



# Propriedades da Perovskita

---

Discute a composição do mineral da sua fórmula química e as suas funcionalidades na indústria

---

Sistema Integrado de Respostas Técnicas – SIRT/UNESP

---



<b>Resposta Técnica</b>	FREITAS, Beatriz Damasio Propriedades da Perovskita Sistema Integrado de Respostas Técnicas – SIRT/UNESP 13/12/2021 Discute a composição do mineral da sua formula química e as suas funcionalidades na indústria
<b>Demanda</b>	<b>Informações sobre Perovskita</b>
<b>Assunto</b>	Testes e análises técnicas
<b>Palavras-chave</b>	Minério; tecnologia; extração mineral



Salvo indicação contrária, este conteúdo está licenciado sob a proteção da Licença de Atribuição 3.0 da Creative Commons. É permitida a cópia, distribuição e execução desta obra - bem como as obras derivadas criadas a partir dela - desde que criem obras não comerciais e sejam dados os créditos ao autor, com menção ao: Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas - <http://www.respostatecnica.org.br>

Para os termos desta licença, visite: <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>

O Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas – SBRT fornece soluções de informação tecnológica sob medida, relacionadas aos processos produtivos das Micro e Pequenas Empresas. Ele é estruturado em rede, sendo operacionalizado por centros de pesquisa, universidades, centros de educação profissional e tecnologias industriais, bem como associações que promovam a interface entre a oferta e a demanda tecnológica. O SBRT é apoiado pelo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE e pelo Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação – MCTI e de seus institutos: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia – IBICT.



## Solução apresentada

### Introdução

A Perovskita (figura 1) é um mineral de óxido de cálcio de titânio ( $\text{CaTiO}_3$ ) relativamente raro, este mesmo nome pode ser aplicado para a classe de compostos com o mesmo tipo de estrutura cristalina. Devido a sua propriedade de incorporação de diferentes cátions em sua estrutura, permite o desenvolvimento de diversos materiais de engenharia (PHILIP, S.; BRENT, G. 2017).

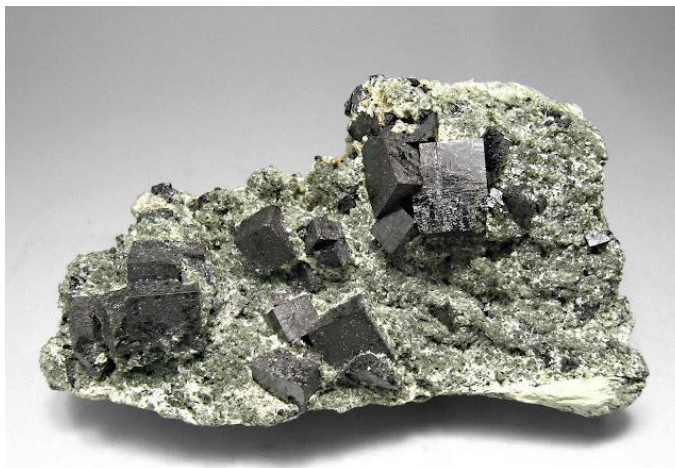


Figura 1: Perovskita com clinoclora – fabreminerals  
Fonte: (MINERALS, 2016)

Este mineral possui estrutura quase cúbica, com fórmula geral  $\text{ABO}_3$  (Figura 2). Nesta, os íons do local A, no centro da rede, é geralmente óxidos ou halogênios (VARMA, PC, R. 2018). Os íons do local B, nos cantos da rede, são elementos de metal de transição 3d, 4d e 5d. Variados elementos são estáveis na estrutura da Perovskita se o fator de tolerância de Goldschmidt (equação 1) testa no intervalo de 0,75-1,0.

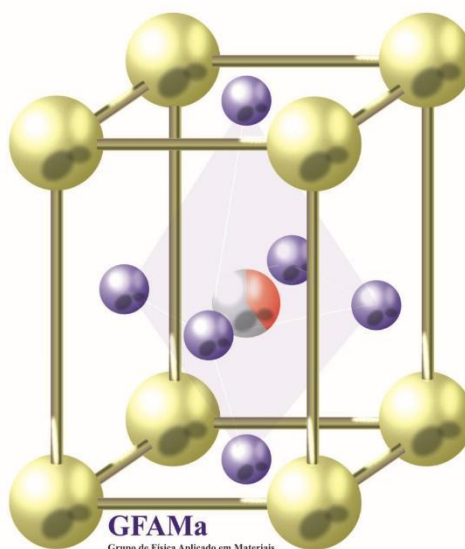


Figura 2: Estrutura Perovskita – Simetria Tetraedro  
Fonte: (GFAMa)

$$t = \frac{R_A + R_O}{\sqrt{2}(R_B + R_O)} \quad (1)$$

No qual,  $R_A$ ,  $R_B$  e  $R_O$  são os raios iônicos dos elementos do sítio A e B e Oxigênio, respectivamente (PEÑA, M.A.; FIERRO, J.L.G. 2001).

