

ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS PARA SUSTENTABILIDADE

WILSON BARBOSA

Cenários de projeção do consumo de energia



Cenário Referência

	2005-2010	2010-2015	2015-2020	2020-2025	2025-2030
DEMANDA					
Cresc. Médio anual	3,70%	3,80%	4,10%	4,30%	4,50%
GERAÇÃO					
Cresc. Médio anual	3,70%	3,80%	4,10%	4,30%	0,70%
DEPENDÊNCIA					
Importação liq, /Demanda				0,06%	17,10%

Cenário Alternativo

	2005-2010	2010-2015	2015-2020	2020-2025	2025-2030
DEMANDA					
Cresc. Médio anual	3,40%	3,70%	3,80%	3,90%	4,20%
GERAÇÃO					
Cresc. Médio anual	3,40%	3,70%	3,80%	3,90%	2,30%
DEPENDÊNCIA					
Importação liq, /Demanda					8,70%

Fonte: Matriz Energética do Estado de Minas Gerais (2007-2030)



Cenários de projeção do consumo de energia



Cenário Referência

	2005-2010	2010-2015	2015-2020	2020-2025	2025-2030
DEMANDA					
Cresc. Médio anual	3,70%	3,80%	4,10%	4,30%	4,50%
GERAÇÃO					
Cresc. Médio anual	3,70%	3,80%	4,10%	4,30%	0,70%
DEPENDÊNCIA					
Importação liq, /Demanda				0,06%	17,10%

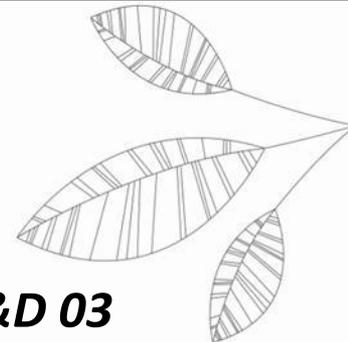
Cenário Alternativo

	2005-2010	2010-2015	2015-2020	2020-2025	2025-2030
DEMANDA					
Cresc. Médio anual	3,40%	3,70%	3,80%	3,90%	4,20%
GERAÇÃO					
Cresc. Médio anual	3,40%	3,70%	3,80%	3,90%	2,30%
DEPENDÊNCIA					
Importação liq, /Demanda					8,70%

Fonte: Matriz Energética do Estado de Minas Gerais (2007-2030)



INTRODUÇÃO



P&D 01



Estimativa do Potencial de Complementaridade Hidro Eólico Solar para a Matriz Elétrica de Minas Gerais

(2015 - 2050)



Relatório 1

Estudo da complementaridade entre os regimes naturais hidro eólico solares no Estado de Minas Gerais e seus possíveis efeitos na estabilização sazonal da oferta de energia no sistema elétrico interligado.

P&D 02



Análise de pré-viabilidade técnica, econômica e ambiental da implantação de uma Usina Solar Fotovoltaica em consórcio com a reabilitação de áreas degradadas.



Relatório 1

Estudo de pré-viabilidade técnica, econômica e ambiental da implantação de uma Usina Solar Fotovoltaica em consórcio com a reabilitação de áreas degradadas

P&D 03

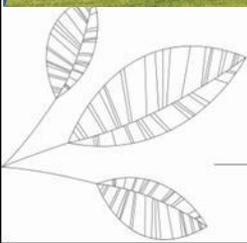


Projeto piloto de Turbina Free-Stream para aproveitamento de energia do fluxo da corrente de rios para geração de energia elétrica

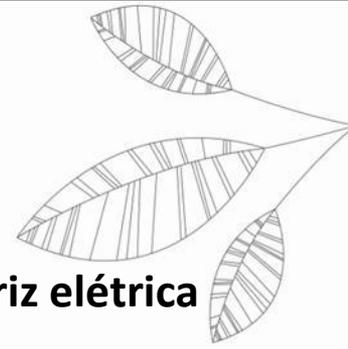


Relatório 1

Estudo de impactos ambientais do aproveitamento da energia do fluxo da corrente de rios.



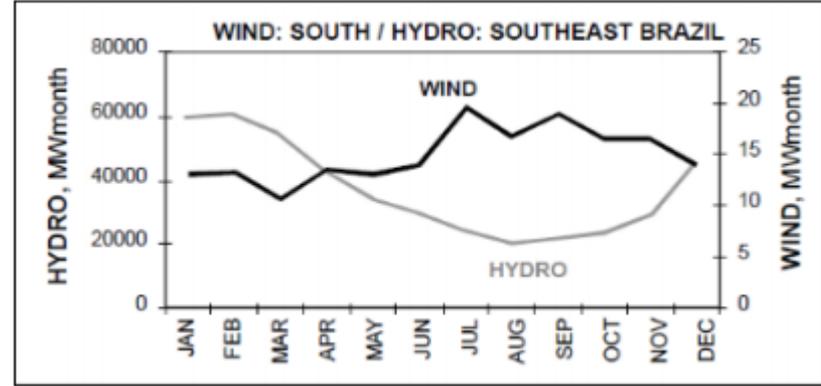
P&D 01 – OBJETIVO GERAL



Estimativa do Potencial de Complementaridade Hidro Eólico Solar para a Matriz Elétrica de Minas Gerais (2015 - 2050)

Relatório 1
Estudo da complementaridade entre os regimes naturais hidro eólico solares no Estado de Minas Gerais e seus possíveis efeitos na estabilização sazonal da oferta de energia no sistema elétrico interligado.

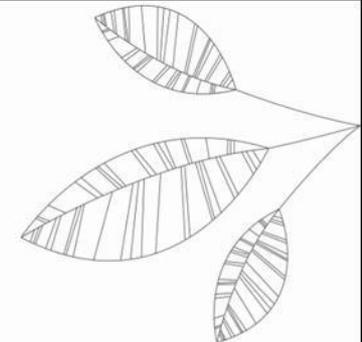
- ✓ **Expansão das energias renováveis na matriz elétrica**
- ✓ **Identificação das usinas mineiras baseadas em hidroeletricidade (PCHs e UHEs) cujos potenciais eólico e solar das localidades onde estas encontram-se, permitam a instalação de usinas solares e eólicas visando a estabilização sazonal da oferta de energia elétrica.**



