01

* CC pt-pt (tradução para português de Portugal)

* Gerado em computador, pelo navegador Chrome

0:00 Tradutor: Margarida
Ferreira Revisora:
Mafalda Ferreira

0:17 Hoje vou falar da
"mole".

0:19 Sei o que estão a
pensar:

0:21 "Sei o que é uma
toupeira.

0:22 "É um animalzinho
peludo. Escava buracos
e destrói os jardins".

0:25 Outros podem pensar
que é o sinal peludo na
cara da tia.

0:30 Neste caso, uma mole
é um conceito que
usamos na química

0:33 para contar moléculas,
átomos, tudo o que
seja muito pequeno.

0:36 Já alguma vez
pensaram quantos
átomos há no
universo?

0:39 No nosso corpo? Ou
mesmo num grão de
areia?

0:41 Cientistas quiseram
responder a esta
pergunta,

0:44 mas como contar uma
coisa tão pequena
como um átomo?

- 0:46** Em 1811, alguém teve a ideia que, se tivéssemos um volume igual de gases,
- 0:50** à mesma temperatura e pressão,
- 0:52** eles conteriam um número igual de partículas.
- 0:55** Foi Lorenzo Romano Amedeo Carlo Avogadro.
- 0:58** Quanto tempo é que ele levaria a assinar um autógrafo?
- 1:01** Infelizmente para Avogadro,
- 1:02** muitos cientistas não aceitaram a ideia do átomo
- 1:05** e ele não podia provar que tinha razão.
- 1:06** Não havia uma diferença clara entre átomos e moléculas.
- 1:09** Muitos cientistas consideraram o trabalho de Avogadro hipotético
- 1:12** e não lhe deram muita importância.
- 1:14** Mas acontece que ele tinha razão!

- 1:15** Em 1860, verificou-se que Avogadro tinha razão
- 1:18** e o seu trabalho ajudou a estabelecer a base da teoria atómica.
- 1:21** Infelizmente, Avogadro morreu em 1856.
- 1:24** Ora bem, a quantidade de partículas, mesmo em pequenas amostras, é enorme.
- 1:29** Por exemplo, se tivermos um balão de qualquer gás,
- 1:31** a zero graus Celsius, à pressão de uma atmosfera,
- 1:34** temos exactamente 602 mil triliões de partículas de gás
- 1:38** Ou seja, 6 seguido de 23 zeros, de partículas de gás no contentor!
- 1:42** Ou, na notação científica, 6,02 vezes 10 elevado a 23.
- 1:47** Este exemplo é um pouco enganador,
- 1:49** porque os gases ocupam muito espaço,
- 1:51** dada a alta energia cinética das partículas de gás
- 1:53** e os átomos parecem ser maiores do que são

realmente.

- 1:56** Em vez deles,
pensemos em
moléculas da água.
- 1:58** Se deitarmos 18,01
gramas de água num
copo,
- 2:01** que são 18,01 mililitros,
ou três colheres de chá
e meia de água,
- 2:05** temos 602 mil triliões
de moléculas de água.
- 2:08** Como Avogadro foi o
primeiro a aparecer
com esta ideia,
- 2:13** os cientistas deram o
nome dele ao número
6,02 vezes 10 elevado a
23.
- 2:18** É conhecido por
número de Avogadro.
- 2:21** Voltemos à mole.
- 2:22** Não é a toupeira.
- 2:23** Esta mole... Pois é, este
número tem um outro
nome.
- 2:26** A mole. Os químicos
usam o termo "mole"
- 2:29** para designar uma
quantidade que é da
ordem do número de
Avogadro.
- 2:33** É conhecida como uma
quantidade molar.

