



MODELAGEM MATEMÁTICA E AS CONTROVÉRSIAS NA GERAÇÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Juscelino Lima Rios
Universidade Estadual de Feira de Santana
juriosexato@gmail.com

Flávia Cristina de Macêdo Santana
Universidade Estadual de Feira de Santana
fcmsantana@uefs.br

Eixo Temático: Modelagem Matemática, Resolução de Problemas e Investigação Matemática.

RESUMO

O presente estudo objetivou mapear as controvérsias na geração da energia solar fotovoltaica, em uma tarefa de Modelagem Matemática. Com este fim, apoiou-se no paradigma pós-humanista para a realização de uma pesquisa empírica, com base na observação. Coletou-se adotando como referência as atividades de ensino presencial realizadas em uma turma de estágio do curso de Licenciatura em Matemática de uma universidade pública. Para a análise dos dados, seguiu-se os princípios agnosticismo, simetria generalizada e associação livre para descrever as práticas, como proposto por Bruno Latour. Os resultados obtidos indicam o tecimento de uma rede de ligações entre humanos e não humanos e suas afetações. Encontrou-se controvérsias e associações relacionadas a desastres ambientais e sociais agenciados pela instalação das usinas hidrelétricas no Brasil, origem, distribuição e descarte dos insumos tecnológicos para a instalação da energia solar fotovoltaica, bem como a Lei 14.300 de 06 de janeiro de 2022.

Palavras-chave: Modelagem Matemática. Teoria Ator-Rede. Formação de Professores. Energia Solar fotovoltaica.

INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas décadas, na Educação Matemática, pesquisas tomaram a Modelagem Matemática¹ como objeto de investigação e evidenciaram diferentes perspectivas, conceitos, argumentos e tendências no âmbito nacional e internacional

¹ Referimo-nos à Modelagem Matemática quando utilizarmos o termo Modelagem para evitarmos repetições na escrita.



(BORBA; CANEDO JUNIOR, 2020; SOUZA; CERQUEIRA BARBOSA, 2019; OMODEI; ALMEIDA, 2022). Borba e Canedo Junior (2020, p. 6), compreendem a Modelagem como “um processo de produção de conhecimentos do qual participam não apenas os atores humanos, [...] mas também as atrizes tecnológicas (mídias), em um coletivo pensante de seres-humanos-com-mídias.” Para Souza e Cerqueira Barbosa (2019),

modelagem matemática em âmbito educacional pode ser entendida como uma prática pedagógica em que os alunos são convidados a investigar, problematizar e compreender situações - problema do dia a dia, das ciências e do mundo do trabalho, utilizando conceitos e procedimentos matemáticos escolares (SOUZA; CERQUEIRA BARBOSA, 2019, p. 2).

Segundo Omodei e Almeida (2022, p. 2), a Modelagem “refere-se a uma alternativa pedagógica em que, em uma situação da realidade, é identificado um problema cuja resolução é mediada pela Matemática”. Pode-se aplicar tarefas de Modelagem em diversas áreas do conhecimento. Porém, para Barbosa (2009), existem lacunas a serem melhor exploradas com relação à pesquisa em Modelagem relacionada a outras tendências, considerando a Educação Matemática e áreas afins. Uma delas nos motivou a realizar esta investigação: na literatura, em pesquisas publicadas até 2022, em se tratando de Modelagem, não há evidências do foco no sujeito-objeto, como estamos propondo no presente trabalho. Os estudos de Oliveira (2022), toma como objeto a Modelagem articulada à Teoria Ator-Rede (TAR), mas o autor dá protagonismo ao sujeito, pois nomeia, ficticiamente um Alfa e um Beta (para destacar dois humanos), entrevistando-os, por meio de questionário, direcionando a investigação e alterando ou influenciando seus resultados. Há controvérsias² no próprio uso da TAR, neste caso.

