

Capítulo I: Análise de velocidade do movimento da roda de um triciclo elétrico: Jornada de aprendizagem

Jean Carlos de Lima
Fabio Costa Magro
Lucas Cogo Bittencourt
João Guilherme Inacio Pereira
Guilherme Noda Camargo
Camila Fogaça de Oliveira
Rodolfo Alexandre Hildebrandt

RESUMO

Com uma necessidade de uma alternativa de locomoção movida a uma fonte de energia limpa e renovável construímos um triciclo movido a energia elétrica. Neste trabalho, realizamos uma coleta de dados e com ajuda do software *Tracker* foi possível analisar a velocidade do movimento da roda quando acionado o triciclo elétrico.

Palavra-chave: Energia Limpa. Renovável. Triciclo. Velocidade.

ABSTRACT

With a need for an alternative locomotion powered by a clean and renewable energy source, we built a tricycle powered by electricity. In this work, we collected data and, with the help of the *Tracker* software, it was possible to analyze the speed of the wheel movement when the electric tricycle was activated.

Keyword: Clean Energy. Renewable. Tricycle. Velocity.

1 INTRODUÇÃO

Em tempos de uma pandemia mundial (decorrente do Covid 19) no qual nossa sociedade está convivendo com constantes aumentos de inflação, o custo de vida

está cada vez mais elevado, o que reflete no preço dos combustíveis. A revista *Mobiauto* publicou que em dois anos de pandemia o valor dos combustíveis atingiu um aumento de 60% (TORRES, 2022), o que equivale a quase quatro vezes do que a inflação oficial acumulada do período, de 4,52% em 2021 e 10,06% em 2022, segundo o IBGE.

Tendo em vista a necessidade de buscar alternativas a veículos que usam combustíveis fósseis e visando a crescente tendência da sociedade em uso de energia elétrica, projetamos um triciclo movido a partir de um motor elétrico. Neste trabalho, devido a necessidade de efetuarmos melhorias no protótipo existente, realizamos uma coleta de dados e com ajuda do software *Tracker* foi possível analisar a velocidade do movimento da roda quando acionado o triciclo elétrico.

2 METODOLOGIA

Para a iniciação do projeto, foi necessário realizar a subdivisão das tarefas a serem realizadas, separando os sistemas que compõem o triciclo: sistema mecânico e sistema elétrico.

O sistema mecânico do triciclo (Figura 1) é composto por um quadro de metalon 1020, três amortecedores (sendo o amortecedor frontal de uma bicicleta e os dois amortecedores traseiros de uma motocicleta), duas rodas traseiras aro 26 e uma roda dianteira aro 20 com um motor elétrico e um sistema de freio a disco acoplado.

Figura 1- Sistema mecânico



Fonte: Elaborado pelos autores.

O sistema elétrico do triciclo (Figura 2) é composto por três baterias automotivas de 12v ligadas em série, conectadas a um inversor de corrente contínua para corrente alternada, ligados a um motor elétrico acoplado a roda dianteira e a um acelerador na manopla direita, junto a chave de ignição. Para fixar as baterias foram utilizadas cinco canaletas metálicas, três parafusadas na parte frontal das baterias e duas nas laterais, para impedir que elas tocassem as rodas quando em movimento.

Figura 2- Sistema elétrico



Fonte: Elaborado pelos autores.

Em nossa análise, para realizar a coleta de dados necessários, colamos uma fita adesiva na roda dianteira que possui o motor acoplado, colocamos o triciclo em funcionamento com a roda motriz elevada e realizamos uma gravação da lateral da roda quando em movimento. Assim, com a marcação da fita adesiva foi possível realizar a análise de dados.

3 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A situação proposta para este trabalho foi identificar a velocidade do movimento da roda do triciclo elétrico desconsiderando atrito com o solo. Para realizar as análises,

foi necessário gravar um vídeo onde pudesse mostrar sua rotação de forma que os dados pudessem ser obtidos com clareza.