2:35

Os átomos e as moléculas são tão pequenos

- 2:37** que os químicos juntaram em grupos chamados moles.
- 2:39** Os estudantes têm dificuldade em entender as moles,
- 2:42** porque é difícil imaginar a dimensão duma mole
- 2:44** ou de $6,02 \times 10^{23}$.
- 2:46** É demasiado grande para o nosso cérebro entender.
- 2:49** Lembram-se dos 18,01 mililitros de água?
- 2:52** Isso é uma mole de água.
- 2:54** Mas, que quantidade é isso?
- 2:55** Ao certo, o que são $6,02 \times 10^{23}$?
- 2:58** Talvez isto ajude.
- 3:00** Troquem as partículas de água por "donuts".
- 3:02** Se tivermos uma mole de "donuts", eles cobririam toda a Terra,
- 3:05** com uma altura de oito quilómetros,

- 3:07** ou seja, cinco milhas.
- 3:09** Seria preciso muito café!
- 3:11** Se tivermos uma mole de bolas de basquetebol,
- 3:13** podíamos criar um novo planeta do tamanho da Terra.
- 3:15** Se recebêssemos uma mole de cêntimos no dia em que nascemos
- 3:18** e gastássemos um milhão de dólares por segundo,
- 3:20** até ao dia da nossa morte, aos 100 anos,
- 3:23** continuávamos a ter no banco mais de 99,99% do dinheiro.
- 3:27** Agora já temos uma ideia do tamanho duma mole.
- 3:30** Então, como é que a usamos?
- 3:32** Os químicos usam-na do mesmo modo
- 3:34** que usamos os euros para comprar uvas, carne ou ovos.
- 3:37** Quando vamos à mercearia, não vamos ao balcão dos enchidos
- 3:40** pedir 43 fatias de salame,

- 3:42** compramos o salame
ao quilo.
- 3:44** Para comprar ovos,
compramos uma dúzia
de ovos.
- 3:46** Quando ouvimos a
palavra "dúzia",
pensamos no número
12.
- 3:50** Também sabemos que
um par são dois,
- 3:52** uma dúzia da peixeira
são 13,
- 3:53** uma grossa são 144 e
uma resma de papel
são...?
- 3:59** Uma resma são 500.
- 4:00** Bem, uma mole é a
mesma coisa.
- 4:02** Para um químico, uma
mole significa o
número 6,02 vezes 10
elevado a 23,
- 4:07** não é um animalzinho
peludo.
- 4:09** **A diferença é que as
outras quantidades
são mais corriqueiras.**
- 4:12** Portanto, já conhecem

0:00 [Music]

0:00 atoms are ridiculous
and unbelievably

0:03 small

0:04 a single human hair is
about as thick as

0:06 500 000 carbon atoms
stacked over each

0:09 other look at your fist it
contains

0:12 trillions and trillions of
atoms if one

0:16 atom in it were about
as big as a marble

0:18 how big would your fist
be well about

0:20 the size of earth

0:23 still hard to imagine
let's try

0:25 something different

0:26 [Music]

0:32 look at your little finger
imagine that

0:34 it's tip is as big as the
room you're

0:36 sitting in right now

0:38 now fill the room with
grains of rice

0:40 one rice corn
represents one cell of

0:43 your fingertip

Vídeo: "How small is an atom?"

*Arquivo gerado em 24/09/2023

*O tempo 0:00 é o segmento 01

*Texto fonte gerado automaticamente - "English auto generated"