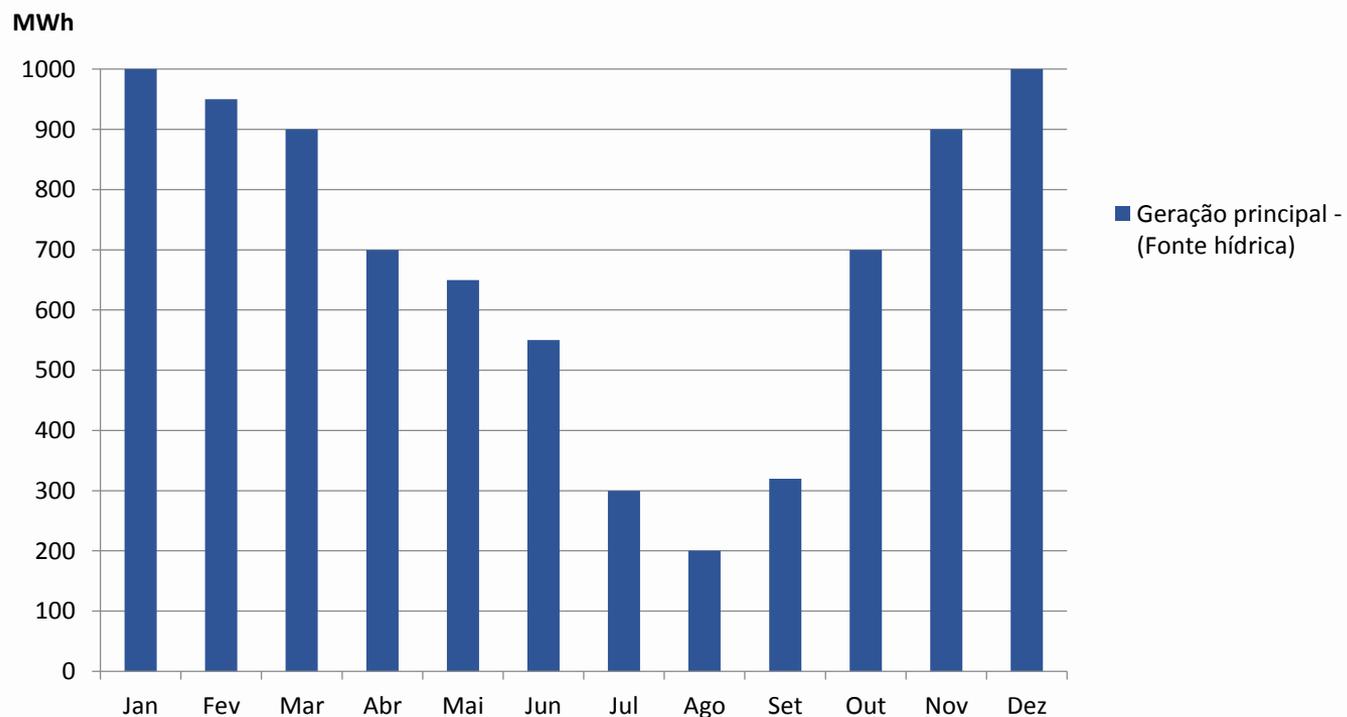
Sisema



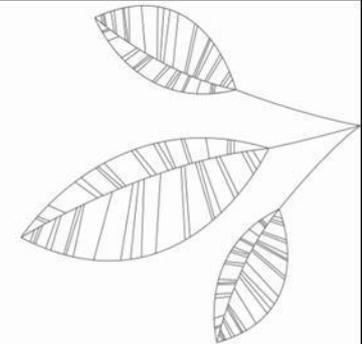
CONTEXTUALIZAÇÃO: Complementaridade



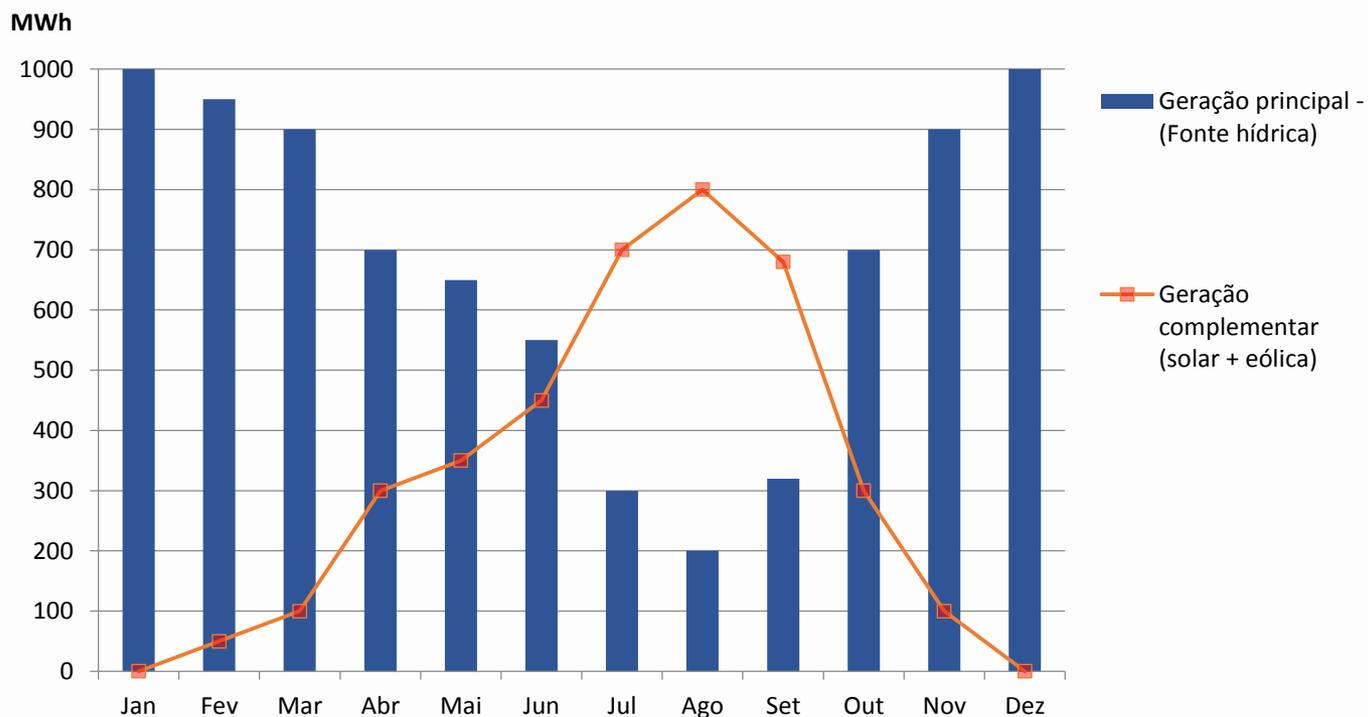
- INTRODUÇÃO
- OBJETIVOS
- JUSTIFICATIVA
- **CONTEXTUALIZAÇÃO**
- METODOLOGIA
- RESULTADOS
- DISCUSSÕES
- BENEFÍCIOS DO PROJETO
- PRODUTOS ESPERADOS



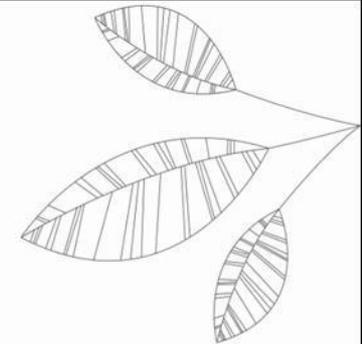
CONTEXTUALIZAÇÃO: Complementaridade



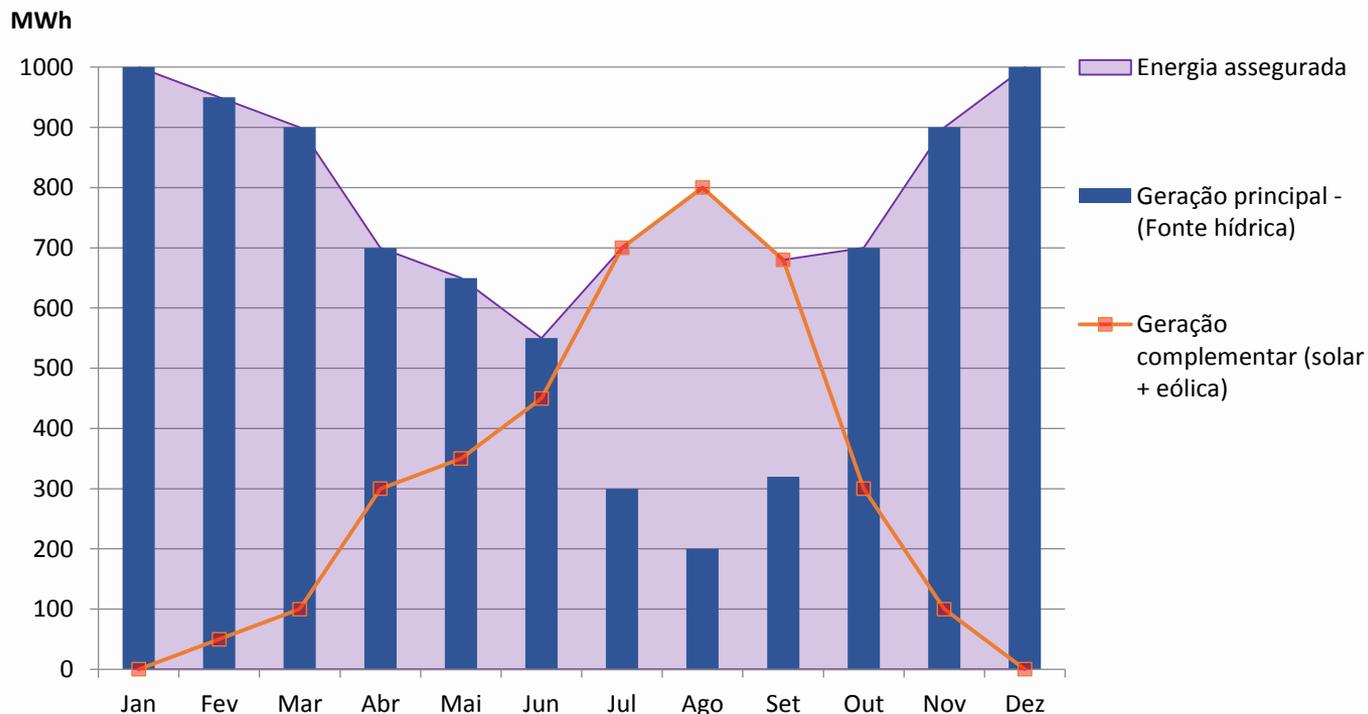
- INTRODUÇÃO
- OBJETIVOS
- JUSTIFICATIVA
- **CONTEXTUALIZAÇÃO**
- METODOLOGIA
- RESULTADOS
- DISCUSSÕES
- BENEFÍCIOS DO PROJETO
- PRODUTOS ESPERADOS