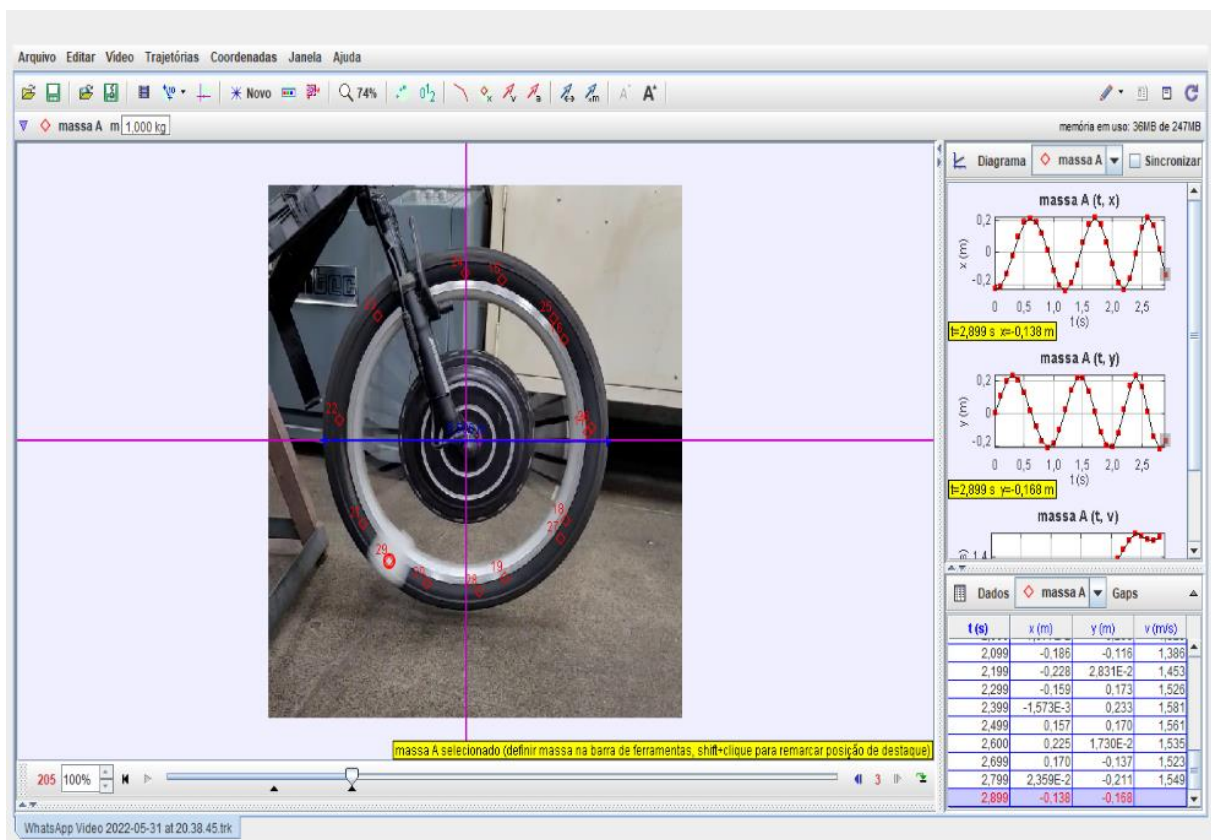
Para realizar o vídeo foi necessário suspender a frente do triciclo, deixando a roda motora de 44 cm de diâmetro sem contato com o solo e realizar uma marcação com fita para que pudesse ter um ponto de referência para melhor captação dos dados.

Utilizando um software gratuito de vídeo análise, *Tracker: vídeo analysis and modeling*, que permite por meio de vídeo analisado, a construção de modelos de fenômenos físicos foi possível a obtenção dos dados necessários para execução do trabalho. Nesse caso,

após carregar um vídeo, que pode ser produzido de forma simples, com qualquer câmera digital, por exemplo, o programa oferece opções de selecionar um conjunto de quadros para ser analisado. Neste caso, o programa apresenta um frame por vez e em cada um deles destaca aspectos como, por exemplo, a posição de um corpo em relação a dado referencial. A partir daí exibe um conjunto de dados numéricos referentes às variáveis de interesse para a obtenção do modelo. (BORSSOI, 2013, p. 83)

Os dados obtidos por meio do software *Tracker* são apresentados na Figura 3.

Figura 3 - Obtenção de dados no software *Tracker*



Fonte: Elaborado pelos autores.

Durante a rotação da roda, e por meio da marcação com a fita, o programa registrou, em intervalos de tempo, sua posição que é representada através de pontos vermelho. Automaticamente o software ilustrou os gráficos, representando as posições x e y em relação ao tempo e uma tabela com os respectivos valores (Tabela 1). Para a obtenção dos dados foi necessário definir um sistema referencial.