*Gerado em computador pelo navegador Chrome

0:44 now let's zoom in on
the rice corn and

0:46 now one cell is as big
as the room

0:49 you're in right now

0:50 let's fill it with rice again

0:52 this is about the size of
a protein and

0:55 now let us fill all the
empty spaces

0:58 **between the rice corns
with fine grains**

1:00 of sand

1:01 this is roughly how
small atoms are

1:04 what is an atom made
of

1:06 let us just pretend that
atoms look like

1:09 this for a minute to
make it easier to

1:11 understand an atom
consists of three

1:13 elementary particles
neutrons protons

1:17 and electrons

1:18 protons and neutrons
bind together and

1:21 form the atom core
held together by the

1:24 strong interaction one
of the four

- 1:25** fundamental forces in the universe
- 1:28** they are made from quarks and held
- 1:30** together by gluons nobody knows exactly
- 1:33** how small quarks are
- 1:35** we think they might literally be points
- 1:37** like in geometry try to imagine them as
- 1:39** being zero dimensional we suspect that
- 1:42** quarks and electrons are the most
- 1:44** fundamental components of matter in the
- 1:46** universe
- 1:47** electrons orbit the atom call they
- 1:49** travel at a speed of about two thousand
- 1:51** two hundred kilometers per second fast
- 1:54** enough to get around the earth in just
- 1:55** over 18 seconds
- 1:57** like quarks we think electrons are
- 1:59** fundamental particles
- 2:06**

99.9999999999
percent of an atom's

- 2:08** volume is just empty space
- 2:10** except that it isn't
- 2:13** what we perceive as emptiness is
- 2:15** actually a space filled by quantum
- 2:17** fluctuations fields that have potential
- 2:20** energy and build and dissolve
- 2:22** spontaneously these fluctuations have a
- 2:25** fundamental impact on how charged
- 2:26** particles interact but that's a topic
- 2:28** for another video
- 2:30** how much space do the core and electrons
- 2:33** actually fill
- 2:34** if you were to subtract all the spaces
- 2:36** between the atom cores from the empire
- 2:38** state building it would be about as big
- 2:40** as a rice corn all the atoms of humanity
- 2:43** would fit in a teaspoon

- 2:45** there are extreme objects where states
- 2:47** like this actually exist in a neutron
- 2:49** star atom cores are compacted so densely
- 2:52** that the mass of three suns fits into an
- 2:54** object only a few kilometers wide
- 2:57** by the way
- 2:58** what do atoms look like
- 3:01** well kind of like this
- 3:03** electrons are like a wave function and a
- 3:05** particle at the same time we can
- 3:08** calculate where an electron might be at
- 3:09** any given moment in time these clouds of
- 3:12** probability called orbitals are where
- 3:14** electrons might be with a certainty of
- 3:16** 95
- 3:18** the probability of finding an electron
- 3:20** approaches zero the further we get away
- 3:22** from the atom core but it actually never

3:24 is zero which means
that in theory the

3:27 electron of an atom
could be on the

3:29 other side of the
universe

3:31 okay wait a second
these strange

3:33 thingies make up all the
matter in the

3:35 universe

3:36 for many dozens of
known elements you

3:38 don't need many
dozens of elementary

3:40 particles just three

3:42 take one proton and
one electron and you

3:45 have hydrogen at a
proton and a neutron

3:48 you have helium add a
few more you get

3:51 carbon a few more
fluorine even more

3:54 gold

3:55 and so on

3:56 and every atom of an
element is the same

3:59 all hydrogen atoms in
the universe for

4:01 example are the same
the hydrogen in

- 4:03 your body is exactly the same as the
- 4:06 hydrogen in the sun
- 4:08 do you feel confused right now we
- 4:10 certainly do nothing on this scale of
- 4:12 the universe makes any sense in our
- 4:14 world and we've not even begun talking
- 4:16 about quantum mechanics or the particle
- 4:18 zoo which are even stranger
- 4:20 our model of atoms has changed a number
- 4:22 of times since we first conceived it and
- 4:24 the current one will certainly not be
- 4:26 the last so let us support scientists
- 4:29 and research and wait for the next wave
- 4:31 of mind-boggling new information about
- 4:33 **this strange world that is the basis for**
- 4:36 our existence

All From Kurzgesagt – In a Nutshell Related Recently uploaded Watched



Vídeo: "How small is an atom?"