CONTEXTUALIZAÇÃO: Complementaridade



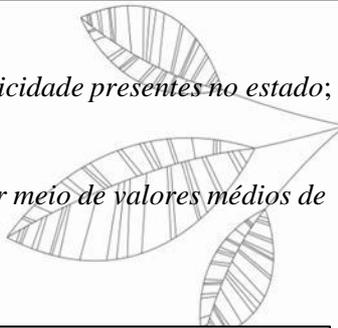
- INTRODUÇÃO
- OBJETIVOS
- JUSTIFICATIVA
- **CONTEXTUALIZAÇÃO**
- METODOLOGIA
- RESULTADOS
- DISCUSSÕES
- BENEFÍCIOS DO PROJETO
- PRODUTOS ESPERADOS



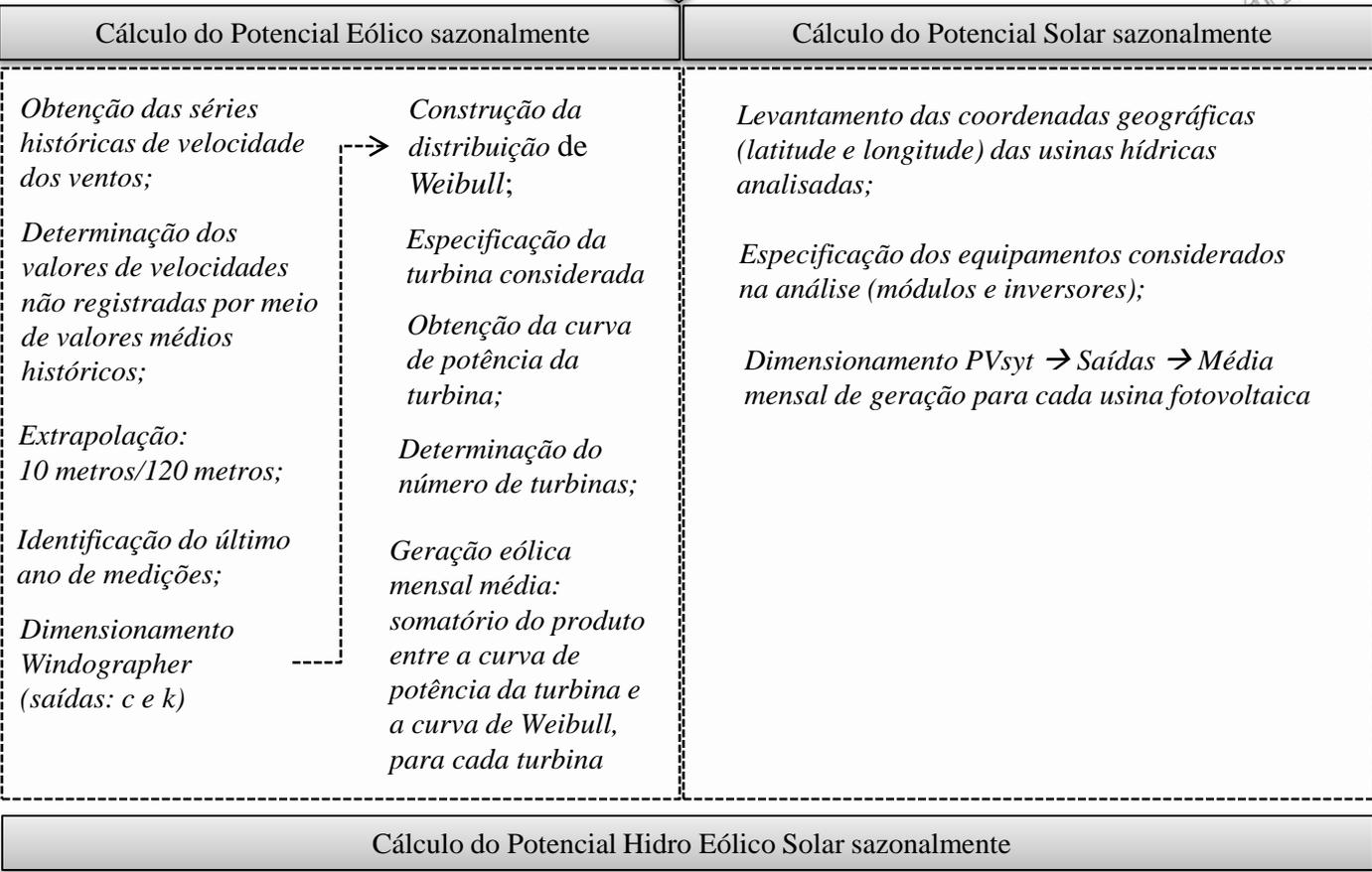
METODOLOGIA

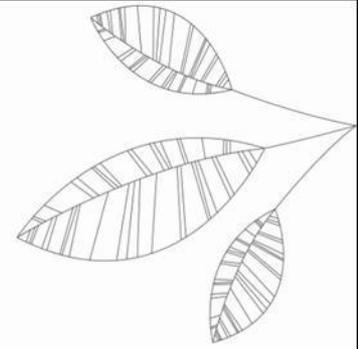


- ✓ *Inventário das usinas baseadas em hidroeletricidade presentes no estado;*
- ✓ *Obtenção das séries históricas de geração;*
- ✓ *Determinação da geração hídrica sazonal por meio de valores médios de geração.*



- INTRODUÇÃO
- OBJETIVOS
- JUSTIFICATIVA
- CONTEXTUALIZAÇÃO
- **METODOLOGIA**
- RESULTADOS
- DISCUSSÕES
- BENEFÍCIOS DO PROJETO
- PRODUTOS ESPERADOS

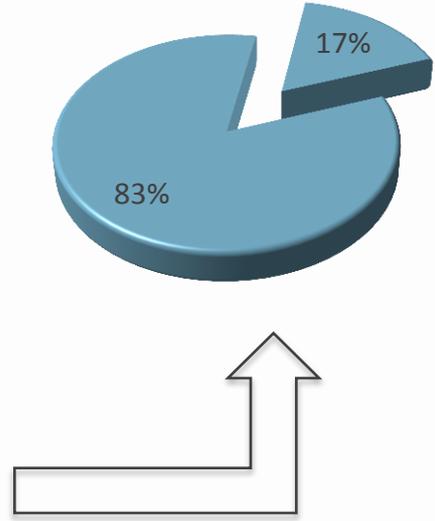
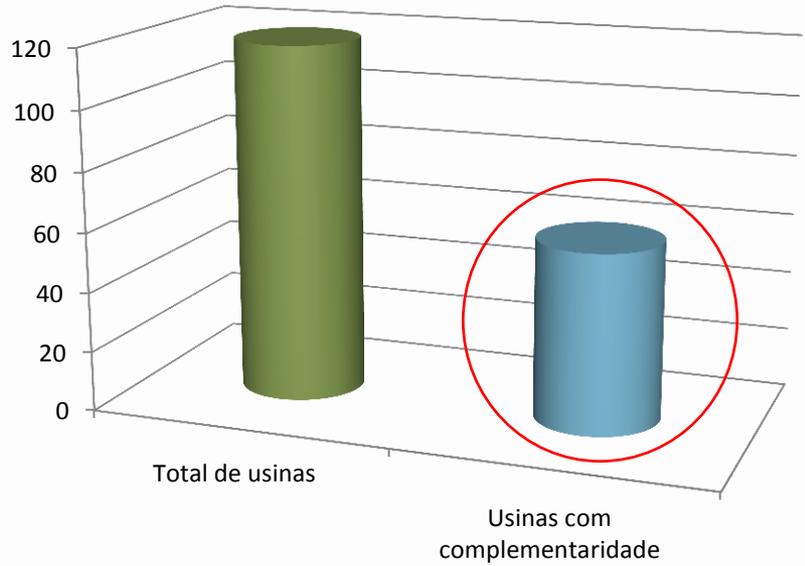