Tabela 1 - Dados Rotação da Roda

tempo (s)	x (metros)	y (metros)	tempo (s)	x (metros)	y (metros)
0,000	-0,225	0,005	1,500	0,064	0,223
0,100	-0,209	0,109	1,600	0,176	0,140
0,200	-0,127	0,200	1,700	0,219	0,011
0,300	-0,016	0,239	1,800	0,179	-0,112
0,400	0,104	0,211	1,900	0,069	-0,192
0,500	0,190	0,129	2,000	-0,071	-0,200
0,600	0,215	0,020	2,099	-0,186	-0,116
0,700	0,193	-0,079	2,199	-0,228	0,028
0,800	0,126	-0,164	2,299	-0,159	0,173
0,900	0,014	-0,208	2,399	-0,002	0,233
1,000	-0,112	-0,182	2,499	0,157	0,170
1,100	-0,204	-0,094	2,599	0,225	0,017
1,200	-0,233	0,025	2,699	0,170	-0,137
1,300	-0,186	0,146	2,799	0,024	-0,211
1,400	-0,074	0,225	2,899	-0,138	-0,168

Fonte: Elaborado pelos autores.

Utilizando como referência o centro da roda e a marcação com a fita, podemos observar, em relação ao eixo x e eixo y , a formação de um triângulo retângulo de ambos os lados como demonstra a Figura 4.

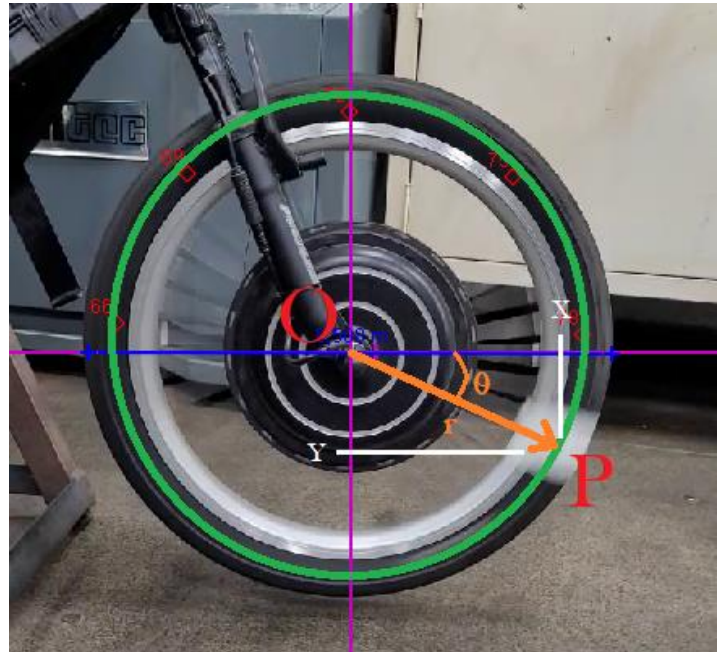
Tendo observado esta preposição sobre a roda, podemos descrever a localização de P , a partir da distância de P à origem O do sistema, e do ângulo θ formado pelo eixo x e a reta OP . Denotamos $P = (r, \theta)$, onde r é a distância de P a O .

Figura 4 - Movimento da roda do triciclo elétrico

Considerando o triângulo retângulo OPx , obtemos as seguintes relações:

$$x = r \cos \theta \text{ e } y = r \sin \theta,$$

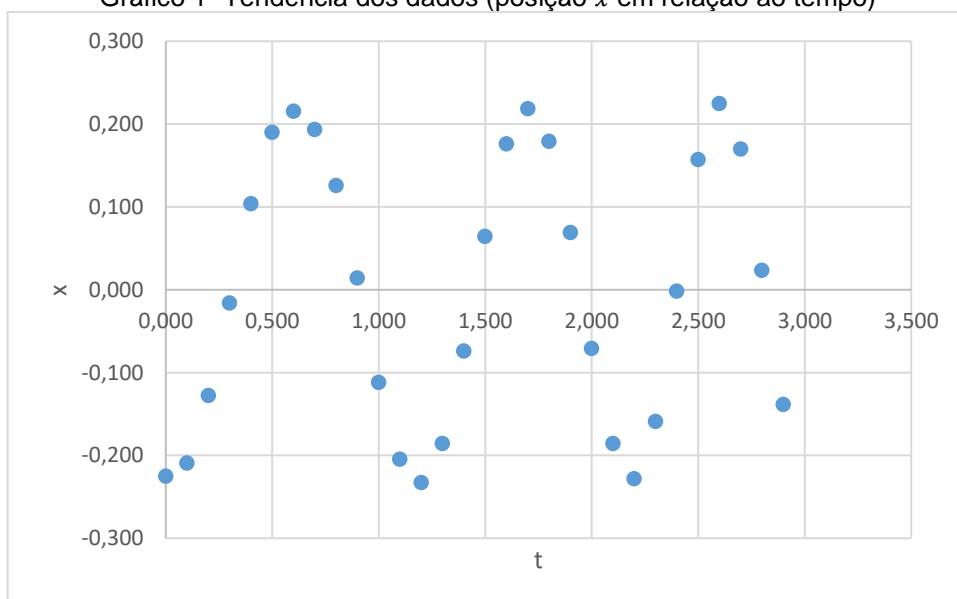
onde r é o raio da circunferência e θ é o ângulo entre a abscissa e o raio, como descreve a Figura 4.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Da Tabela 1, podemos fazer a tendência dos dados da posição x em relação ao tempo que corresponde ao Gráfico 1.

Gráfico 1- Tendência dos dados (posição x em relação ao tempo)



Fonte: Elaborado pelos autores.

Desta forma descreve uma função cosseno, que é dada por:

$$x = r \cos \left(\frac{2\pi}{T} t + d \right)$$

onde r é o raio da circunferência, T é o período da função e d é o deslocamento horizontal do gráfico.

Neste caso, $r = 0,22 \text{ m}$ corresponde a amplitude do gráfico, $T = 1,1 \text{ s}$ corresponde ao tempo necessário para se completar uma volta e $d = \frac{0,75}{0,22} = 3,41 \text{ s}$ corresponde ao deslocamento horizontal. O modelo matemático que descreve a posição x em relação ao tempo pode ser descrito por:

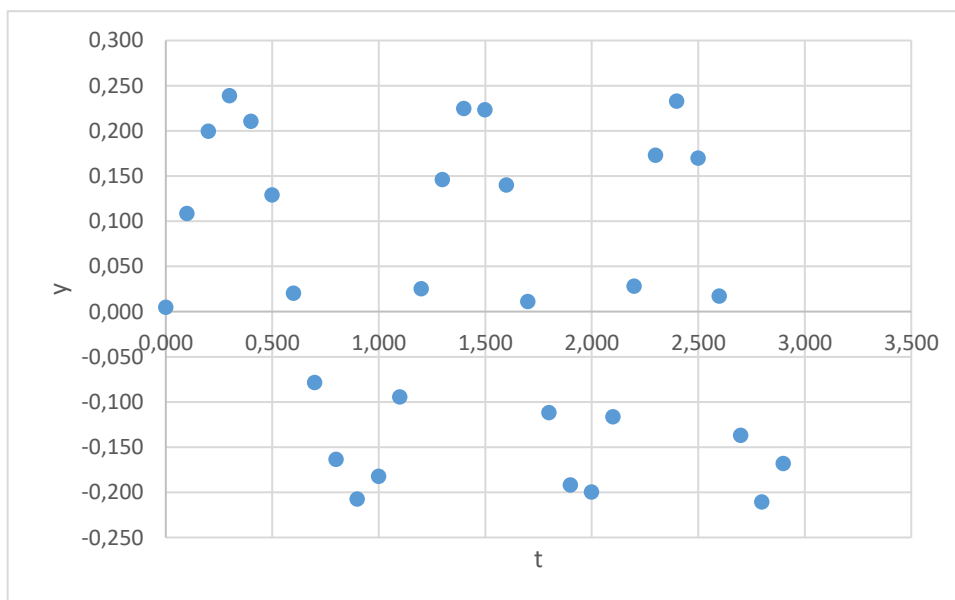
$$x = 0,22 \cos\left(\frac{2\pi}{1,1}t - 3,41\right) \quad (1.1)$$

para $0 \leq t \leq 2,25$.