*Arquivo gerado em 24/09/2023

*O tempo 0:00 é o segmento 01

*CC pt-br tradução para português

*Gerado em computador pelo navegador Chrome

- 0:00** Átomos são ridiculamente e inacreditavelmente pequenos
- 0:04** um único fio de cabelo humano é tão fino quanto 500,000 átomos de carbono enfileirados entre si.
- 0:10** olhe para seu punho, ele contém trilhões e trilhões de átomos.
- 0:15** Se apenas um átomo fosse tão grande quanto uma bolinha de gude, o quão grande seu punho seria?
- 0:19** Bem... Mais ou menos do tamanho do planeta Terra. Ainda assim é difícil de imaginar?
- 0:24** Vamos tentar algo diferente
- 0:26**
- 0:32** Olhe para seu dedo mindinho e imagine que sua ponta é tão grande quanto a sala que você está sentado nesse momento.
- 0:38** Agora encha essa sala com grãos de arroz, um arroz representa uma célula da ponta do seu dedo.
- 0:44** Agora vamos ampliar esse grão de arroz e agora esse arroz é tão

grande como a sala
que você está agora.

- 0:50** Vamos enche-la com arroz de novo... Esse é mais ou menos o tamanho de uma proteína.
- 0:55** E agora, vamos encher todos os espaços vazios entre os grãos de arroz com pequenos grãos de areia.
- 1:01** Isso é basicamente tão pequeno quanto os átomos são.
- 1:04** Do que um átomo é feito?
- 1:07** Vamos dizer por um minutor que os átomos se pareçam com isso, assim fica mais fácil de se entender.
- 1:12** Um átomo consiste de três partículas elementárias: nêutrons, prótons e elétrons.
- 1:18** Prótons e nêutrons se juntam e formam o núcleo do átomo, que se mantém unidos pela interação forte
- 1:25** uma das quatro forças fundamentais do universo.
- 1:28** Eles são feitos de quarks, e se mantem juntos pelos gluôn... Ninguém sabe ao certo

o quanto os quarks são pequenos.

- 1:35** Nos achamos que podem ser literalmente pontos como em geometria,
- 1:38** tente imagina-los como tendo zero dimensões.
- 1:41** Nós suspeitamos que os quarks e os elétrons são os componentes fundamentais da matéria do universo.
- 1:47** Elétrons orbitam o núcleo do átomo, eles viajam em uma velocidade de aproximadamente 2.200 km/s.
- 1:53** rápido o suficiente para dar a volta na terra em apenas 18 segundos.
- 1:57** Assim como quarks nós pensamos que os elétrons são partículas fundamentais...
- 2:01** **99.999 999 999 999%**
- 2:07** do volume de um átomo é somente espaço vazio... Só que não.
- 2:13** O que nós percebemos disso, é na verdade espaço preenchido por flutuações quanticas
- 2:19** campo que tem energia potencial que é criada e

se dissolve
espontaneamente.

- 2:23** Essa flutuações tem impacto fundamental no modo como partículas carregadas interagem.
- 2:28** Mas esse é um tópico para outro vídeo.
- 2:30** Quanto de espaço existe entre o núcleo e o elétron?
- 2:34** Só nós subtrairmos todo os espaços entre as partes dos átomos do Empire State Buiding
- 2:39** ele seria tao alto quanto um grão de arroz. Todos os átomos da humanidade caberiam em uma colher de chá
- 2:45** Existem objetos extremos onde situações como essas realmente existem, em uma estrelas de nêutrons o centro dos átomos
- 2:51** são compactados tão densamente que a massa de três sois caberiam em um objeto de apenas alguns quilômetros.
- 2:57** Falando disso, como os átomos se parecem?