A Perovskita apresenta brilho metálico, estrutura pseudocúbica, juntamente com imperfeita clivagem e tenacidade quebradiças. Suas cores incluem preto, marrom, cinza, laranja e amarelo e cristalizam no sistema ortorrômbico (LUXOVÁ, J. 2008)

Diferentes classes de materiais Perovskitas, como perovskita calcogeneto ( $AMO_3$ ) e perovskita halogenada ( $ABX_3$ ), que são classificadas como haleto alcalino e haleto organometálica, foram amplamente estudadas (VARMA, PC, R. 2018). Esses materiais apresentam características em comum, incluindo sua estrutura  $ABO_3$  mencionada anteriormente e a presença de cátions orgânicos de amina que ocupam os sítios A.

Focando nas perovskitas halogenadas, se mostram promissores para uso em células solares e dispositivos optoeletrônicos (LI, W. 2017). Superficialmente, podemos abordar que possuem propriedades físicas interessantes, entre elas destacam-se os comportamentos ferroelétricos, dielétricos, piroelétricos e piezoelétrico (MAO, Y. 2010).

Estudos recentes mostram que o uso de Perovskita para fabricação de células solares se mostram promissores e econômicos perante aos semicondutores clássicos como o silício, pois essas perovskitas têm altos coeficientes de absorção óptica e exibem fotoluminescência de banda estreita, além de bandgaps ajustáveis dependendo de haleto, baixas energias de ligação de éxcitons e difusão de portadores de longo alcance.

Mais importante que estas propriedades, a síntese relativamente simples de Perovskitas na forma de filmes de alta qualidade, cristais únicos, nanocristais e pontos quânticos atraiu cientistas para desenvolver novas Perovskitas com propriedades optoeletrônicas exclusivas para aplicações ópticas e fotovoltaicas (CHOUHAN, L. 2020).

Devido a todas estas propriedades mencionadas, a aplicação de Perovskita como células solares é proeminente, no qual as sintéticas são reconhecidas como materiais de base para fotovoltaicos de baixo custo e alta eficiência. Especialistas no ramo preveem que o mercado de células fotovoltaicas de perovskita chegará a 214 milhões de dólares em 2025 (ECYCLE).

Em 2016, Rodrigo Szostak em seu mestrado no Instituto de Química (IQ) da Unicamp produziu células solares de perovskita em laboratório (figura 3), pela primeira vez no Brasil. Os testes indicaram uma eficiência de 13% por parte das células de perovskita, o índice é semelhante ao alcançado pelas células solares de silício vendidas comercialmente, cuja eficiência gira em torno de 15%.

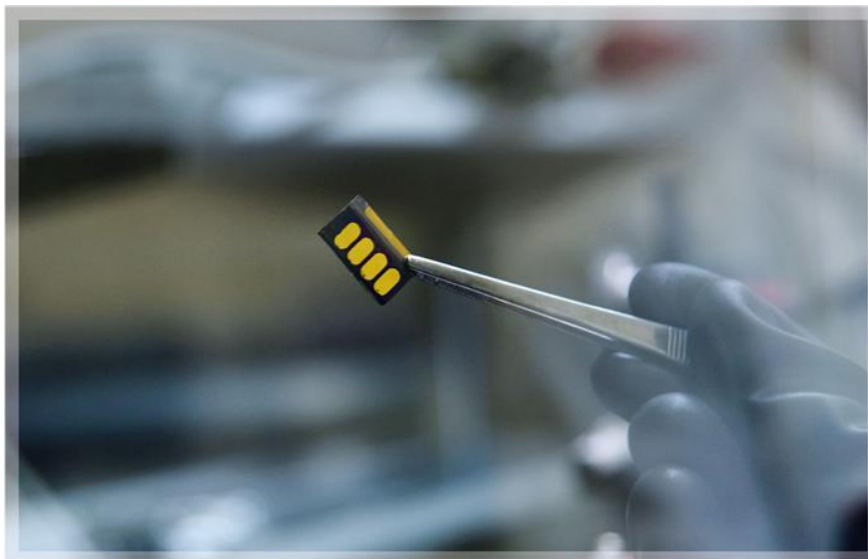


Figura 3: Célula solar perovskita é testada no laboratório do IQ: eficiência do material já é semelhante à apresentada pelo silício  
 Fonte: (ALVES FILHO, 2016)