P&D 01 – RESULTADOS

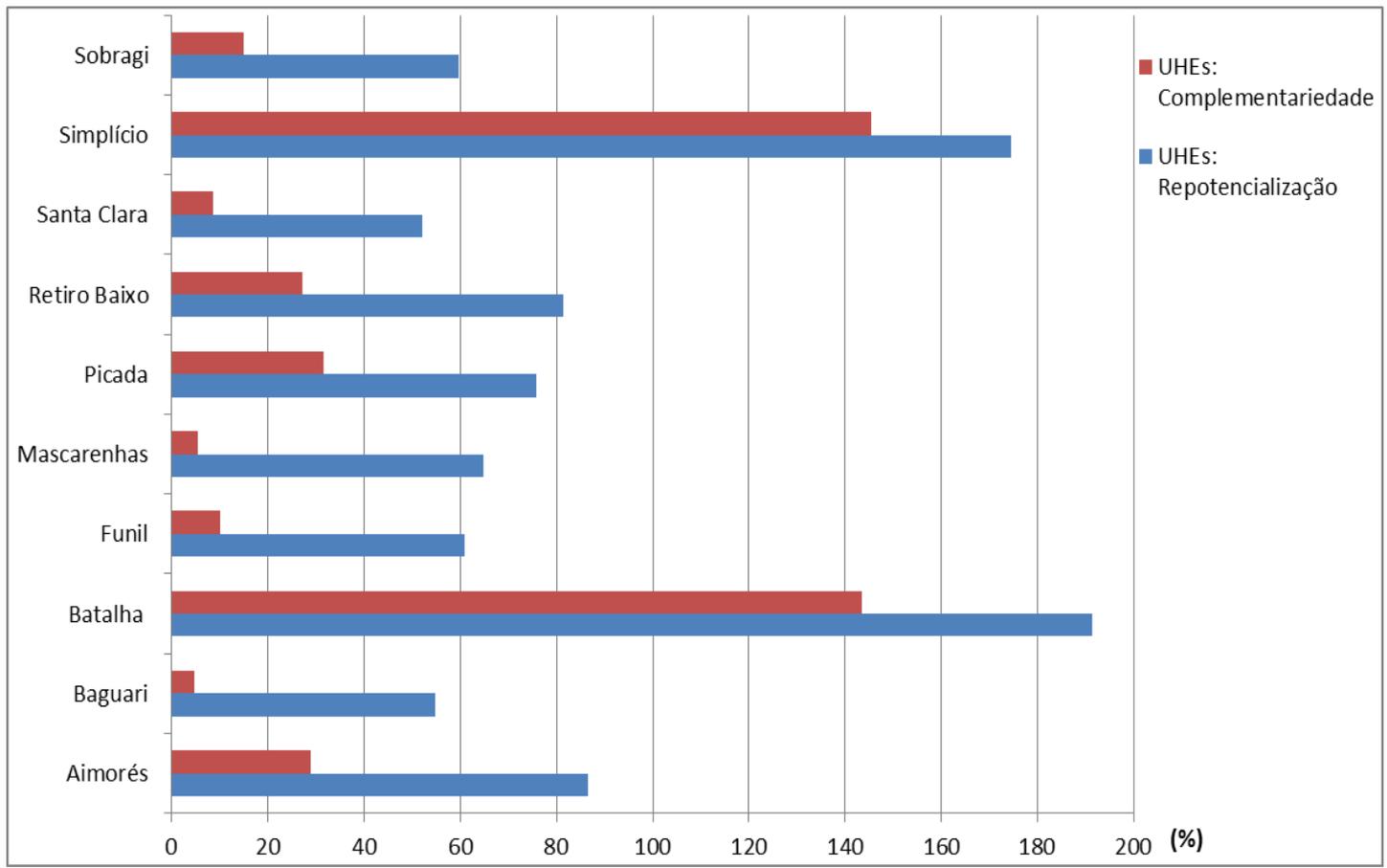
Distribuição das usinas que apresentaram complementaridade em seus perfis de geração

Usinas avaliadas (Total) → 119 usinas → 41 UHEs e 78 PCHs;
UHEs → 10 usinas (cerca de 24.39%) apresentaram complementaridade;
PCHs → 50 usinas (cerca de 64.10%);
Total de usinas avaliadas → 60 delas (cerca de 50.42%) → valor de complementaridade diferente de zero.



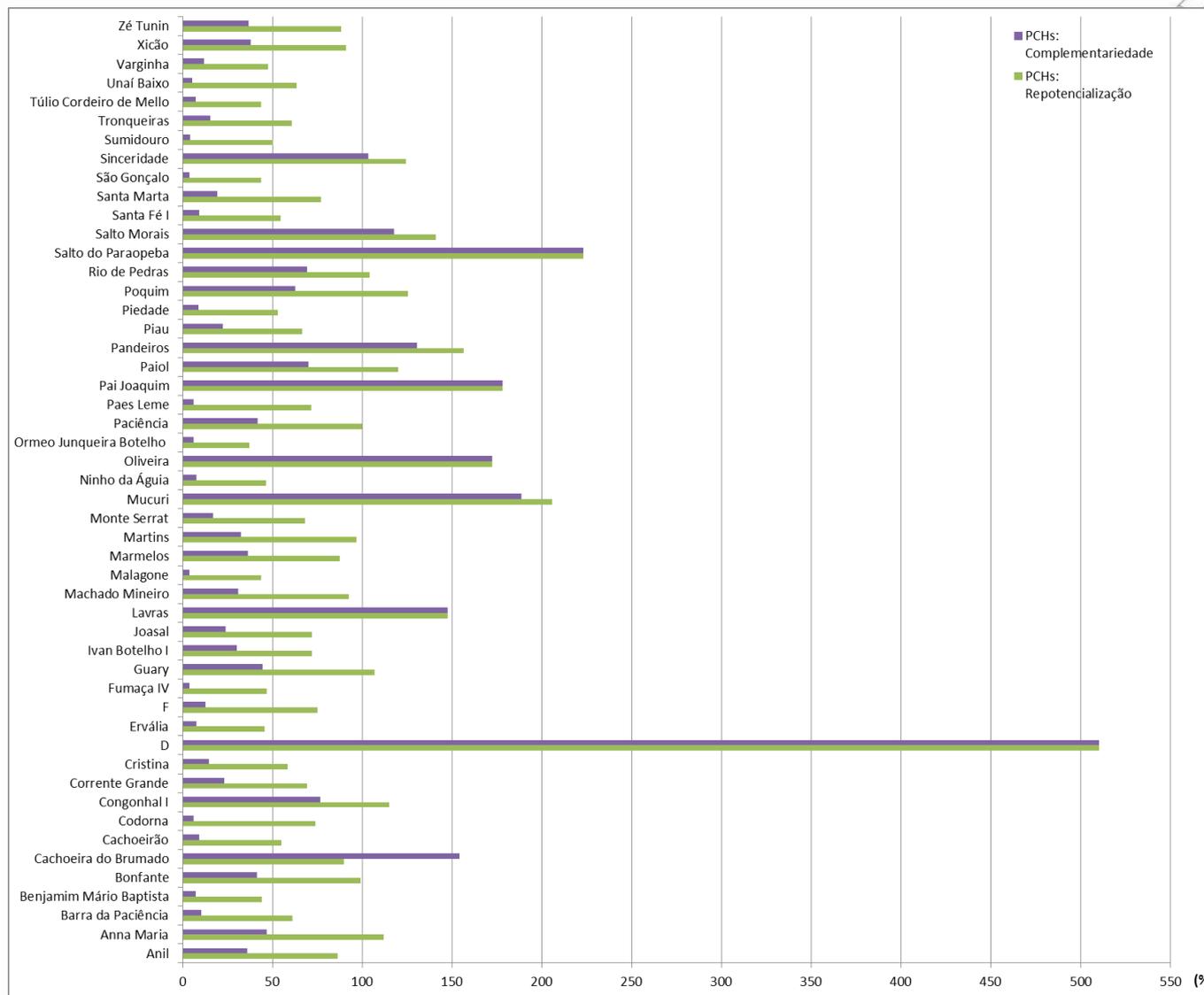
P&D 01 – RESULTADOS

Distribuição das usinas que apresentaram complementaridade em seus perfis de geração: UHEs

