

## MONITORAMENTO DAS USINAS FOTOVOLTAICAS DO IFMG - UMA METODOLOGIA PARA MONITORAMENTO CONTÍNUO

Mariana Campos Souza<sup>1</sup> José Henrique Ferreira de Souza<sup>2</sup>; Alex de Andrade Fernandes<sup>3</sup>; Willian Marlon Ferreira<sup>4</sup>;

1 Discente Bolsista: Mariana Campos Souza, Engenharia Elétrica, IFMG, Coronel Fabriciano – MG

2 Discente Voluntário: José Henrique Ferreira de Souza, Engenharia Elétrica, IFMG, Ipatinga – MG

3 Docente Orientador: Pesquisador do IFMG, Campus Ipatinga; [alex.andrade@ifmg.edu.br](mailto:alex.andrade@ifmg.edu.br)

4 Docente Co-Orientador: Pesquisador do IFMG, Campus Ipatinga; [willian.ferreira@ifmg.edu.br](mailto:willian.ferreira@ifmg.edu.br)

### RESUMO

Os sistemas de geração fotovoltaica vêm crescendo no Brasil nos últimos anos e o IFMG conta com usinas instaladas em todos os seus *campi*. Esses sistemas demandam avaliação contínua, diária, quanto a seu desempenho para que possam desempenhar todo o seu potencial de geração e gerar o retorno esperado. Porém, nem todos os *campi* do IFMG contam com uma equipe especializada e/ou com disponibilidade para realizar essa avaliação fazendo com problemas apresentados nas usinas fotovoltaicas não sejam avaliados com a devida atenção e prazo. Dessa forma, o IFMG contratou um sistema de monitoramento para centralizar os dados de todas as usinas em uma mesma plataforma, o que facilitará a transparência e monitoramento dessas usinas, mas se faz necessário um profissional capacitado para realizar esse monitoramento constante, disparo de avisos para os responsáveis das usinas e criação de um histórico de ocorrências. Ademais, esse projeto através de alunos do curso superior em Engenharia Elétrica do campus Ipatinga busca realizar o acompanhamento das usinas instaladas em todos os *campi* do IFMG por meio da plataforma contratada, a avaliação de índices de desempenho e gestão do acionamento dos responsáveis pelas usinas em caso necessário. Durante a coleta de dados em 2021, a plataforma da SolarView PRO® foi eficaz para a proposta deste trabalho, porém, em janeiro de 2022, notou-se que o sistema se encontrava com alguns problemas envolvendo a lentidão e falha na geração dos relatórios mensais de geração, além de dados de economia mensal incorretos, as notificações de falta de geração da usina não estavam mais sendo enviadas aos gestores. Portanto, recomenda-se coletar as informações de geração de cada usina diretamente pelo seu site de monitoramento. Assim, este trabalho espera contribuir de forma decisiva na gestão positiva das usinas fotovoltaicas de todo IFMG, na gestão e melhoria do planejamento de manutenção preventiva/corretiva, além de verificar se os investimentos realizados anteriormente estão tendo o retorno planejado, bem como contribuir com dados reais que servirão de base para planejar os investimentos futuros e otimizar a gestão das usinas da instituição.

**Palavras-chave:** Geração fotovoltaica; Sistemas de monitoramento; Manutenção.

### INTRODUÇÃO:

Segundo o Balanço Energético Nacional de 2020, a energia solar correspondia, em 2019, a 1% da matriz elétrica brasileira. (EPE, 2020). Por conseguinte, de acordo com o Centro de Referência para Energia Solar e Eólica, o aproveitamento da energia do sol é hoje uma das alternativas energéticas mais promissoras para prover a energia necessária ao desenvolvimento humano (PINHO e GALDINO, 2014). Ademais, uma das principais formas de aproveitamento da energia solar é através do efeito fotovoltaico, que consiste basicamente em converter a luz solar diretamente em energia elétrica.