A presente pesquisa, em consonância com Santana (2023, p. 2), argumenta que a Modelagem pode ser compreendida na perspectiva pós-humana, como “produto de uma associação (rede) entre humanos e não humanos, no coletivo e no processo descritivo das

² O termo controvérsia pode ser definido como “[...] uma disputa em que se alegam razões pró ou contra, em que se podem evidenciar movimentos cujo desdobramento será a consecução de um objetivo comum” (NOBRE; PEDRO, 2017, p. 7).



situações com referência na realidade”. Para esta autora, problematizar, investigar, buscar, selecionar, organizar, manipular, modelar, refletir, compartilhar, socializar, sistematizar são ações que nos permite seguir o fluxo de uma rede mutável, como acontece com as relações humanas. Seguiremos os rastros desta perspectiva tomando como referência o coletivo, na relação sujeito-objeto, de forma simétrica e híbrida. Esta investigação teve como objetivo mapear as controvérsias na geração da energia solar fotovoltaica, em uma tarefa de Modelagem Matemática. A pesquisa apoia-se nas ferramentas teórico-metodológicas da TAR e avança conceitualmente, argumentando que a Modelagem pode ser compreendida como uma rede sociotécnica, ou seja, marcada por associações que nos permite compreender situações matematicamente. Para análise dos dados, consideramos os três princípios propostos por Latour (2019):

a) *agnosticismo*, ou seja, o pesquisador agnóstico com os pontos de vista estudados, tratando da mesma forma as perspectivas dos atores, sem censurar, descrevendo e analisando as controvérsias, sem descobrir quem está certo ou errado; b) *simetria generalizada*, que propõe o social como um agregado heterogêneo de híbridos, humanos e não humanos, natureza e sociedade explicadas a partir de um mesmo quadro (humanos e objetos/coisas tratados igualmente); c) *associação livre*, que rejeita uma separação entre natureza e sociedade, natureza e cultura, ponderando que as explicações são híbridas, partindo do centro, pois tudo está conectado.

DESCRIÇÃO DO LABORATÓRIO

A partir de uma descrição sobre o espaço e as práticas dos humanos e não humanos que nele atuaram, procuramos observar detalhes no trabalho realizado no componente Estágio Curricular Supervisionado de Matemática III, do curso de Licenciatura em Matemática de uma universidade pública, durante o segundo semestre de 2022. A turma era composta por quinze estudantes e nove participaram voluntariamente da tarefa de Modelagem. A prática realizada estava vinculada à atividade curricular Estágio de Docência do Programa de Pós-Graduação em Educação – PPGE da instituição em que diferentes associações foram entrelaçadas, como podemos observar a seguir:



Em um primeiro momento, ações como observar, organizar, planejar e participar, nos permitiram seguir o fluxo da rede no processo de implementação da proposta de trabalho. No segundo, realizamos pesquisas na *internet*, no intuito de selecionar materiais para a construção e aplicação de uma tarefa de Modelagem. Durante o processo de resolução da tarefa alguns estudantes seguiram o caminho da matemática pura e outros o da interdisciplinaridade. Os instrumentos utilizados para registro das informações foram: diário de campo, gravação de áudios e imagens e a plataforma do *Google Classroom* da turma, computador e acesso a *internet*. Apresentaremos a seguir uma descrição da prática realizada.

AS PRÁTICAS LABORATORIAIS COM REFERÊNCIA NA REALIDADE: A TAREFA DE MODELAGEM

O processo de busca de material de estudos na *internet* partiu de textos, ilustrações e uma reportagem de TV e a implementação da tarefa teve como fio condutor os estudos da TAR. No primeiro encontro, foram feitas algumas indagações: Vocês conhecem a energia solar fotovoltaica? Sabem algo sobre sua história no Brasil e no mundo? O processo de instalação, geração e seus agenciamentos na natureza e no Social são do conhecimento de vocês? A maioria respondeu que o conhecimento era pouco sobre o tema. Com essa motivação, apresentou-se a reportagem de TV (REPORTAGEM DO JORNAL NACIONAL, 2018). Em seguida, abordou-se a história da energia solar, (PORTAL SOLAR, 2020).

No segundo encontro, ocorreram interações e afetações sobre a produção de energia hidrelétrica (instalação de usinas) e solar (insumos oriundos da China). Na sequência, houve a formação de dois grupos, a leitura de um texto sobre a “geração distribuída”, surgindo controvérsias, como a “Lei de taxaço do sol” (Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022) a qual define o pagamento de taxas sobre a fatura de energia elétrica para a mini e microgeração distribuída (BRASIL, 2022). Segue a problemática desta pesquisa: *Considerando a Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022, os altos custos dos equipamentos e a mão de obra, vale a pena instalar energia solar fotovoltaica? Enfim foi apresentada a situação problema proposta:*



“Levando em consideração a reportagem e os dados do texto, como é possível estimar o aumento da energia solar fotovoltaica no decorrer dos próximos 25 anos, considerando possíveis associações entre humanos e não humanos (Coelba, hidroelétricas, conta de energia, água, usinas hidroelétricas, sol, placas, geração de energia, meio ambiente, conceitos matemáticos)?”

