

Aplicação do Protocolo Internacional de Medição e Verificação no Projeto Residências Fotovoltaicas da Celesc: Um Estudo de Caso – ID 3961

Autor: *Thiago Jeremias*

Coautores: *Willian dos Santos, Marco Aurélio Giancesini, Manuela Luz Cardoso, Marcio dos Santos Lautert, Paulo Valdocí Pereira, Alexandre R. Oliseski*

Empresa: *Celesc Distribuição S.A.*

Realization:

instituto
abradee



Host Company:

CEMIG



XXV Seminário
Nacional de
Distribuição de
Energia Elétrica

SENDI
2025
BELO HORIZONTE

Agenda

- A Celesc
- O projeto Bônus Fotovoltaico
- Resultados Obtidos
- Conclusões
- Premiações e participação de Decano



Realization:

instituto
abradee



HostCompany:

CEMIG



Objetivos

- Aplicar o Protocolo Internacional de M&V para sistemas fotovoltaicos.
- Adequação das Planilhas do Guia de M&V, para SFV.
- Avaliação das regressões lineares e possíveis variáveis independentes.
- Análise do desempenho da geração em diferentes condições climáticas (Mesorregiões)

Realization:

instituto
abradee

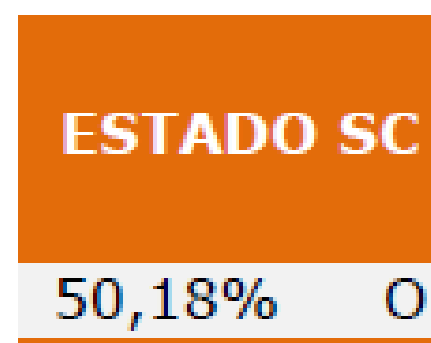


HostCompany:

CEMIG

Centrais Elétricas de SC

Holding desde 2006



Realization:

instituto
abradee



HostCompany:

CEMIG

Residências Fotovoltaicas (EE-032/2016)

Implementação de 1.250 SFV em residências – GD

Substituição de 6.250 lâmpadas ineficientes por LED

Prazo de Execução de 12 meses

Investimentos total de R\$ 22,6 Mi
(60% PEE, 40% consumidor)

E. Economizada de 4 628 MWh/ano

RDP 127 kW

RCB = 0,50



265W
2,6kWp

Realization:

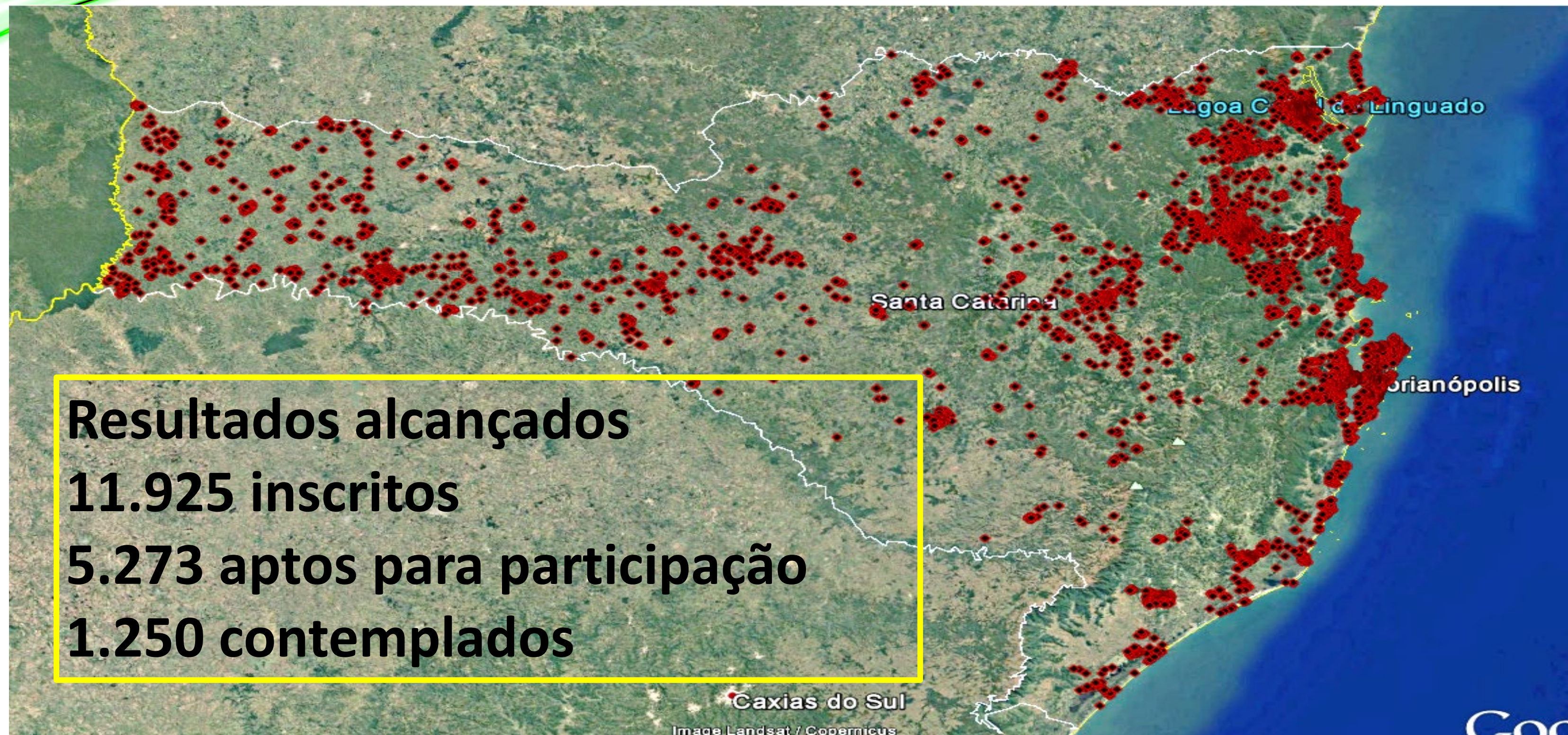
instituto
abradee



HostCompany:

CEMIG

Inscritos por região de SC



Realization:

HostCompany:

Etapas da realização do projeto

Divulgação do projeto

Cadastro dos consumidores com início no dia 20/02/2017 às 10hs

Inspeção e verificação das casas pela empresa contratada

Instalação dos equipamentos pela Empresa vencedora da licitação

Medição e Verificação dos resultados

Objetivo principal desse trabalho



Realization:

instituto
abradee

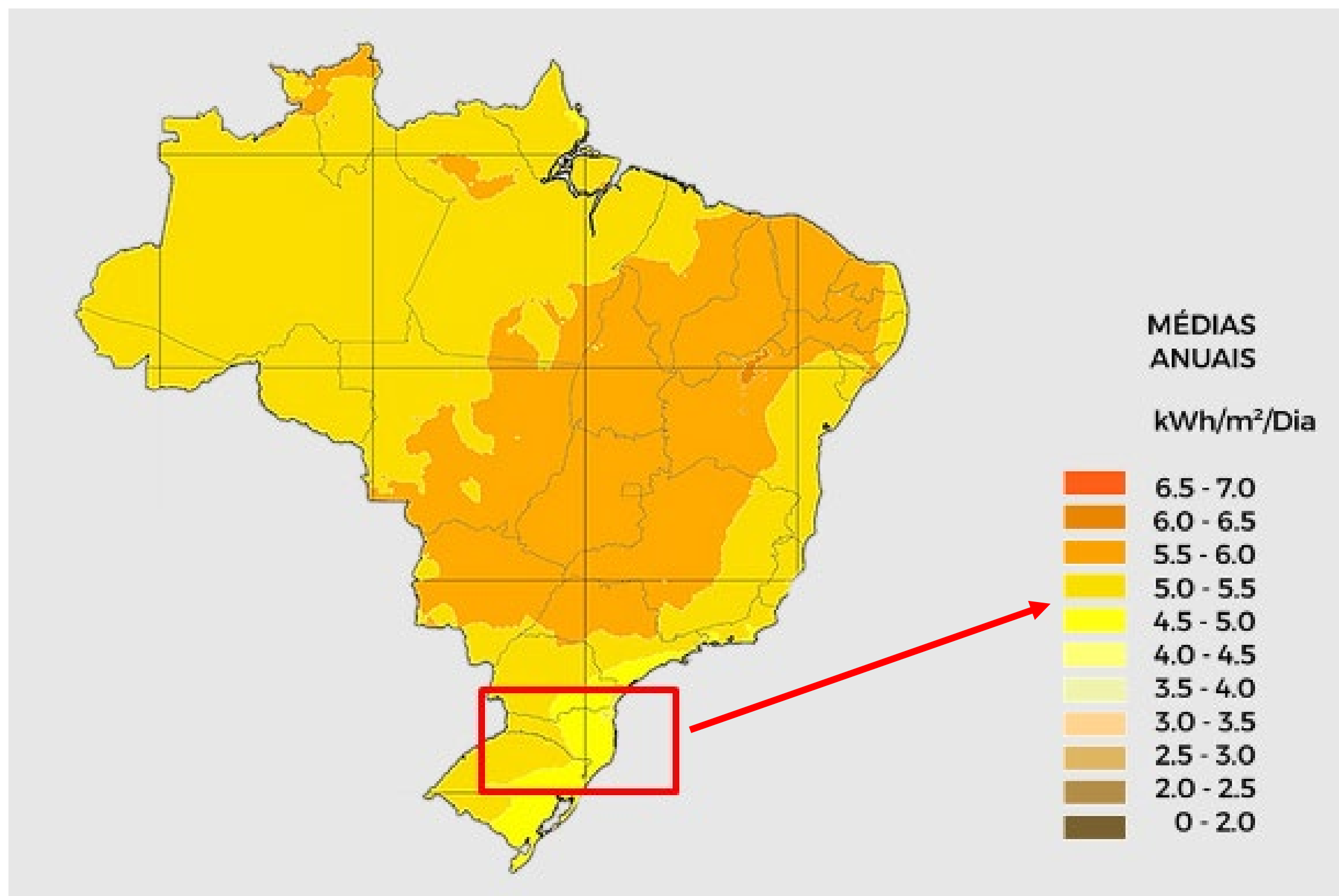


HostCompany:

CEMIG

Potencial de Radiação Nacional

Potencial de radiação solar no estado de SC



Realization:

HostCompany:

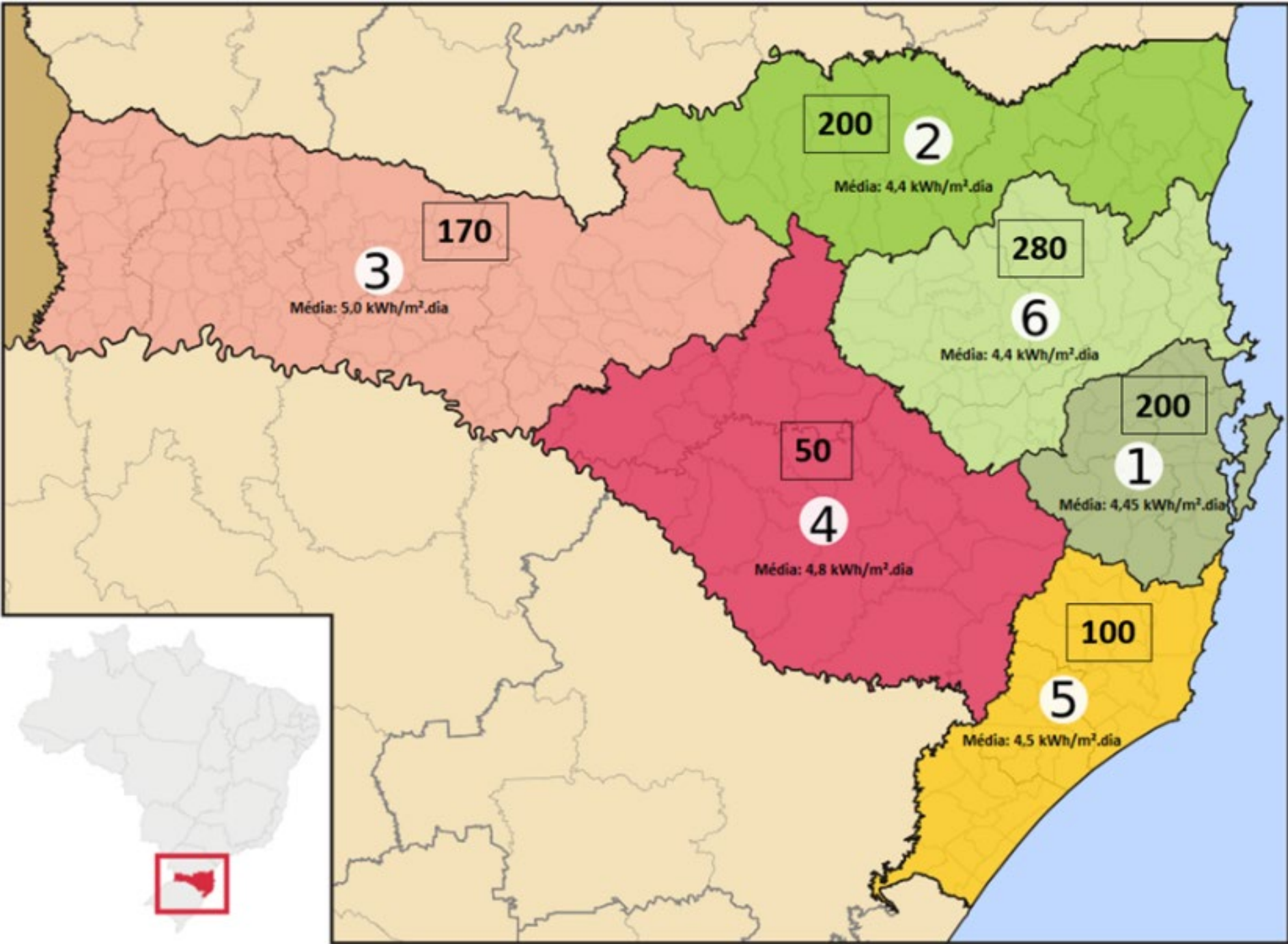
instituto
abradee



CEMIG

Mesoregiões do projeto

Em 6 mesos regiões,
22 estações meteorológicas



Mesorregião	ESTAÇÃO	Clientes Com MV	(MV) Dist. Média Km	Total de FV instalados
1 - Grande Florianópolis	Florianópolis/São José	17	2,4	260
	Rancho Queimado	-	-	1
2 - Norte	Itapoá	4	21,3	167
	Rio Negrinho	8	21,9	82
	Major Vieira	2	24,5	3
3 - Oeste	Xanxerê	-	-	66
	São Miguel do Oeste	7	5,1	51
	Joaçaba	7	7,6	47
	Caçador	3	4,0	36
	Novo Horizonte	1	5,0	11
	Dionísio Cerqueira	1	2,0	4
4 - Planalto Serrano	Lages	10	2,5	26
	Curitibanos	4	2,3	9
	São Joaquim	2	1,0	4
	Morro da Igreja (Bom Jardim da Serra)	-	-	3
5 - Sul	Laguna (farol Sta. Marta)	3	13,7	72
	Urussanga	9	16,4	36
	Araranguá [km]	1	2,0	18
6 - Vale do Itajaí	Indaial	10	3,8	201
	Itajaí	8	8,3	111
	Ituporanga	3	4,3	32
	Rio do Campo	1	1,0	10
Total Geral		101	7,9	1.250

Realization:

instituto
abradee



HostCompany:



Resultados por região

Var Indep.	Tipo	Meso 1 - Grande Florianop.	Meso 2 - Norte	Meso 5 - Sul	Meso 4 - Planalto Serrano	Meso 3 - Oeste	Meso 6 - Vale do Itajaí	Total
Radiação	Coef Lin Rad	0,0397692	0,0373382	0,035793	0,0230127	0,0185615	0,0238742	
	Coef Lin Tem	0	0	0	0	0	0	
	Declividade	0,0005683	0,0005701	0,0005779	0,0005804	0,0006138	0,0005865	
	Estatística t	41,21	38,52	35,94	26,66	27,19	37,13	
	R ² / EP	0,76	0,78	0,8	0,82	0,88	0,84	
	Geração (MWh)	930,07	820,32	472,21	149,34	812,39	1.168,52	4.352,86
Radiação e Temperatura	Coef Lin Rad	0,3123132	0,1972191	0,2193066	0,1965511	0,1186391	0,1896966	
	Coef Lin Tem	-0,013448	-0,0095365	-0,0098744	-0,0117675	-0,0058295	-0,0087402	
	Declividade	0,0005996	0,0006019	0,0006078	0,0006127	0,000629	0,0006116	
	Estatística t	68,91	62,11	60,97	79,84	59,77	75,9	
	R ² / EP	0,77	0,78	0,81	0,83	0,88	0,85	
	Geração (MWh)	930,67	793	473,55	150,07	814,33	1.162,50	4.324,12