O Brasil possui um grande potencial para a energia fotovoltaica, principalmente quando comparados a outros países que são lideranças neste tipo de geração de energia. Segundo Rosa e Gasparin (2016), a menor irradiação do Brasil está na ordem de 1500 kWh/m<sup>2</sup> de irradiação global anual na superfície horizontal e a maior de 2350 kWh/m<sup>2</sup>, sendo assim, a média diária ao longo de um ano que incide em qualquer parte do território brasileiro irá variar de 4,1 a 6,5 kWh/m<sup>2</sup>. Em comparação, a Alemanha que possui uma incidência entre 900 e 1.250 kWh/m<sup>2</sup> ao ano, ou seja, entre 2,5 e 3,5 kWh/m<sup>2</sup> de média diária e a Espanha que varia de 1.200 a 1.950 kWh/m<sup>2</sup> ao ano, correspondendo entre 3,28 e 5,3 kWh/m<sup>2</sup> de média diária.

Tendo em vista o enorme potencial inexplorado dessa fonte no país, bem como a rápida expansão observada no setor, a energia solar fotovoltaica desempenha um papel cada vez mais importante na matriz energética do Brasil.

Conforme a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR, 2018), em 2040 a fonte solar alcançará cerca de 126 mil MW, conquistando o posto de primeira fonte no ranking da matriz, com 32% de participação, superando a hidroeletricidade, que terá 29%. Fica claro, portanto, que a energia solar fotovoltaica no Brasil possui um enorme potencial para um crescimento acelerado.

Alinhado com essa tendência, o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG), em 2015 iniciou um trabalho baseado nos relatórios do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão que ressaltou a necessidade do estabelecimento de boas práticas de gestão e uso de energia elétrica e água aos órgãos da administração pública. Assim, a Reitoria do IFMG destinou recursos financeiros para a instalação de (8) oito usinas fotovoltaicas nos diferentes *campi* da instituição. Na sequência, o projeto foi ampliado e hoje todos os *campi* do IFMG possuem usinas instaladas.

Cabe ressaltar que todas essas usinas instaladas possuem sistema de monitoramento remoto (SMR), sendo que estes permitem as unidades e profissionais da área sempre estejam a par da produtividade do sistema, das quedas no desempenho que podem ser rapidamente detectadas, e suas causas devidamente investigadas e problemas resolvidos em pouco tempo.

Entretanto, após as instalações das usinas em todas as unidades do IFMG, observou-se que a grande maioria não possui profissional ou servidor dedicado a realizar o acompanhamento dos dados gerados, assim, problemas nos sistemas não eram detectados bem como nenhuma análise mais aprofundada sobre a geração e produtividade dos sistemas eram realizadas, subutilizando assim as potencialidades dos sistemas já instalados. Outro ponto que vale ressaltar é que os sistemas instalados no IFMG são diferentes, utilizando assim distintos SMR, o que dificulta qualquer tipo de análise multi-*campi*, além de informar apenas parâmetros mais simplificados deixando de lado índices de mérito por exemplo.

Para que essa expansão interna dos sistemas do IFMG continue, bem como para qualquer outro é preciso tornar os sistemas fotovoltaicos cada vez mais eficientes. Uma das ações necessárias para isso é a avaliação dos índices de mérito, tais como a produtividade anual do sistema ou *Final Yield* (YF) e o desempenho global ou Performance Ratio (PR). Esses índices servem para auxiliar a tomada de decisões visando o melhor aproveitamento possível do recurso solar, bem como do investimento já realizado e do que ainda pode ser realizado pela instituição.

Para o ano de 2021 o IFMG realizou a contratação de um SMR que centraliza todas as informações advindas dos diferentes sistemas sem uma única tela, SolarView PRO®, com maiores informações disponível em <https://solarview.com.br/solarview-pro/>. Essa é uma plataforma aberta, onde os dados de todas as usinas instaladas nos diferentes *campi* IFMG estariam disponíveis para consulta e acompanhamento de toda a sociedade, para realização de estudos científicos, bem como para acompanhar sua eficiência, integridade e demais benefícios do monitoramento remoto centralizado.

Cabe destacar que a plataforma contratada pelo IFMG permite a integração de diversas usinas sem a necessidade de hardware adicional, ação essa possível devido à interoperabilidade com inversores de diversos fabricantes. Desta maneira seria possível ter todas as usinas instaladas no IFMG em uma única tela, reunindo todas as informações, facilitando o acesso, apresentação de dados, padronização e a gestão das usinas, além de diminuir as atividades operacionais.

Além disso, seria possível acompanhar a diferença entre produção real e expectativa de projeto, comparando o desempenho entre usinas de diferentes fabricantes, e ter mais informações para decidir sobre ações de manutenção.