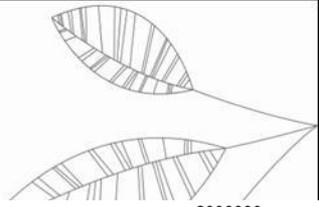


P&D 01 – RESULTADOS

Distribuição das usinas que apresentaram complementaridade em seus perfis de geração: PCHs



P&D 01 – RESULTADOS



Sistemas de referência:
 Mapa principal: Projeção: UTM
 Meridiano Central: - 60
 Projeção cônica conforme de Lambert
 Datum Horizontal: SAD 69

Escala Numérica
 1:7.600.000

Escala Gráfica
 0 80 160
 km

feam
FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE

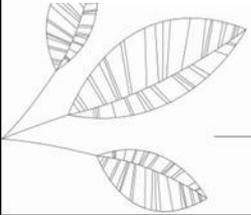
Fonte:
 Elaborado a partir de Agência Minas (2015)

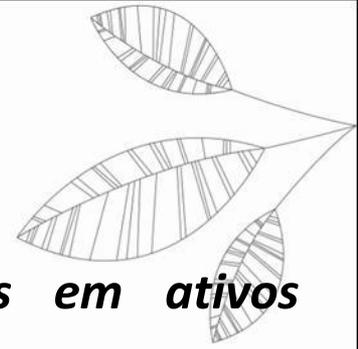
Sistemas de referência:
 Mapa principal: Projeção: UTM
 Meridiano Central: - 60
 Projeção cônica conforme de Lambert
 Datum Horizontal: SAD 69

Escala Numérica
 1:7.600.000

Escala Gráfica
 0 50 100 200
 km

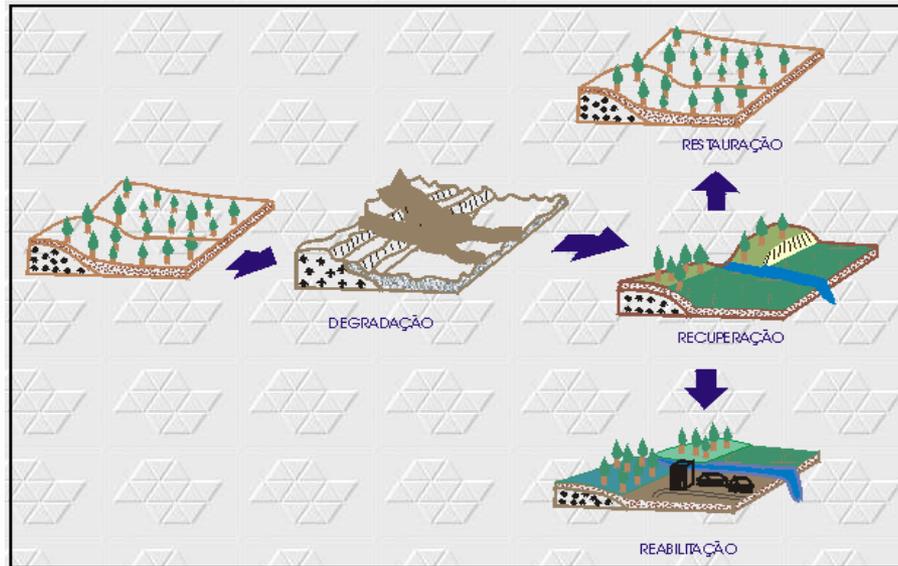
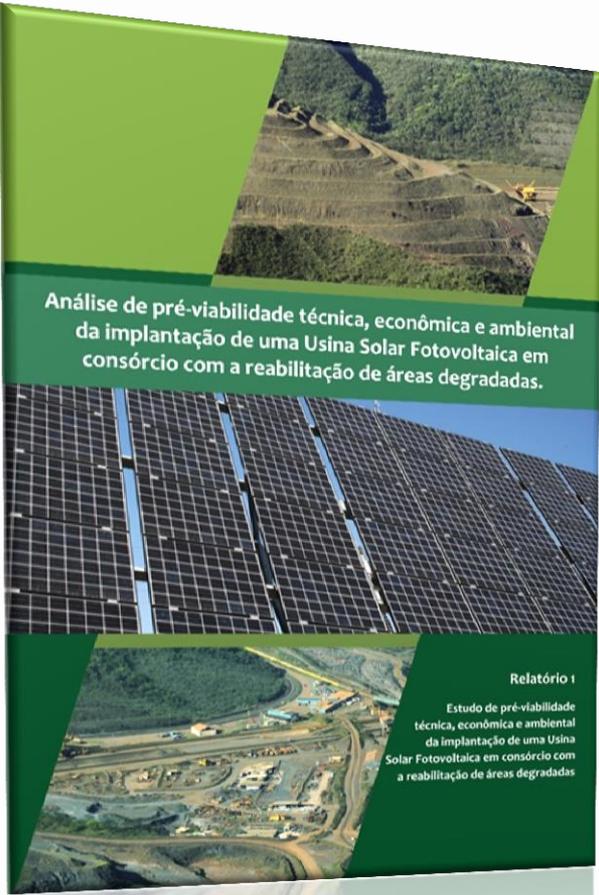
feam
FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE





P&D 02 – OBJETIVO GERAL

- ✓ *“Transformar passivos ambientais em ativos sociais”*
- ✓ A instalação de um projeto piloto de uma Usina Solar Fotovoltaica em consórcio com a reabilitação de áreas degradadas, fruto de uma parceria entre FEAM, CEMIG e Prefeituras.



P&D 02 – JUSTIFICATIVA

Arcabouço legal

- Lei Federal n. 9.478/1997 – “Política Energética Nacional”;
- Decreto Estadual Nº 46296 de 14/08/2013 - PMER;
- Lei Estadual 20849, “Lei Solar”, de 08/08/2013;

Panorama atual da geração elétrica

- Risco energético devido a baixa precipitação no estado;
- Necessidade de expansão e diversificação da matriz energética (Nacional/Estadual);

Ganhos ambientais

- Reabilitação de áreas degradadas (já recuperadas ou em processo de recuperação);
- Redução de emissões de GEE's.

Ganhos econômicos

- Comercialização de eletricidade, por meio da compensação de energia ou venda em leilões.
- Geração de empregos e renda locais;

Viabilidade técnica

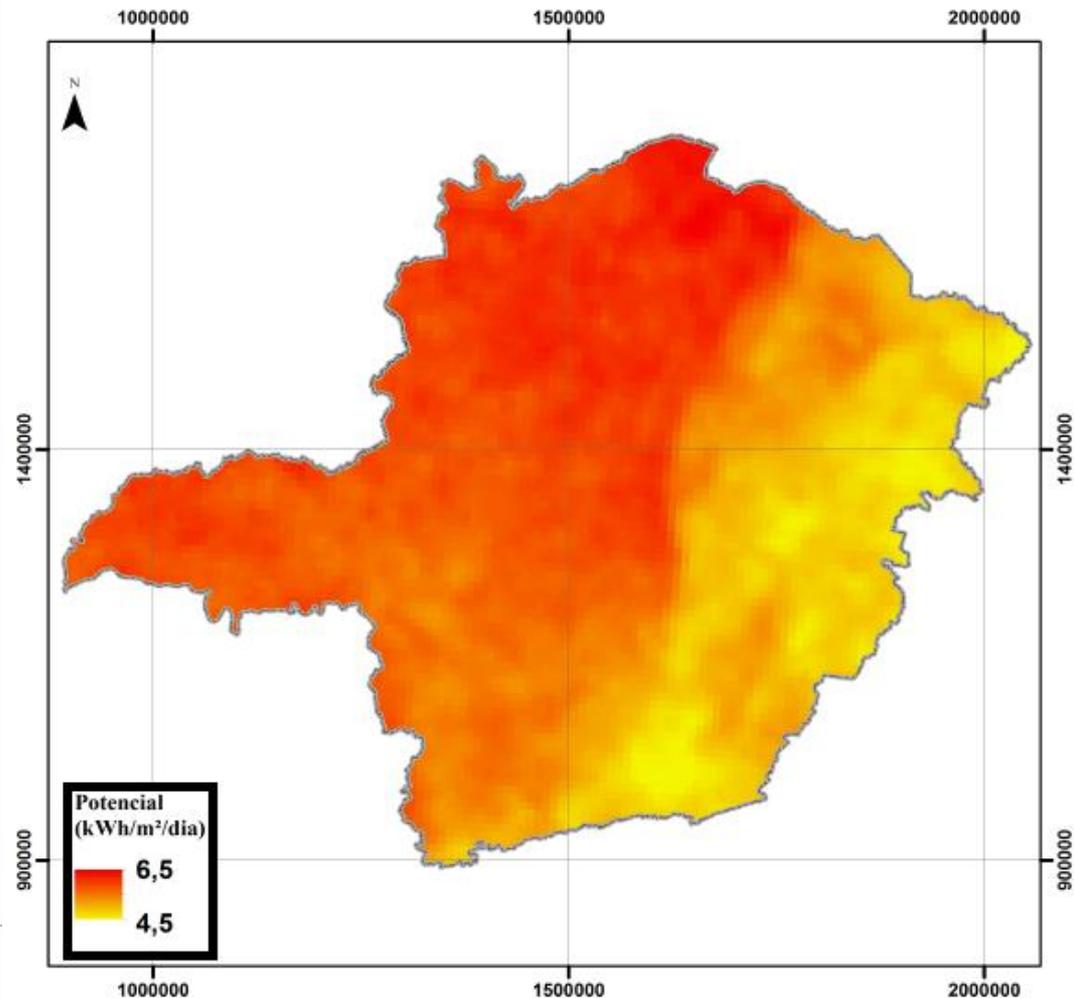
- Altos índices de radiação solar incidente (em média superiores a 5,5 kWh/m².dia);
- Geração distribuída (GD) → melhora na qualidade da energia.