De acordo com o autor da dissertação, o grau de eficiência das células solares é medido de acordo com a energia que chega do sol. Se, por hipótese, um sistema conseguisse captar todo o espectro solar, a sua eficiência seria de 100% (ALVES FILHO, 2016).

“Mas isso é impossível devido principalmente à perda da radiação com energia menor que a de absorção do material. Assim, a maior eficiência possível para uma célula solar simples é 33,7%, valor calculado pelo limite denominado Shockley-Queisser. As perovskitas talvez contribuam para, no futuro, nos aproximarmos deste valor com um custo reduzido em relação a outras tecnologias”, retrata Szostak (ALVES FILHO, 2016).

A tecnologia, portanto, não está totalmente pronta para ser comercializada e as células solares de perovskita deverão enfrentar vários desafios antes, como durabilidade e estabilidade (ECYCLE).

### Conclusões e recomendações

As informações contidas nesta resposta técnica têm caráter informativo. Para entender profundamente sobre o assunto, recomendamos que leia os artigos e sites dispostos nas referências.

### Fontes consultadas

ALVES FILHO, Manuel. **Unicamp produz células solares de perovskita**. Jornal da Unicamp. 2016. Disponível em: <https://www.unicamp.br/unicamp/ju/669/unicamp-produz-celulas-solares-de-perovskita>  
 Acesso em: 14/12/2021.

CHOUHAN, L. Et al. **Síntese, propriedades optoeletrônicas e aplicações de perovskitas halogenadas**. Chem Soc Ver. 2020. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/perovskita/>  
 ECYCLE. **Perovskita: promessa da tecnologia fotovoltaica**. Ciência e Tecnologia. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/perovskita/> Acesso em:

14/12/2021. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2020/cs/c9cs00848a> Acesso em: 14/12/2021.

GFAMa. **Estruturas Perovskita**. Disponível em: <https://sites.unicentro.br/wp/gfama/estruturas-perovskita/> Acesso em: 14/12/2021

LI, W. Et al. **Perovskitas orgânico-inorgânicas híbridas quimicamente diversas e multifuncionais**. nature reviews materials. 2017. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/natrevmats201699> Acesso em: 14/12/2021.

LUXOVÁ, J; ŠULCOVÁ, P; TROJAN, M. **Study of Perovskite**. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 93 (3): 823–827. 2008. Disponível em: <https://sci-hub.mkxa.top/10.1007/s10973-008-9329-z> Acesso em: 14/12/2021.

MAO, Y. Et al. **Synthesis, Properties, and Applications of Perovskite-Phase Metal Oxide Nanostructures**. Material Matters. 2010 Disponível em: <https://www.sigmaaldrich.com/BR/pt/technical-documents/technical-article/materials-science-and-engineering/photovoltaics-and-solar-cells/synthesis-properties> Acesso em: 14/12/2021.

MINERALS. **Minerais, Rochas e Fósseis: mineral – perovskita**. Clubedominerais. 2016 disponível em: <http://clubedominerais.blogspot.com/2016/12/mineral-perovskita.html> Acesso em: 14/12/2021

PEÑA, M.A; FIERRO, JL. **Estruturas compostas e desempenho de óxidos de perovskita**. Revisões incluídas . 101 (7): 1981–2017. 2001. Disponível em: <https://sci-hub.mkxa.top/10.1021/cr980129f> Acesso em 14/12/2021.

SZUROMI, P.; GROCHOLSKI, B. Perovskitas naturais e projetadas. Ciência. 358 (6364): 732–733. 2017. Disponível em: <https://sci-hub.mkxa.top/10.1126/science.358.6364.732> Acesso em: 14/12/2021.

VARMA, PC. R. **Perovskitas de baixa dimensão**. Perovskite Photovoltaics. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/perovskites> Acesso em: 14 dez. 2021