Desta maneira, o principal objetivo deste trabalho é realizar o acompanhamento diário dos sistemas fotovoltaicos já instalados no IFMG, bem como analisar seus indicadores de produtividade auxiliando assim nas ações de manutenção, na análise dos investimentos realizados e dos que ainda podem ser realizados, verificar os principais tipos de defeitos e propor uma metodologia de manutenção preventiva/corretiva das usinas, além de explorar todas as funções desse sistema, de modo a otimizar a gestão das usinas da instituição.

## **METODOLOGIA:**

O trabalho utilizou a plataforma SolarView PRO® para realizar o acompanhamento remoto da geração das usinas. Primeiramente, foi feito um estudo prático e presenciou-se alguns Webinar's com explicações de como utilizar a plataforma, suas funções e definição de quais ferramentas seriam mais úteis para o projeto em questão. Desenvolveu-se então uma apostila em pdf com as funcionalidades da plataforma para envio aos gestores que interessassem e para conhecimento dos integrantes deste trabalho, as ferramentas mais utilizadas eram as seguintes:

- Status: Para identificar as unidades que estavam em operação normal, sem geração ou offline.

- Monitorar: Para identificar quanto cada unidade estava gerando ao longo do dia, mês.
- Notificações: Alertar os gestores em caso de não geração da usina.
- Tarifas: Para cadastramento da tarifa que foi estimada para cada unidade para verificação da economia mensal.
- Editar unidade: Para cadastramento da geração teórica de cada unidade.
- Relatórios: Para geração de relatórios mensais de geração e posterior envio para os gestores.

A amostra deste estudo é composta pelas usinas fotovoltaicas instaladas nas 18 unidades do IFMG, sendo que a tabela abaixo apresenta a potência instalada em cada unidade, bem como o número de inversores, o número de módulos fotovoltaicos e seus modelos.

Tabela 1 – Usinas fotovoltaicas do IFMG

Campus	Potência Instalada (kWp)	Modelo dos Inversores <sup>1</sup>	Número de inversores	Modelo dos Módulos	Número de módulos
<b>CAMPUS AVANÇADO IPATINGA</b>	44,88	Renovigi RENO-20K	2	Risen RSM144-6-340P	132
<b>CAMPUS CONGONHAS</b>	28,6	SMA Sunny Tripower 25000TL (SIW500)	1	Canadian Solar CS6P-260P	110
<b>CAMPUS AVANÇADO CONSELHEIRO LAFAIETE</b>	20,47	Growatt 20000 TL3-S	1	Canadian Solar, modelo CS6U-325P	63
<b>CAMPUS GOVERNADOR VALADARES</b>	28,6	SMA Sunny Tripower 25000TL (SIW500)	1	Canadian Solar CS6P-260P	110
<b>CAMPUS AVANÇADO PIUMHI</b>	44,88	Renovigi RENO-20K	2	Risen RSM144-6-340P	132
<b>CAMPUS OURO BRANCO</b>	20,47	Growatt 20000 TL3-S	1	Canadian Solar, modelo CS6U-325P	63
<b>CAMPUS OURO PRETO</b>	28,6	SMA Sunny Tripower 25000TL (SIW500)	1	Canadian Solar CS6P-260P	110
<b>CAMPUS AVANÇADO ITABIRITO</b>	20,47	Growatt 20000 TL3-S	1	Canadian Solar, modelo CS6U-325P	63
<b>CAMPUS RIBEIRÃO DAS NEVES</b>	25,75	SMA Sunny Tripower 25000TL (SIW500)	1	Canadian Solar CS6P-260P	99
<b>CAMPUS AVANÇADO PONTE NOVA</b>	20,47	Growatt 20000 TL3-S	1	Canadian Solar, modelo CS6U-325P	63
<b>CAMPUS SABARÁ</b>	20,47	Growatt 20000 TL3-S	1	Canadian Solar, modelo CS6U-325P	63
<b>CAMPUS FORMIGA</b>	28,6	SMA Sunny Tripower 25000TL (SIW500)	1	Canadian Solar CS6P-260P	110
<b>CAMPUS SANTA LUZIA</b>	20,47	Growatt 20000 TL3-S	1	Canadian Solar, modelo CS6U-325P	63
<b>CAMPUS BAMBUÍ</b>	25,75	SMA Sunny Tripower 25000TL (SIW500)	1	Canadian Solar CS6P-260P	99
<b>CAMPUS SÃO JOÃO EVANGELISTA</b>	28,6	SMA Sunny Tripower 25000TL (SIW500)	1	Canadian Solar CS6P-260P	110
<b>CAMPUS BETIM</b>	28,6	SMA Sunny Tripower 25000TL (SIW500)	1	Canadian Solar CS6P-260P	110
<b>CAMPUS AVANÇADO ARCOS</b>	20,47	Growatt 20000 TL3-S	1	Canadian Solar, modelo CS6U-325P	63
<b>CAMPUS IBIRITÉ</b>	20,47	Growatt 20000 TL3-S	1	Canadian Solar, modelo CS6U-325P	63