- 3:00** Bem... mais ou menos com isso.
- 3:03** Elétrons tem função de onda e partícula ao mesmo tempo.
- 3:07** nós podemos calcular aonde um elétron pode estar em certo momento no tempo.
- 3:11** Essas nuvens de probabilidade, chamadas de orbitais, é aonde elétrons podem estar com uma precisão de 95%.
- 3:18** a probabilidade de achar um elétron se aproxima de 0 conforme nos afastamos do centro do átomo
- 3:23** mas na verdade ela nunca é zero, o que significa que
- 3:26** em teoria um elétron de um átomo pode estar do outro lado do universo.
- 3:30** OK. Espere um segundo, essa coisa estranha compõe toda a matéria do universo
- 3:36** para algumas dúzias de elementos conhecidos, você não precisa de muitas dúzias de partículas elementares.
- 3:41**

Apenas três. Pegue um próton e um elétron, e você tem hidrogênio.

3:46 e um próton e um nêutron, você tem hélio

3:50 e com alguns a mais, você tem carbono, mais alguns flúor, ainda mais, ouro e por ai vai.

3:56 Cada átomo de um elemento é igual.

3:59 Todos os átomos de hidrogênio no universo, por exemplo, são iguais.

4:03 o hidrogênio no seu corpo é exatamente o mesmo hidrogênio de dentro do sol

4:08 Está se sentindo confuso agora? Nós certamente estamos!

4:11 Nada nessa escala do universo faz algum sentido no nosso mundo.

4:14 e nós nem começamos a falar sobre mecânica quântica ou sobre partículas zoo que são ainda mais estranhas.

4:20 Nosso modelo de átomos tem mudado inúmeras vezes desde que nos criamos a primeira

4:24 e a atual com certeza
não vai ser a última.

4:27 Então vamos dar
suporte aos cientistas e
pequisas e esperar pela
nova onda de inovação

All From Kurzgesagt – In a Nutshell Related Watched

>

Vídeo: "How small is an atom?"

*Arquivo gerado em 24/09/2023

*O tempo 0:00 é o segmento 01

*CC pt-br tradução para língua portuguesa do Brasil

*Gerado em computador pelo navegador Chrome

- 0:00** Átomos são inacreditavelmente pequenos.
- 0:03** Um único fio de cabelo possui uma espessura
- 0:06** **de 500.000 átomos de carbono colocados um ao lado do outro.**
- 0:10** Olhe para o seu punho, ele contém trilhões e trilhões de átomos.
- 0:15** Se um átomo fosse do tamanho de uma bola de gude, quão grande seria a sua mão?
- 0:19** Bom... do tamanho da Terra. Hm... Ainda difícil de imaginar?
- 0:24** Vamos tentar algo diferente.
- 0:32** Olhe para o seu dedo mínimo.
- 0:34** Imagine que a ponta dele é grande quanto o cômodo que você está sentado agora.
- 0:38** Agora preencha ele com grãos de arroz.
- 0:40** Um grão representa uma célula da ponta do seu dedo.
- 0:44** Agora vamos dar um zoom no grão de arroz.
- 0:46** E agora, uma célula é tão grande quanto o

cômodo que você está agora.

0:50 Vamos preencher ele com arroz de novo. Agora os grãos são do tamanho de uma proteína.

0:54 E agora, vamos preencher os espaços vazios entre os grãos de arroz

0:59 com grãos de areia.

1:00 Estes grãos de areia representam, grosseiramente, o quão pequeno os átomos são.

1:05 Do que os átomos são feitos?

1:07 Vamos pensar que os átomos possuem esta forma

1:10 para ficar mais fácil de entendê-los.

1:12 Um átomo consiste em três partículas elementares:

1:15 nêutrons, prótons e elétrons.

1:19 Prótons e nêutrons se juntam e formam o núcleo do átomo,

1:23 presos pela força nuclear forte,

1:25 uma das quatro forças fundamentais do

universo.