P&D 02 – CONTEXTUALIZAÇÃO



Vasto potencial disponível:

- ✓ Radiação solar direta normal diária média anual entre **5,5 e 6,5 kWh/m².dia**.
- ✓ Radiação solar direta anual de **2.700 kWh/m²** no verão e de cerca de **2.200 – 2.400 kWh/m²**, em bases anuais (médias).



P&D 02 – CONTEXTUALIZAÇÃO

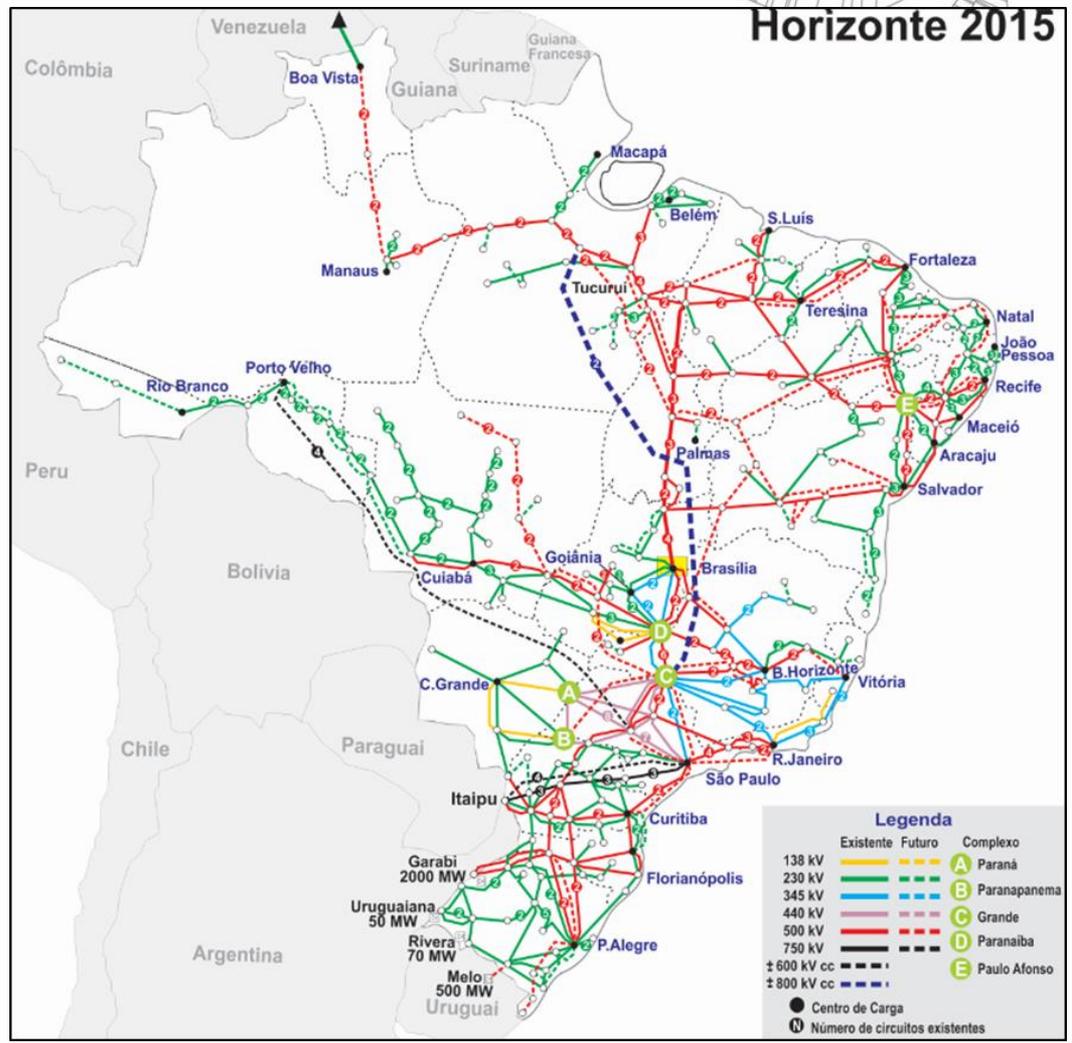
DOIS AMBIENTES DE CONTRATAÇÃO



CONVIVÊNCIA ENTRE MERCADO COMPETITIVO E MERCADO REGULADO

COMPENSAÇÃO - RES. ANEEL nº 482/2012

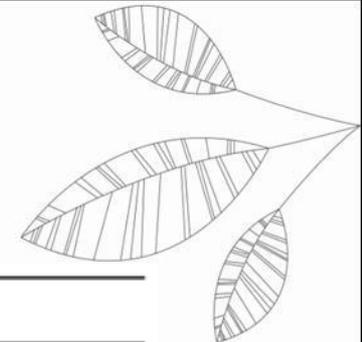
A energia injetada por unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída é cedida à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica dessa mesma unidade consumidora ou de outra unidade de mesma titularidade (CNPJ ou CPF), ou na fatura do mês subsequente.



Sisema

Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

P&D 02 – ESTIMATIVA DE CUSTOS



MÉDIA DE CUSTOS NIVELADOS (2012 US\$/MWh) PARA PLANTAS ENTRANDO EM OPERAÇÃO EM 2019

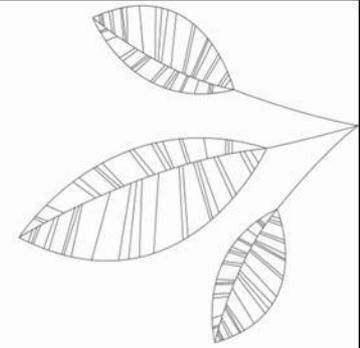
Tipo de planta	Fator de capacidade (%)	Custo de investimento nivelado (US\$/MWh)	Custos fixos de O&M (US\$/MWh)	Custos variáveis de O&M (incluindo combustíveis)(US\$/MWh)	Investimento em transmissão (US\$/MWh)	LEC total
UTE Carvão convencional	85	60	4,2	30,2	1,2	95,6
UTE Nuclear	90	71,4	11,8	11,8	1,1	96,1
UTE Geotérmico	92	34,2	12,2	0	1,4	47,9
UTE Biomassa	83	47,4	14,5	39,5	1,2	102,6
Eólica	35	64,1	13	0	3,2	80,3
Eólica offshore	37	175,4	22,6	0	5,8	204,1
Solar fotovoltaica	25	114,5	11,4	0	4,1	130
Solar térmica	20	195	42,1	0	6	243,1
Hidrelétrica	53	72	4,1	6,4	2	84,5

Tabela 1: Estimativa de Custos Nivelados das novas fontes de geração de energia

Fonte: Energy Information Administration (EIA).