Fonte: Dados do IFMG

Coletou-se também através do site da CRESESB, os dados de HSP (Horas de Sol Pleno) mensais, inserindo a latitude e a longitude de cada local no qual a usina encontra-se instalada, estes dados foram coletados utilizando o Google Maps.

Além disso, os ângulos de inclinação e azimute também foram necessários para utilização no software PVSyst, que calcula de forma mais precisa a geração teórica de cada usina com base no plano inclinado. A Figura 1 apresenta as estimativas médias mensais de irradiação (kWh/m<sup>2</sup>), temperatura ambiente (°C), energia gerada (MWh) e *Performance Ratio*, ou taxa de desempenho. A partir da geração média mensal estimada, é possível avaliar o desempenho das usinas fotovoltaicas.

Figura 1 – Resultados da simulação da usina fotovoltaica do *campus* Ipatinga no software PVSyst.

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	DiffHor kWh/m <sup>2</sup>	T_Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArray MWh	E_Grid MWh	PR rácio
Janeiro	179.2	83.20	26.10	176.9	172.7	6.415	6.264	0.789
Fevereiro	171.9	81.80	26.40	171.6	167.7	6.226	6.082	0.790
Março	157.8	76.00	25.60	157.3	153.3	5.727	5.590	0.792
Abril	138.3	62.30	24.30	139.9	136.4	5.133	5.011	0.798
Mai	120.3	56.40	22.50	123.0	119.1	4.540	4.432	0.803
Junho	111.0	43.90	20.90	114.1	110.1	4.221	4.121	0.805
Julho	120.9	53.10	20.70	123.7	119.6	4.582	4.477	0.806
Agosto	141.1	58.80	21.90	143.3	139.6	5.303	5.179	0.805
Setembro	148.5	68.80	23.00	148.8	145.1	5.481	5.351	0.801
Outubro	158.7	83.00	24.20	157.9	154.1	5.782	5.643	0.797
Novembro	144.6	79.40	24.80	143.0	139.4	5.203	5.074	0.791
Dezembro	173.6	89.80	25.20	171.5	167.1	6.256	6.105	0.793
Ano	1765.9	836.49	23.79	1770.9	1724.1	64.870	63.330	0.797

Fonte: PVSyst

Após coletar os dados de geração teórica de cada uma das usinas mês a mês, de acordo com o software PVSyst e os dados de HSP, corrigiu-se estes dados que se encontravam incorretos no SMR para atualização da plataforma. Além disso, configurou-se também as notificações na própria plataforma, para que caso houvesse paralização, falta de geração na usina fotovoltaica, seu respectivo representante seria notificado via e-mail.

Dessa forma, mensalmente, utilizando a plataforma SolarView PRO®, foram gerados relatórios de geração mensal e economia de geração de cada usina e estes relatórios foram enviados a cada um dos seus gestores. Ademais, as usinas em que não era possível gerar o relatório, por falta de dados de geração, eram notificadas também através do e-mail do responsável.

Para avaliar e comparar o desempenho de cada usina, são utilizados os índices de mérito, como o fator *Yield* Final (YF) e o *Performance Ratio*.

O fator *Yield* também chamado de produtividade, pode ser calculado de acordo com a Equação 1 (BICALHO, ARAUJO e CARDOSO, 2018).

$$Y = \frac{Egr}{P} \quad (1)$$

Sendo *Egr* a energia gerada por mês em (kWh), e *P* a potência instalada (kWp).