Para determinação da geração: 22 equações da incidência da radiação, e incidência da radiação e temperatura

Realization:

HostCompany:

instituto
abradee



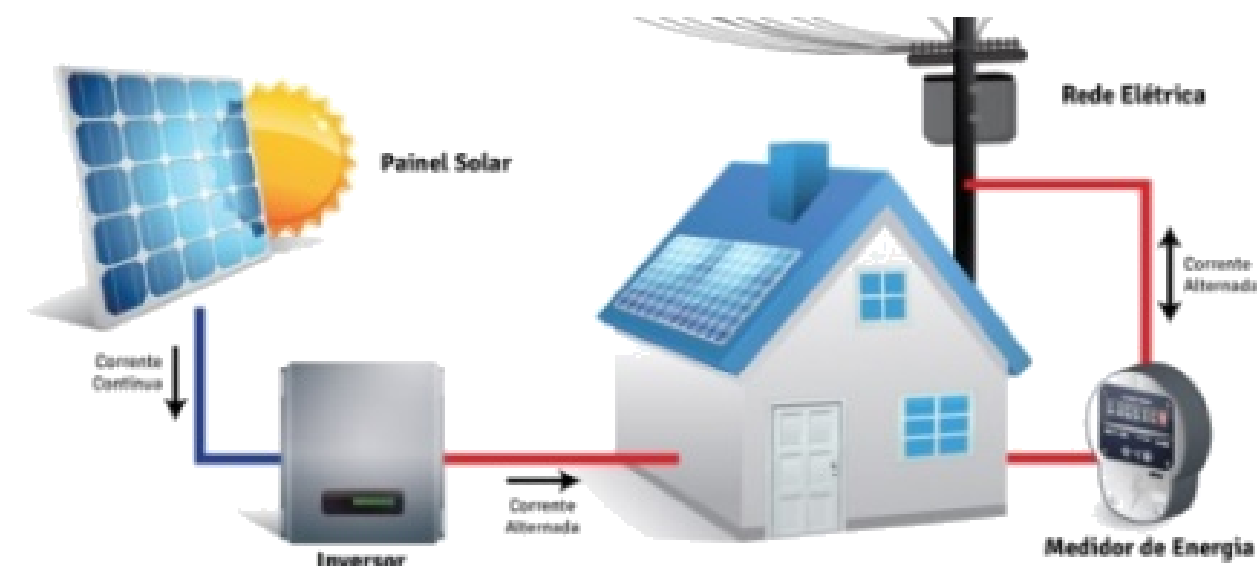
CEMIG

Validação das medições - inversor

Obtido 12 meses de M&V

Foram comparadas por 30 dias as leituras de medidor e inversor

Adotado a confiabilidade dos dados de medições do inversor para o período



Validação dos dados das estações meteorológicas

Quando existam falhas nos registros de aquisição de dados

- Utilizar os dados das estações mais próxima

ESTAÇÃO CÓDIGO INMET	OPÇÃO 01	OPÇÃO 02	OPÇÃO 03
Araranguá - A867	Urussanga - A814 - 47,8 km	Laguna (farol Sta. Marta) - A866 - 76 km	São Joaquim - A815 - 84,5 km
Caçador - A859	Curitibanos - A860 - 64,4 km	Joaçaba - A841 - 68,9 km	Major Vieira - A864 - 77,9 km
Curitibanos - A860	Rio do Campo - A861 - 59,9 km	Lages - A865 - 63 km	Caçador - A859 - 64,4 km
Dionísio Cerqueira - A848	São Miguel do Oeste - A857 - 56 km	Novo Horizonte - A816 - 79,1 km	Xanxerê - A858 - 142,6 km
Florianópolis - A806	Rancho Queimado - A870 - 42,4 km	Itajaí - A868 - 73,8 km	Indaial - A817 - 99,8 km

A tabela continua até as 22ª estação INMET

Realization:

instituto
abradee



HostCompany:

CEMIG

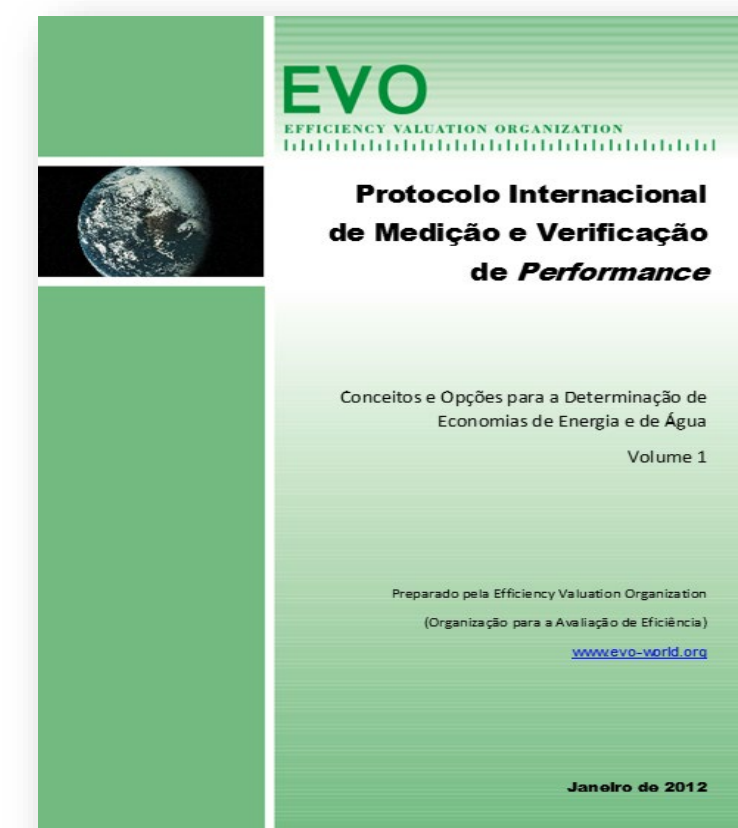
MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO

Sistema Fotovoltaico

Período da LB não houveram medições. A medição da geração foi feita na det. da economia em um período de 365 dias

Opção do PIMVP, opção “B”, de acordo PIMVP

Variáveis independentes: a radiação e a temperatura ambiente



MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO


Sistema Fotovoltaico

- Potência medida em **intervalos de 5 min.**
- Medições **não avaliadas em horário de ponta**
- Dados **obtidos de 22 estações** do INMET



Esforços computacionais

- **Amostra de 101 medições**, totalizaram de 10,5 Mi de registros
- Os dados das **estações meteorológicas foram de 10 anos aplicados em regressão**, obtendo mais de 39 mi de registros
- Resultados de M&V determinaram **581 arquivos** e cerca de **18 GB de informações** e planilhas

medicoes > Estacoes > DADOS ESTAÇÕES NOVEMBRO 18		
Nome	Data de modificação	Tamanho
 APRESENTAÇÃO CELESC 210319 Solar.ppt	29/04/2021 19:17	3.789 KB
 Consolidacao_Radiacao_Estacoes.xlsx	01/05/2021 09:28	253.795 KB

Realization:

instituto
abradee



HostCompany:

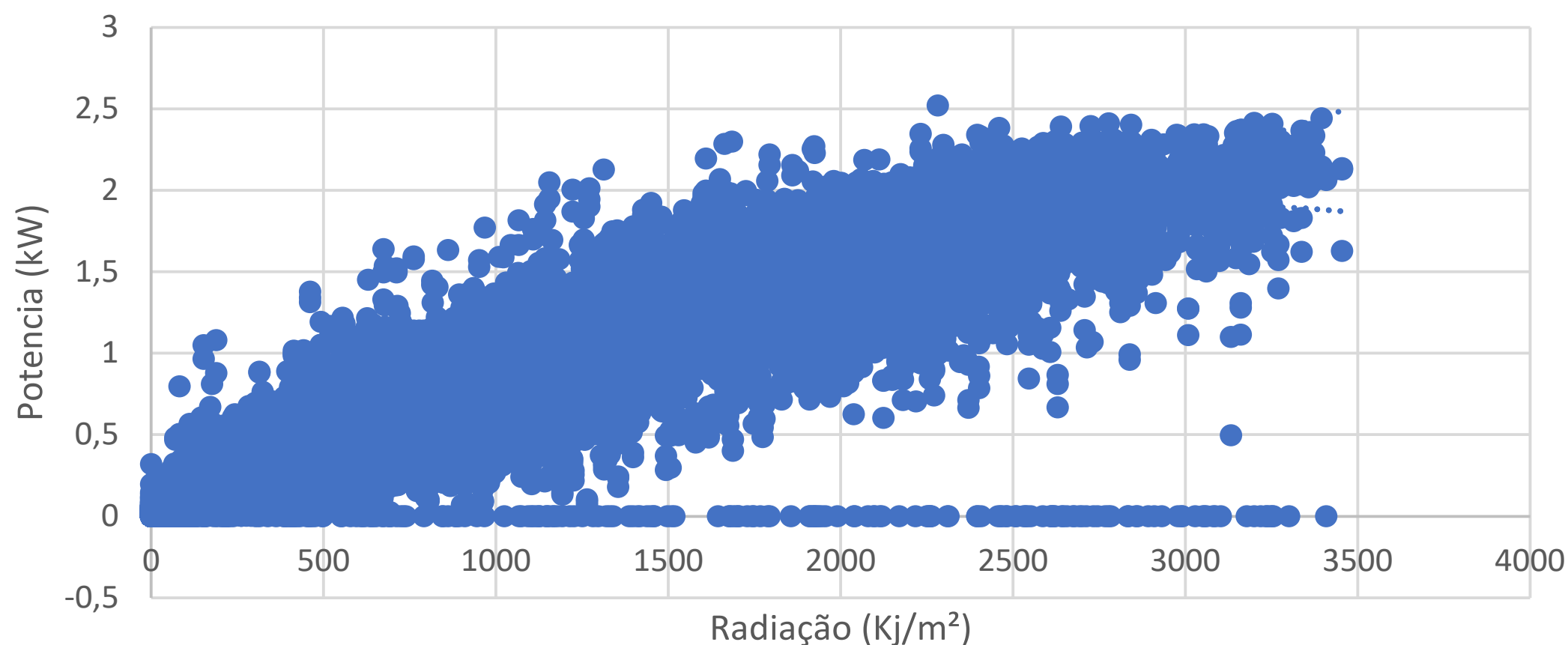
CEMIG


MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO

- Tratados e obtidos uma curva de regressão para cada uma das 6 mesorregiões
- Ex: Estação Caçador, 3 SFV:

Regressão Linear

$$y = 0,0007x + 0,0215$$
$$R^2 = 0,8787$$



Geral		Personalizado
		581 Arquivos, 47 Pastas
Tipo:		Vários Tipos
Local:		Todos em D:\ENGIE\medicoes
Tamanho:		18,7 GB (20.124.299.642 bytes)
Tamanho em disco:		18,7 GB (20.125.462.528 bytes)

Realization:

instituto
abradee



HostCompany:

CEMIG

MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO

- **A metodologia caracterizada INOVADORA**
aplicado em tamanha escala no Brasil
- **Trabalho VIÁVEL, atingidos os critérios do PIMVP**
 $R^2 > 0,76$ | estatística $t > 2$
- **Adequação das Planilhas de M&V ANEEL**
não previam em seus usos finais a geração por FI



Realization:

instituto
abradee



HostCompany:

CEMIG

Conclusão

- ✓ **Desenvolvimento de uma metodologia para M&V em sistemas fotovoltaicos residenciais.**
- ✓ Avaliação dos resultados utilizando uma ou duas variáveis independentes (Temp. e Irradiação)
- ✓ Economia de Energia, a preservação do meio ambiente e energia limpa e eficiente



OPEE

Relatórios Finais do Projeto

Realization:

instituto
abradee



HostCompany:

CEMIG

Reconhecimento

✓ Prêmio Empresa Cidadã ADVB 2020

1º lugar categ. Preservação Ambiental



✓ Prêmio OSE 2019



1º lugar Energias Renováveis

✓ Prêmio Ciertec 2019

2º lugar Categoria G.D.

✓ Prêmio Eco 2017

✓ COBEE 2024

1º lugar Categoria P&S



Realization:

instituto
abradee



Host Company:

CEMIG

Agradecimento especial

Obteve a contribuição valiosa do **Dr. Agenor Garcia**, professor e entusiasta da área de Eficiência Energética, cuja participação voluntária **foi fundamental para o desenvolvimento e validação das metodologias aplicadas.**



Realization:

instituto
abradee



HostCompany:

CEMIG



Divisão de Eficiência Energética - DVEE
Willian dos Santos
E-mail: willians@Celesc.com.br
+55 48 99934 4371

OBRIGADO!