- 1:28** Eles são feitos de quarks e são mantidos juntos por glúons.
- 1:32** Ninguém sabe ao certo o quão pequeno os quarks são.
- 1:35** Nós acreditamos que eles devem ser apenas pontos, assim como na geometria.
- 1:38** Tente imaginar eles como sendo zero dimensional.
- 1:41** Nós suspeitamos que quarks e elétrons são
- 1:44** os componentes fundamentais para a formação da matéria no universo.
- 1:47** Elétrons orbitam o núcleo do átomo. Eles viajam a uma velocidade de 2,200 km/s,
- 1:53** rápido o bastante para dar uma volta na Terra em apenas 18 segundos.
- 1:57** Assim como quarks, nós acreditamos que elétrons são partículas fundamentais.
- 2:01** 99.999999999999%
- 2:07** do volume de um átomo é apenas espaço vazio... Exceto

de que ele não está
vazio.

2:13 O que nós percebemos
é que este vazio é na
verdade espaço
preenchido por
flutuações quânticas,

2:19 áreas que possuem
energia potencial e se
formam e se destroem
espontaneamente.

2:23 Estas flutuações
possuem um impacto
relevante em como
partículas carregadas
se interagem.

2:28 Mas isto é um assunto
para outro vídeo.

2:30 Quanto espaço o
núcleo e os elétrons de
um átomo ocupam?

2:34 Se você subtraísse
todos os espaços entre
os núcleos dos átomos

2:37 do Empire State
Building, ele seria do
tamanho de um grão
de arroz.

2:41 Todos os átomos da
humanidade caberiam
em uma colher de chá.

2:45 Existem objetos
extremos no qual esta
situação acontece.

- 2:49** Em uma estrela de nêutrons, núcleos atômicos estão tão compactos
- 2:52** que a massa de três Sóis cabem em um objeto com apenas alguns quilômetros de extensão.
- 2:57** A propósito, como os átomos se parecem?
- 3:01** Bom, algo parecido com isto.
- 3:03** Elétrons são como uma onda e uma partícula ao mesmo tempo.
- 3:07** Nós podemos calcular onde um elétron pode estar em qualquer momento específico no tempo.
- 3:11** Estas nuvens de probabilidade, chamadas de orbitais,
- 3:14** representam aonde um elétron pode estar com uma certeza de 95%.
- 3:18** A probabilidade de encontrar um elétron chega próxima de zero
- 3:21** quanto mais longe nos afastamos do núcleo do átomo,
- 3:23** mas, na verdade, nunca é zero. Isto significa que, em teoria,

- 3:27** o elétron de um átomo pode estar do outro lado do universo.
- 3:31** Ok, espere um segundo.
- 3:32** Estas estranhas coisinhas formam toda a matéria do universo.
- 3:36** Conhecemos muitas dezenas de elementos,
- 3:38** porém você não precisa de muitas partículas elementais para formá-los, apenas três.
- 3:42** Pegue um próton e um elétron e você terá o hidrogênio.
- 3:46** Adicione mais um próton e um nêutron e você terá o hélio.
- 3:50** Adicione um pouco mais e você terá o carbono. Um pouco mais e terá o flúor.
- 3:53** Mais e terá o ouro, e assim por diante.
- 3:56** E todos os átomos de um elemento são iguais:
- 3:59** todos os átomos de hidrogênio do universo, por exemplo, são o mesmo;
- 4:03** o hidrogênio do seu corpo é exatamente o

mesmo do que o do
Sol.

4:08 Você se sente confuso
agora? Nós com
certeza nos sentimos!

4:11 Nada nesta escala do
universo faz sentido em
nosso mundo,

4:14 e nós nem começamos
a falar de mecânica
quântica e partículas
zoo,

4:18 que são ainda mais
estranhas!

4:20 Nosso modelo de
átomos mudou
algumas vezes desde o
primeiro proposto

4:24 e o atual, certamente,
não é o último.

4:27 Então vamos dar
suporte aos cientistas e
suas pesquisas

4:30 e esperar pela próxima
leva de informações
malucas

4:33 sobre este estranho
mundo que é a base de
nossa existência.