Para responder a esta pergunta sugerimos algumas questões iniciais:

- a) Como é possível representar a quantidade de geração de energia solar ao longo do tempo (tempo útil)? Como você representaria o aumento da geração ao longo de 5, 10, 15, 20 e 25 anos?
- b) Analise matematicamente as vantagens e desvantagens da geração da energia solar fotovoltaica em sua residência.
- c) De acordo com os dados obtidos, é viável para as famílias a instalação da energia solar fotovoltaica? Justifique com base em conceitos matemáticos.
- d) Sugira pelo menos duas outras questões que poderiam ser pautadas, levando em consideração os dados apresentados no texto. Apresente possibilidades de resolução.

Observemos as discussões, questionamentos e demais interações no diálogo a seguir:

Participante (A): Na aula passada, nós assistimos a um vídeo com uma família que, ao observar a sua conta de energia muito alta, decidiu entre trocar de carro ou investir na energia solar. O valor serviria para conseguir um carro mais novo. Instalar a energia e esperar o tempo para poder ter o retorno do investimento ou trocar de veículo? Optou pela instalação. O que vocês acham?

Participante (B): Tem que ver o tempo que vai demorar para conseguir recuperar o investimento, não é? Porque realmente, ainda é muito cara a energia solar. Além dos painéis, tem um inversor, um relógio específico para conectar com a rede e outros mais.

Participante (A): Exatamente. Esse processo de retorno, através do tempo, mediante investimento é chamado de *payback*.

Participante (C): Temos que falar também sobre o que está por trás de todas as situações da energia solar. Principalmente na questão dos insumos que são fabricados na China.

Participante (A): Devemos observar essa parte polêmica. São controvérsias inseridas também nesse contexto, não é? Por que esse tamanho investimento? Por que essa crescente? É uma produção em larga escala. Outro exemplo é a lei de "taxação", a qual entra em vigor em janeiro de 2023.

Participante (D): Essas situações são voltadas ao campo "político" crítico e a Matemática nesse trabalho de Modelagem dá oportunidades para o senso crítico, através das indagações, dos questionamentos, de tentar buscar as informações e trazê-las para o debate.

Participante (D): Já está em votação para tentar ampliar o prazo desta Lei. Talvez não tenha atingido a meta e com a ampliação do prazo, irão tentar. Pode ser que aumentem as instalações.

Participante (A): Diante do exposto e após o texto lido, trouxemos a tarefa de Modelagem. Vocês conseguiram construir algo?

Participante (E): Sim. Nós buscamos informações nos sites Revista Exame e Portal Solar e conseguimos perceber que a capacidade de conversão do painel é de 40% para transformar em energia (a eficiência). No Portal Solar, encontramos que no primeiro ano ela decai 3% e, ao longo dos anos após esse primeiro ano, decai 0,7% ao ano. Utilizamos uma fórmula, calculando essa retirada. Então, utilizamos uma fórmula de juros simples [...]

Participante (D): Vocês poderiam demonstrar essas informações no quadro? Seria importante para que os demais pudessem acompanhar de uma forma melhor.

Participante (E): Certo, então. Vamos lá!