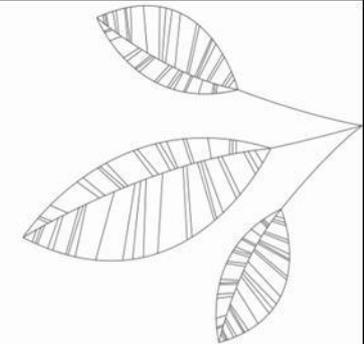
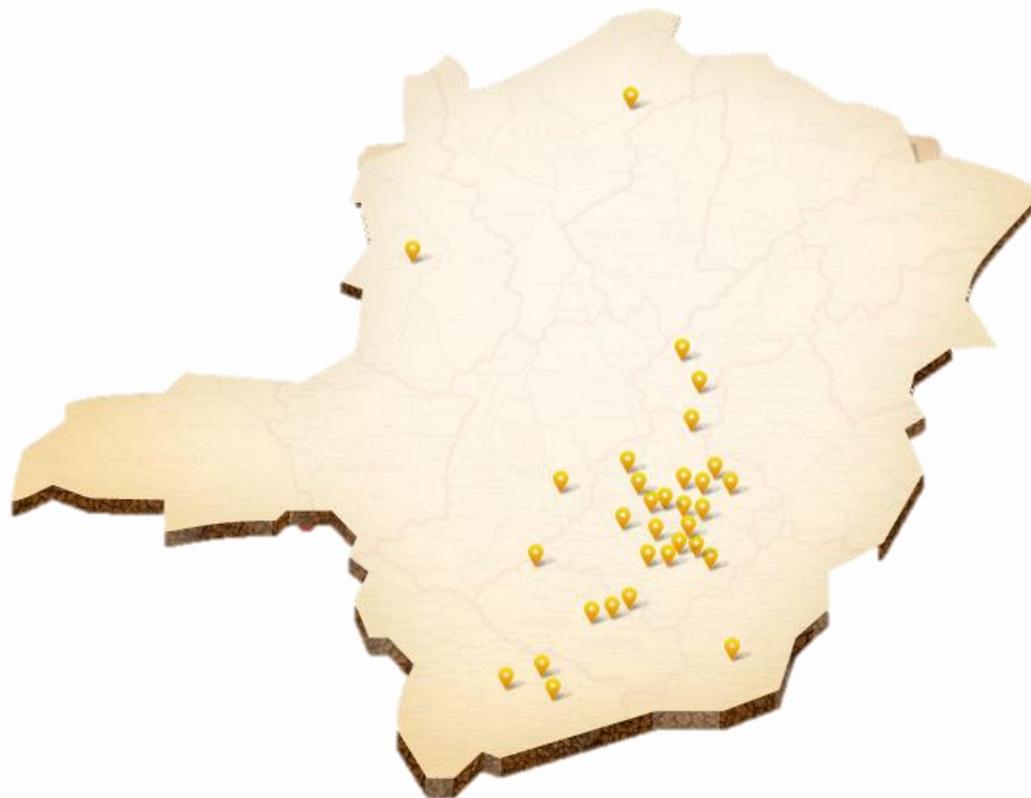
P&D 02 – PROPOSTA DE CIDADE PILOTO



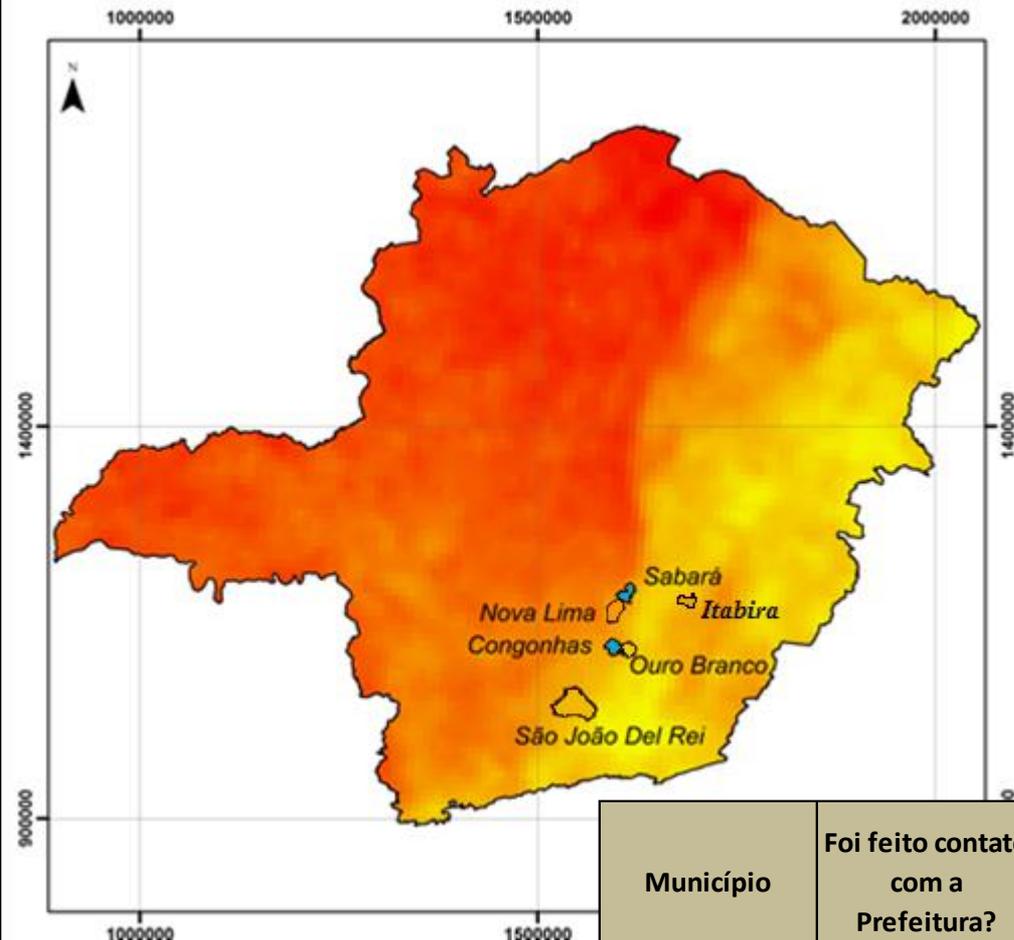
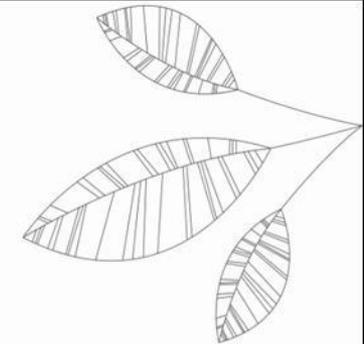
- O Projeto pretende analisar a viabilidade da instalação de Usina Solar Fotovoltaica em uma **área contaminada** ou **uma área degradada**, como uma região já minerada, em município mineiro a ser definido.
- Busca-se o interesse de prefeituras municipais, com os seguintes requisitos:
 - ✓ Municípios próximos à capital, em um raio de até 200 km;
 - ✓ Localização dentro do quadrilátero ferrífero, ou seja, utilizadas para mineração;
 - ✓ Potencial turístico, no intuito de dar visibilidade ao projeto e projeção à iniciativa, galgando a disseminação desta ideia dentre todos os municípios do Estado.