Observou se por meio dos dados obtidos no *Tracker* que de 0 a 2,25s a rotação da roda permaneceu instável fornecendo um parâmetro similar em todas as voltas, e que a partir de 2,25s houve uma variação na velocidade (Tabela 2). Desta forma, para melhor compressão dos dados analisados, utilizaremos no modelo matemático apresentado, os dados de 0 a 2,25s onde a velocidade e rotação se repetiram em intervalos similares.

Da mesma maneira, podemos fazer a tendência dos dados da posição y em relação ao tempo que corresponde ao Gráfico 2.

Gráfico 2- Tendência dos dados (posição y em relação ao tempo)



Fonte: Elaborado pelos autores.

A função seno é descrita por:

$$y = r \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$$

onde r é o raio da circunferência e T é o período da função. Nota-se que neste caso não há a necessidade de utilizar os dados do deslocamento horizontal como sendo y o eixo analisado.

Sendo assim temos, $r = 0,22\text{ m}$ corresponde a amplitude do gráfico e $T = 1,1\text{ s}$ corresponde ao tempo necessário para se completar uma volta. O modelo matemático que descreve a posição y em relação ao tempo pode ser descrito por:

$$y = 0,22\text{sen}\left(\frac{2\pi}{1,1}t\right) \quad (1.2)$$

para $0 \leq t \leq 2,25$.

Podemos observar dentro deste período estudado ($0 \leq t \leq 2,25$), que o movimento realizado pela marcação feita pela fita na roda, apresentou rotações constantes e uniformes.

A validação dos modelos implicou em comparar os dados da Tabela 1 com os modelos (1.1) e (1.2) (Tabela 2).

Tabela 2 - Comparação entre os dados observados e os dados obtidos pelos modelos

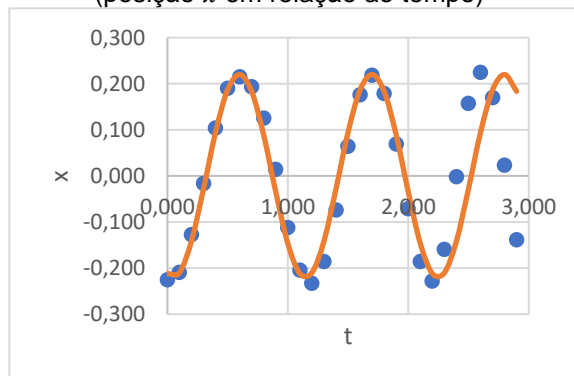
tempo (s)	x observado	x calculado	erro (%)	y observado	y calculado	erro (%)
0,000	-0,225	-0,212	5,778	0,005	0,000	100
0,100	-0,209	-0,210	0,476	0,109	0,119	8,403
0,200	-0,127	-0,141	9,929	0,200	0,200	0,000
0,300	-0,016	-0,027	40,747	0,239	0,218	8,786
0,400	0,104	0,095	8,653	0,211	0,166	21,327
0,500	0,190	0,187	1,578	0,129	0,062	51,937
0,600	0,215	0,220	2,272	0,020	-0,062	67,74
0,700	0,193	0,183	5,181	-0,079	-0,166	52,409
0,800	0,126	0,088	30,158	-0,164	-0,218	24,770
0,900	0,014	-0,035	60,000	-0,208	-0,200	3,846
1,000	-0,112	-0,147	23,809	-0,182	-0,119	34,615
1,100	-0,204	-0,212	3,773	-0,094	0,000	100
1,200	-0,233	-0,210	9,871	0,025	0,119	78,991
1,300	-0,186	-0,141	24,193	0,146	0,200	27
1,400	-0,074	-0,028	62,162	0,225	0,218	3,111
1,500	0,064	0,095	32,631	0,223	0,167	25,112
1,600	0,176	0,187	5,882	0,140	0,062	55,714
1,700	0,219	0,220	0,454	0,011	-0,061	81,967
1,800	0,179	0,183	2,234	-0,112	-0,166	32,530

1,900	0,069	0,088	21,590	-0,192	-0,218	11,926
2,000	-0,071	-0,035	50,704	-0,200	-0,200	0,000
2,099	-0,186	-0,147	20,967	-0,116	-0,119	22,689
2,199	-0,228	-0,212	7,017	0,028	-0,001	96,428
2,299	-0,159	-0,210	24,285	0,173	0,118	31,791
2,399	-0,002	-0,142	98,591	0,233	0,200	14,163
2,499	0,157	-0,028	82,165	0,170	0,218	22,018
2,599	0,225	0,094	58,222	0,017	0,167	89,820
2,699	0,170	0,187	9,090	-0,137	0,063	87,591
2,799	0,024	0,220	89,090	-0,211	-0,061	71,090
2,899	-0,138	0,183	24,590	-0,168	-0,166	1,190

Fonte: Elaborado pelos autores.