O Grupo 1 demonstrou como conseguiu interpretar as situações, construir estratégias, fórmulas e operações matemáticas, bem como um modelo, evidenciando a resolução detalhada: a) Conforme a Revista Exame (COELHO, 2014), a eficiência de um painel solar pode chegar a 40%. Segundo o Portal Solar (2022), um painel perde 3% de eficiência no primeiro ano e 0,7% ao longo dos anos seguintes, em média. No primeiro ano, a perda é de 1,2%, ou seja, $3\%.40\% = 1,2\%.40\% - 1,2\% = 38,8\%$. Por juros simples: $E(n) = \frac{c}{(1+0,7\%.n)}$, onde c = eficiência após 1 ano, n = anos e $E(n)$ = eficiência em função do tempo em anos. Calculada a eficiência no primeiro ano, para um ano α , retiramos o ano inicial, ou seja, se $n = \alpha$, tomamos $\alpha - 1 = n - 1$. Portanto, $\Delta = E(n - 1) = \frac{c}{(1+0,7\%.(n-1))}$. Vejamos a Tabela 1:

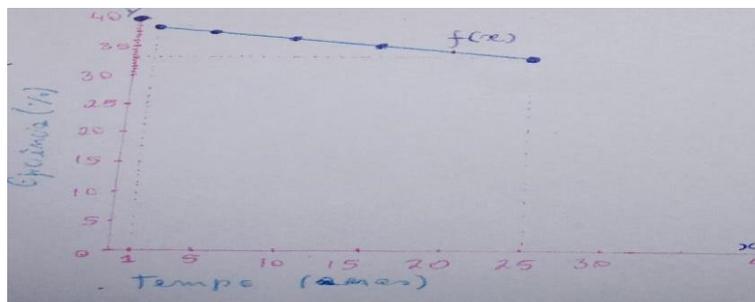
Tabela 1 – Eficiência de uma placa solar

Anos(n)	Eficiência em função do tempo em anos
5	$E(5-1) = \frac{38,8\%}{1+0,7\%.(5-1)} = 37,74\%$
10	$E(10-1) = 36,5\%$
15	$E(15-1) = 35,34\%$
20	$E(20-1) = 34,25\%$
25	$E(25-1) = 33,22\%$

Fonte: dados da pesquisa

Da tabela 1, temos os pares (5;37,74%), (10;36,5%), etc. Observemos o Gráfico 1:

Gráfico 1 – Eficiência de uma placa solar



Fonte: dados da pesquisa

Mediante o Gráfico 1, tomamos $f(x) = ax+b$, $1 \leq x \leq 25$. Então, $f(5) = a \cdot 5 + b$ e $f(10) = a \cdot 10 + b$. Daí, $f(5) - f(10) = 1,24\% = -a \cdot 5 \leftrightarrow a = -1,24\%/5$. Então, $a = -0,248\%$. Nesse caso, $b = 38,98\%$. Logo, $f(x) = -0,248\%x + 38,98\%$. Daí, $f(x) = 0 \rightarrow x = 157,18$. Portanto, $x = 157,18$. Concluimos que um painel solar perde eficiência com o tempo e deixará de ser útil (eficiência zero) em 157,18 anos. Assim, sua instalação torna-se viável, todavia é necessário que haja substituição do material. Por volta de 157 anos, sua eficácia torna-se insignificante.

b) Tomando como base a fatura de energia de um dos participantes do grupo, pagando R\$ 130,35 e um consumo de 109 kWh/mês em média, segundo a simulação da Intelbras Solar (2022), temos: área mínima necessária: $6m^2$; valor aproximado do sistema e instalação: R\$ 5.268,80; produção mensal em kWh: 133,74; economia anual: R\$ 1288,06; tempo de retorno do investimento: 2 a 3 anos. A diferença entre o consumo médio e a produção mensal dos painéis em kWh/mês é de: $|109 - 133,74| = 24,74$, ou seja, o usuário ainda ficaria com 24,74 kWh de créditos para consumir durante o mês. O valor do sistema com instalação equivale a aproximadamente 3 a 4 meses de fatura, sendo um grande benefício. Em uma simulação hipotética, pagando-se R\$ 1.000,00 na fatura, com instalação do sistema, teríamos uma economia anual de R\$ 12.021,94, produção mensal de 1248,23 kWh e custo total de R\$ 49.156,80. Mediante os resultados apresentados, há uma grande vantagem, que é diretamente proporcional a seu pagamento médio, e desvantagem para quem possui um consumo muito baixo, bem como, quanto maior o consumo, maior a necessidade de geração e a área ocupada pelos painéis.