O *Performance Ratio* (PR), também chamado taxa de desempenho, pode ser calculado de acordo com a Equação 2 (BICALHO, ARAUJO e CARDOSO, 2018).

$$PR = \frac{Egr}{Egt} \times 100 \quad (2)$$

Sendo *Egt* a energia gerada teórica, ou estimada, por mês em (kWh).

Foi elaborado um relatório de geração das usinas relativo ao ano de 2021, contendo a geração real e teórica, bem como o *Yield* final e o *Performance Ratio*, de cada usina.

Além disso, foi elaborado um guia de boas práticas para a operação e manutenção das usinas fotovoltaicas do IFMG conforme indicado pela literatura técnica (DE SOUZA, SOUZA e MINORI, 2019; HANEY e BURSTEIN, 2013; PINHO e GALDINO, 2014).

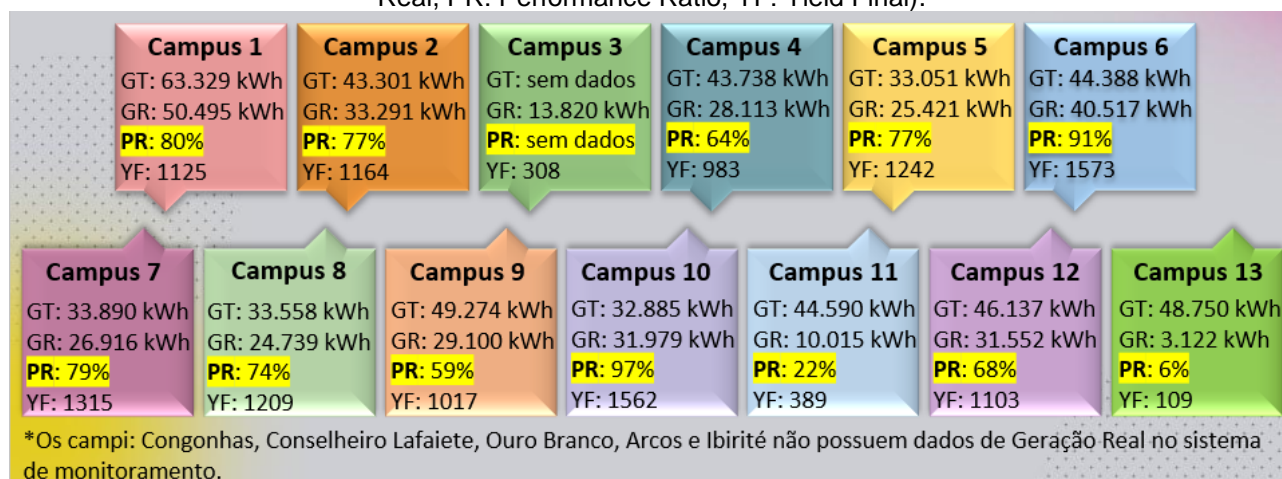


## RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Durante a coleta de dados em 2021, a plataforma da SolarView PRO® foi eficaz para a proposta deste trabalho, porém, em janeiro de 2022, notou-se que o sistema se encontrava com alguns problemas envolvendo a lentidão e falha na geração dos relatórios mensais de geração, além de dados de economia mensal incorretos, as notificações de falta de geração da usina não estavam mais sendo enviadas aos gestores, o que gerou uma insatisfação. Optou-se para realização dos últimos relatórios deste trabalho, coletar as informações de geração de cada usina diretamente pelo seu site de monitoramento, dessa forma foi necessário contatar os gestores e coletar login e senha de cada um deles para realizar a análise da geração dos campi, gerando atraso no envio dos relatórios.

Elaborou-se um relatório final do ano de 2021 para apresentação aos gestores de cada campus, este relatório contou com informações de Geração Teórica (kWp), Geração Real (kWp), *Performance Ratio* (PR) e *Yield Final* (YF), algumas usinas como a do Campus Santa Luzia, Campus Ribeirão das Neves e Campus Avançado Ipatinga destacaram-se em PR de geração, alcançando, respectivamente, performances de 97%, 91% e 80% em relação ao esperado (100%). Ademais, outros campi encontraram-se sem dados de geração, havendo então necessidade de correção e verificação por parte dos gestores. A figura 2 demonstra os resultados obtidos de geração dos campi e índices de mérito no ano de 2021, o relatório final de geração das usinas fotovoltaicas pode ser observado no ANEXO A.