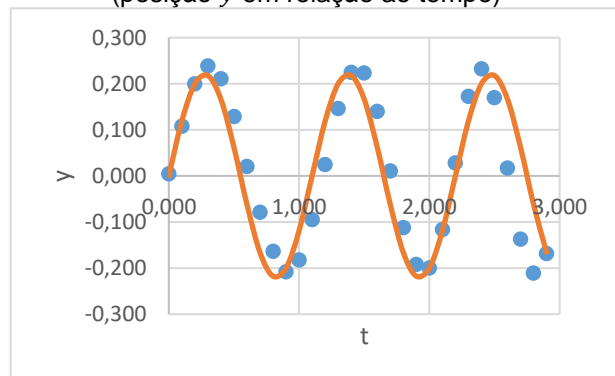
Os Gráficos 3 e 4 ilustram a comparação dos dados observados e calculados pelo modelo que descreve a posição x e y em relação ao tempo.

Gráfico 3 - Comparação entre os dados observados e os dados obtidos pelo modelo (posição x em relação ao tempo)



Fonte: Elaborado pelos autores.

Gráfico 4 - Comparação entre os dados observados e os dados obtidos pelo modelo (posição y em relação ao tempo)



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os modelos apresentados descrevem a posição da fita marcada na roda como ponto de referência, podendo desta forma identificar sua posição e variação de rotação em um determinado instante de tempo. Graças aos dados obtidos podemos analisar a velocidade do movimento da roda dentro do instante de tempo estudado.

Nesse caso, podemos dizer que a velocidade da roda, refere-se a rapidez pela qual a marcação da fita realiza seu movimento de rotação em um intervalo de tempo

e podemos descrever que a velocidade da roda é definida como a variação da distância da marcação da fita percorrida sobre a trajetória dividida pelo intervalo de tempo levado para percorrê-la:

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

onde $r = 0,22 \text{ m}$ descreve o raio da trajetória/amplitude do gráfico e $T = 1,1 \text{ s}$ corresponde ao tempo necessário para se completar uma volta para $0 \leq t \leq 2,25$. Para este intervalo, podemos afirmar que $v = 1,2566 \text{ m/s}$, o que equivale a $v = 4,523 \text{ km/h}$.

Além disso, é possível vislumbrar de acordo com os Gráficos 3 e 4 que para valores $t > 2,25$ segundos, a velocidade do movimento da roda do triciclo elétrico se tornou maior, pois o período da função ficou menor.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste de trabalho foi desenvolvido uma análise da velocidade atingida pela roda motora de um triciclo elétrico (desconsiderando o atrito com o solo) e os dados coletados passaram por uma análise gráfica gerada pelo programa *Tracker*.

Após esse processo foi constatado que os dados obtidos de 0 a 2,25s a rotação da roda permaneceu estável fornecendo um parâmetro similar em todas as voltas, e que a partir de 2,25s houve uma variação na velocidade.

Podemos então observar que dentro deste período estudado, o movimento realizado pelo ponto de referência feita na roda, descreve um movimento circular com velocidade linear de módulo constante. Neste caso podemos conjecturar como hipóteses que o módulo da velocidade é constante, mas a direção e o sentido são variáveis e que se trata de um movimento periódico, repetindo-se em intervalos de tempos iguais.

REFERÊNCIAS

BORSSOI, A. H. **Modelagem Matemática, Aprendizagem Significativa e Tecnologias: articulações em diferentes Contextos Educacionais**. 256 p. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

TORRES, C. Preços dos combustíveis já subiram até 60% em 2 anos de pandemia. **Mobiauto**. Disponível em: <<https://www.mobiauto.com.br/revista/precos-dos-combustiveis-ja-subiram-ate-60-em-2-anos-de-pandemia/1611>>. Acesso em: 14/06/2022.