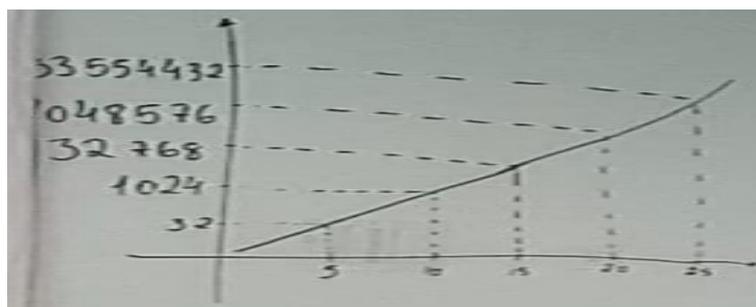
A partir das relações custo, potência e área necessária para o sistema de energia solar, chegamos à seguinte relação: $h(x) = 22,285 \cdot x$, sendo x a área disponível para instalação e $h(x)$ a produção mensal em kWh. Temos $g(x) = 39,381 \cdot (22,228 \cdot x) \approx 877,61 \cdot x$, ou seja, a composta nos dará o custo para uma determinada área disponível. Chamaremos a composta de: $f(\beta) = 877,61\beta$. Assim, tendo a área que desejo cobrir com os painéis, temos: $h(x)$ nos dará a produção mensal em kWh, $g(x)$ resulta no custo do sistema mais instalação, a partir da potência necessária, $f(\beta)$ aponta o custo em R\$ para uma determinada área em m^2 . Perceba que, quanto maior a necessidade de kWh/mês, maior a área ocupada pelos painéis, gerando sérios problemas para o solo e a vegetação abaixo deles, pois a incidência de sol e chuvas de forma direta possa ser reduzida significativamente e/ou anulada, proporcionando a morte dos seres.

c) Sim. A durabilidade e benefícios do sistema são significativos, todavia não vale a pena em casos em que o consumo médio de energia é baixo, pois os valores quase se igualam aos custos para a aquisição. Além disso, necessita-se de área mínima e produção energética mensal que cubra a demanda. Em simulação feita no *site* da Intelbras Solar (2022), em que o valor médio da fatura era R\$ 50,00, verificou-se que não valeria a pena tal investimento, pois, em uma área de $2 m^2$, o custo poderia chegar a R\$ 1.775,60 (sistema e instalação), gerando 44,87 kWh/mês, sendo que na fatura que tomamos como base o usuário consome em média 65 kWh/mês. Portanto, passaria quase 3 anos pagando o que se refere a seu consumo e, mesmo assim, não supriria suas necessidades.

d) Primeira questão: Quais impactos a instalação da energia solar gera para o meio ambiente? Sugestão: Contrato para aproveitamento de áreas como telhados de casas e paredes de prédios para que a instalação não cause problemas significativos ao meio ambiente, a longo prazo. Segunda questão: Como manter uma porcentagem alta de aproveitamento do sistema fotovoltaico ao longo do dia? Sugestões: (i) Instalar sistemas capazes de rotacionarem os painéis, detectando a maior incidência de luz solar; (ii) Utilizar estruturas com formas matemáticas, a exemplo de parábola, tendo um maior aproveitamento, já que poderíamos instalar os painéis no foco da estrutura, o que seria, “supomos”, mais

barato que a opção (i). O Gráfico 2 traz a apresentação do Grupo 2, representando o aumento da geração da energia solar ao longo de 5, 10, 15, 20 e 25 anos (questão a):

Gráfico 2 – Geração da energia solar em um determinado intervalo de tempo



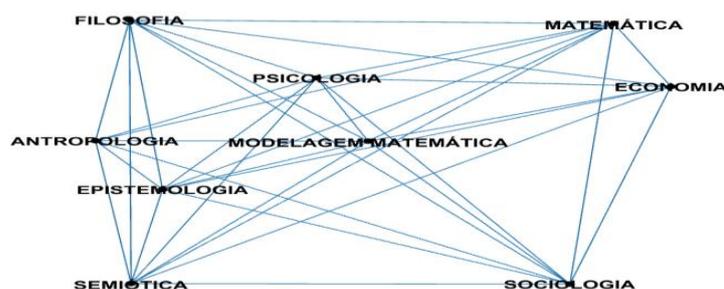
Fonte: dados da pesquisa

- b) As vantagens seriam apenas para quem não possui o benefício da Tarifa Social de Energia Elétrica (TSEE), proporcionando um desconto no valor da fatura de energia elétrica;
- c) A viabilidade depende de cada tipo de família. Considerando consumo e renda, nem todas as famílias têm condições de financiar, observando o custo de aquisição e instalação do sistema. É viável para os grupos familiares que possuem tanto um alto consumo, quanto um bom poder aquisitivo;
- d) Primeira questão: Qual outro tipo de energia considerada limpa poderia ser trabalhado nas aulas de Matemática? Sugestão: A energia eólica. Segunda questão: Como se encontra, atualmente, a matriz energética brasileira? Sugestão: Gráficos demonstrando o quadro energético nacional.

DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

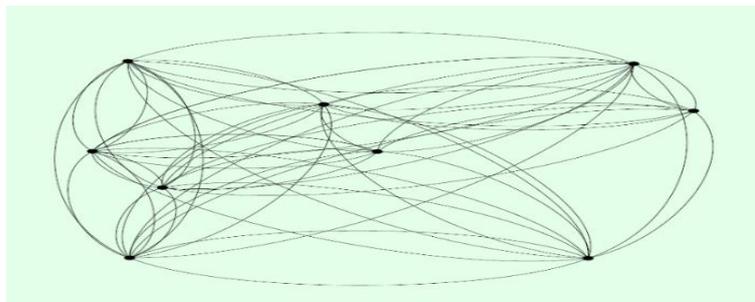
As Figuras 2 e 3, mostram a Modelagem na perspectiva que adotamos neste trabalho:

Figura 2 – Grafo da Modelagem como rede sociotécnica



Fonte: baseado no modelo de Burak e Klüber (2008)

Figura 3 – Grafo da rede Modelagem como rede sociotécnica



Fonte: baseado no modelo de Burak e Klüber (2008)

As figuras 2 e 3 exibem o comportamento da Modelagem como rede sociotécnica, numa perspectiva plural e ontológica, estabelecendo associações, por meio da Matemática, onde cada cenário se constitui como uma rede que se modifica constantemente. Elas foram construídas, por meio do *software Gephi*. A figura 3, oculta os rótulos dos nós e arestas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tínhamos como objetivo mapear as controvérsias na geração da energia solar fotovoltaica, em uma atividade de Modelagem Matemática. Os resultados mostram que elas caracterizam-se pela formação de uma rede de ligações entre diversos *actantes* e suas afetações. Observamos associações entre a tarefa proposta e temas como: usinas hidrelétricas, desastres ambientais e sociais, desmatamento de grandes áreas para a sua construção, mudança do curso dos rios, prejudicando plantas e animais, o abastecimento de água e desalojando pessoas. Os agenciamentos, com relação à energia solar pautaram temas como: geração é limpa, preservando a integridade do planeta; a “Lei de taxaço do sol” causa desvantagens financeiras para as famílias; os insumos tecnológicos fabricados e distribuídos pela China para a instalação da energia solar (além do descarte), podem revelar fatores que vão além dos comerciais, com possibilidades de envolver questões “políticas”.

Como contribuição, argumentamos que problematizar, investigar, buscar, selecionar, organizar, manipular, modelar, refletir, compartilhar, socializar, sistematizar pode nos permitir resolver situações com referência à realidade que estão quentes, como sugere