Figura 2 – Índices de monitoramento fotovoltaico das Usinas do IFMG (GT: Geração Teórica, GR: Geração Real, PR: Performance Ratio, YF: Yield Final).



Fonte: Infográfico.

O principal resultado esperado deste projeto de pesquisa é contribuir de forma decisiva na gestão positiva das usinas fotovoltaicas de todo IFMG, gerando alertas em possíveis casos de anormalidade, auxiliar na gestão e melhorar o planejamento de manutenção preventiva/corretiva e limpeza das usinas fotovoltaicas, ações estas, presentes em apenas algumas unidades do IFMG. Além de verificar se os investimentos realizados anteriormente estão tendo o retorno planejado, bem como contribuir com dados reais que servirão de base para planejar os investimentos futuros e otimizar a gestão das usinas da instituição.

## CONCLUSÕES:

É importante frisar que este projeto busca contribuir para o correto funcionamento das usinas fotovoltaicas portanto além do monitoramento contínuo, é necessário que os gestores e demais responsáveis atentem-se aos resultados obtidos pelos relatórios de produção para realizar manutenções preventivas/corretivas, fazendo com que esta análise seja válida e importante para verificar se os investimentos realizados anteriormente estão tendo o retorno planejado. Dessa forma este projeto continuará no próximo semestre buscando o desenvolvimento de um sistema para geração dos relatórios e monitoramento, contribuindo assim com a gestão positiva das usinas fotovoltaicas de todos os *campi* do IFMG.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ABSOLAR. ABSOLAR projeta fonte solar liderando matriz em 2040. **Jornal do Comércio**, São Paulo, 12 dez. 2018. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/noticia/absolar-projeta-fonte-solar-liderando-matriz-em-2040/>. Acesso em: 29 mar. 2021.

BICALHO, Marlon S.; ARAUJO, Tiago P.; CARDOSO, Rafael B. Análise De Desempenho Do Sistema Fotovoltaico Conectado À Rede Da Universidade Federal De Itajubá – Campus Itabira. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 7, n. 1, p. 95-105, 2018. XII Seminário de Meio Ambiente e Energias Renováveis. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/rber/article/view/57971>. Acesso em: 09 jun. 2021.

DE SOUZA, Wilison Andson; SOUZA, Rubem Cesar Rodrigues; MINORI, Américo Matsuo. Boas práticas de manutenção preventiva em sistemas fotovoltaicos. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 8, p. 12779-12791, 2019. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/2866>. Acesso em 25 abr. 2022.

EPE. **Balço Energético Nacional 2020**: Ano base 2019. Rio de Janeiro: EPE, 2020. 264 p. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-528/BEN2020\\_sp.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-528/BEN2020_sp.pdf). Acesso em: 29 mar. 2021.

EPE. **Matriz Energética e Elétrica**. In: EPE. ABCD Energia. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 29 mar. 2021.

HANEY, Josh; BURSTEIN, Adam. PV system operations and maintenance fundamentals. **Solar America Board for Codes and Standards Report**, 2013. Disponível em: <http://www.solarabcs.org/about/publications/reports/operations-maintenance/pdfs/SolarABCs-35-2013.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2022.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antônio. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CEPEL - CRESESB, 2014. Disponível em: <[http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual\\_de\\_Engenharia\\_FV\\_2014.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf)> Acesso em: 07 de jun. 2021.

ROSA, A. R. O.; GASPARIN, F. P. **Panorama da energia solar fotovoltaica no Brasil**. Revista Brasileira de Energia Solar, [s. l.], ano 7, v.VII, n. 2, p. 140-147, dez. 2016.

SOLARVIEW. **SolarView Pro (RD)**. In: SOLARVIEW. SolarView. Belo Horizonte, 2021. Disponível em: <https://solarview.com.br/solarview-pro/>. Acesso em: 29 mar. 2021.

**ANEXOS**

ANEXO A – Relatório de Geração Fotovoltaica dos campi em 2021.



**Monitoramento  
Fotovoltaico IFMG**

# **RELATÓRIO DE DESEMPENHO DAS USINAS DO IFMG**

**2021**