Santana (2023). As controvérsias e associações mapeadas na geração da energia solar fotovoltaica evidenciaram a busca por novos aliados para a construção do modelo matemático. Como implicação, faz-se necessário observar a relação sujeito-objeto na Modelagem de forma simétrica, sem dar protagonismo apenas ao sujeito (aluno ou professor), visto que tomar a agência dos objetos pode nos ajudar analisar a rede que é constituída ao pautar os temas transversais associadas às demandas da Educação Básica no pós-pandemia. Novas pesquisas precisam ser realizadas, para que a TAR possa contribuir para investigar diferentes fenômenos na Educação Matemática.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, J.C. Modelagem e Modelos Matemáticos na Educação Científica. **Alexandria**: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, Florianópolis, v. 2, n. 2, p. 69-85, jul. 2009. ISSN: 1982-5153. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4504064/course/section/5816165/Barbosa_2009.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2022.
- BORBA, M. de C.; CANEDO JUNIOR, N. da R. Modelagem Matemática com Produção de Vídeos Digitais: reflexões a partir de um estudo exploratório. **Com a Palavra, o Professor**. ISSN: 2526-2882. Disponível em: <<http://revista.geem.mat.br/index.php/PPP/article/view/561>>. Acesso em: 28 nov. 2023.
- BRASIL. **Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022**. Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS); altera as Leis nºs 10.848, de 15 de março de 2004, e 9.427, de 26 de dezembro de 1996; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2022. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2022/lei-14300-6-janeiro-2022-792217-publicacaooriginal-164335-pl.html>>. Acesso em: 28 nov. 2022.
- BURAK, D.; KLÜBER, T. E. Educação matemática: contribuições para a compreensão de sua natureza. **Acta Scientiae ULBRA**, Canoas, jul-dez. 2008. ISSN: 2178-7727. Disponível em: <<http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/acta/article/view/68/0>>. Acesso em: 10 dez. 2022.
- COELHO, V. Pesquisadores batem recorde de eficiência na conversão de luz solar para energia solar. **Revista Exame**, [S. l.], dez. 2014. ISSN: 0102-2881. Disponível em: <<https://exame.com/ciencia/pesquisadores-batem-recorde-de-eficiencia-na-conversao-de-luz-solar-para-energia-eletrica/>>. Acesso em: 12 dez. 2022.



INTELBRAS SOLAR. **Energia solar não é tudo igual**. [S. l.]: IntelBras Solar, [20--]. Disponível em: <<https://www.intelbras.com/pt-br/energia-solar/simulador>>. Acesso em: 12 dez. 2022.

LATOURE, B. **Jamais fomos modernos**: ensaio de antropologia simétrica. Tradução de Carlos Irineu da Costa. Revisão técnica de Stelio Marras. 4. ed. São Paulo: Ed 34, 2019.

NOBRE, J. C. A.; PEDRO, R. M. L. R. Reflexões sobre possibilidades metodológicas da Teoria Ator-Rede. **Cadernos UniFOA**, Volta Redonda, v. 5, n. 14, p. 47-56, dez. 2017. ISSN: 1982-1816. Disponível em: <<https://revistas.unifoa.edu.br/cadernos/article/view/1018>>. Acesso em: 28 nov. 2022.

OLIVEIRA, L. A. N. de. **Modelagem Matemática articulada à Teoria Ator – Rede em uma casa de farinha em Breves-PA**. 2022. Tese (Doutorado em Educação em Ciências e Matemáticas) – Instituto de Educação Matemática e Científica, Universidade Federal do Pará, Belém, 2022. Disponível em: <<http://repositorio.ufpa.br:8080/jspui/handle/2011/14893>>. Acesso em: 10 dez. 2022.

OMODEI, L. B. C.; ALMEIDA, Lourdes Maria Werle de. Formação do Professor em Modelagem Matemática: da aprendizagem para o ensino. **REVEMAT**, Florianópolis, jan./dez. 2022. ISSN: 1981-1322. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/revemat/article/view/82597/48514>>. Acesso em: 12 dez. 2022.

PORTAL SOLAR. **História e origem da Energia Solar**. São Paulo: Portal Solar, 2020. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/noticias/materias/historia-e-origem-da-energia-solar>>. Acesso em: 28 nov. 2022.

PORTAL SOLAR. **Quanto tempo duram os painéis solares?** São Paulo: Portal Solar, 2022. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/quanto-tempo-duram-os-paineis-solares>>. Acesso em: 10 dez. 2022.

REPORTAGEM do Jornal Nacional - **Energia Solar**. [S. l.: s. n.], 2018. 1 vídeo (2m18s). Publicado pelo canal RSC Engenharia Solar. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=wMb0BmlY06g>>. Acesso em: 28 nov. 2022.

SANTANA, F. C. M. FormAção-continuada em Modelagem Matemática na modalidade remota: a rede e o fenômeno da hibridização. **Revista Eletrônica de Educação**. 2023. ISSN: 1982-7199. No prelo.

SOUZA, E. G.; BARBOSA, J. C. A aprendizagem de regras do sistema matemático escolar na modelagem matemática. **Relime**, Ciudad del México, v. 22, n. 1, feb. 2019. ISSN: 2007-6819. Disponível em: <<https://relime.org/index.php/relime/article/view/23>>. Acesso em: 10 dez. 2022.