PROPOSTA DE CIDADE PILOTO



CARACTERÍSTICAS DO MUNICÍPIO

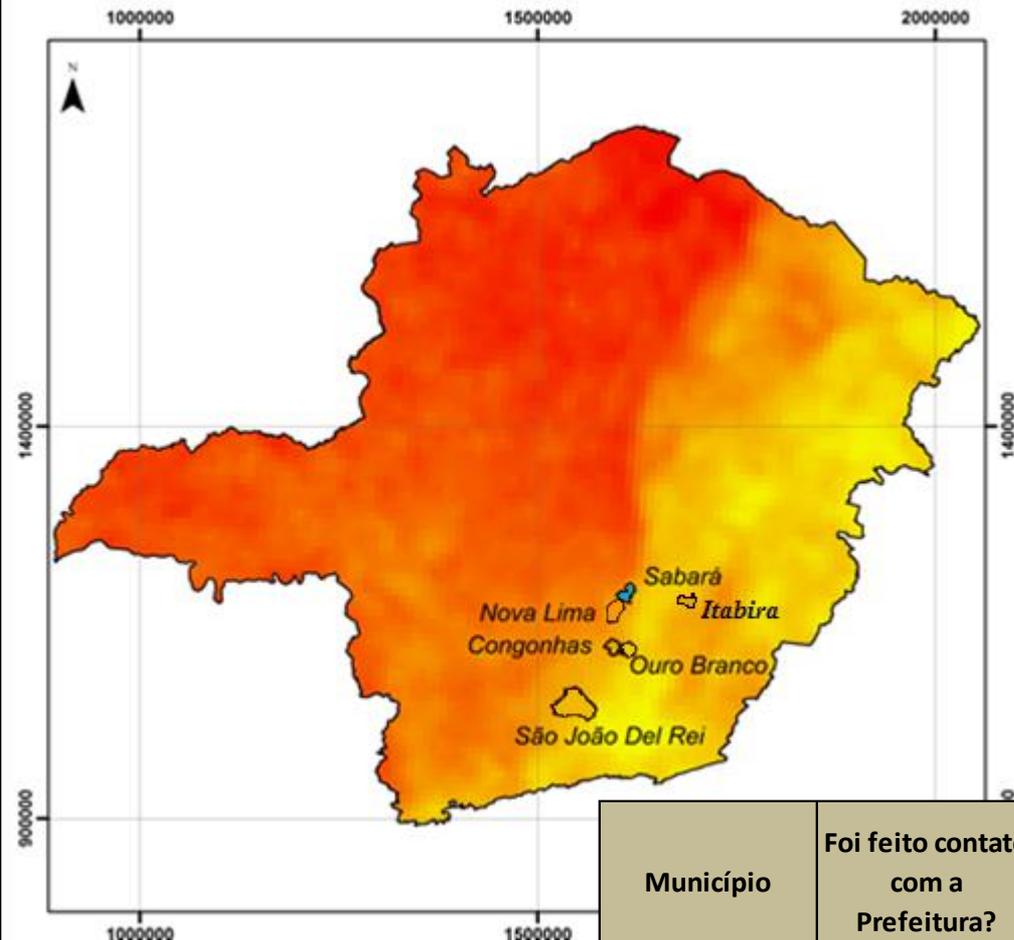
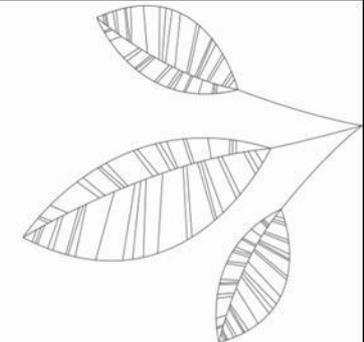


Município	Irradiação Global Mínima (kWh/m ² /dia)	Irradiação Global Máxima (kWh/m ² /dia)	Irradiação Global Média (kWh/m ² /dia)
Congonhas	3.87	6.14	5.19
Sabará	3.88	6.63	5.34
São João Del Rei	3.66	6.68	5.17
Nova Lima	3.94	6.70	5.26
Ouro Branco	3.74	6.58	5.11
Itabira	3.48	6.31	5.11

Município	Foi feito contato com a Prefeitura?	Foi apresentado o projeto?	Houve interesse da Prefeitura?	Foram enviados os dados solicitados à Prefeitura?	Atende aos requisitos do projeto?
Congonhas	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Sabará	Sim	Sim	Sim	Não	-
São João Del Rei	Sim	Sim	Sim	Não	-
Nova Lima	Sim	Sim	Sim	Não	-
Ouro Branco	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Itabira	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim



CARACTERÍSTICAS DO MUNICÍPIO

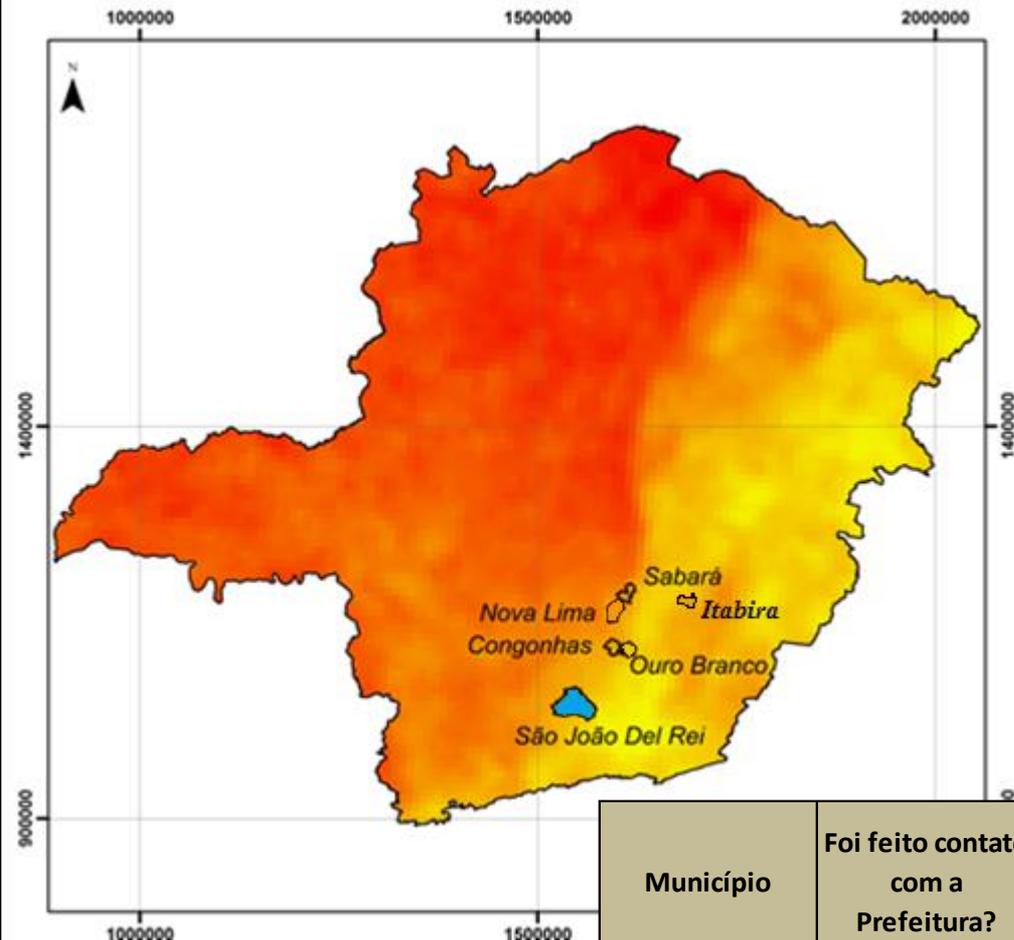
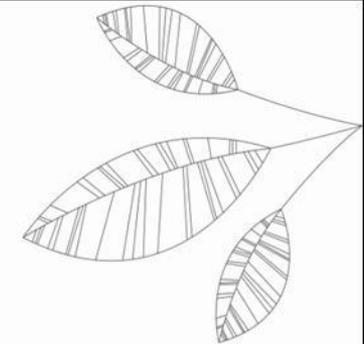


Município	Irradiação Global Mínima (kWh/m ² /dia)	Irradiação Global Máxima (kWh/m ² /dia)	Irradiação Global Média (kWh/m ² /dia)
Congonhas	3.87	6.14	5.19
Sabará	3.88	6.63	5.34
São João Del Rei	3.66	6.68	5.17
Nova Lima	3.94	6.70	5.26
Ouro Branco	3.74	6.58	5.11
Itabira	3.48	6.31	5.11

Município	Foi feito contato com a Prefeitura?	Foi apresentado o projeto?	Houve interesse da Prefeitura?	Foram enviados os dados solicitados à Prefeitura?	Atende aos requisitos do projeto?
Congonhas	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Sabará	Sim	Sim	Sim	Não	-
São João Del Rei	Sim	Sim	Sim	Não	-
Nova Lima	Sim	Sim	Sim	Não	-
Ouro Branco	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Itabira	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim



CARACTERÍSTICAS DO MUNICÍPIO

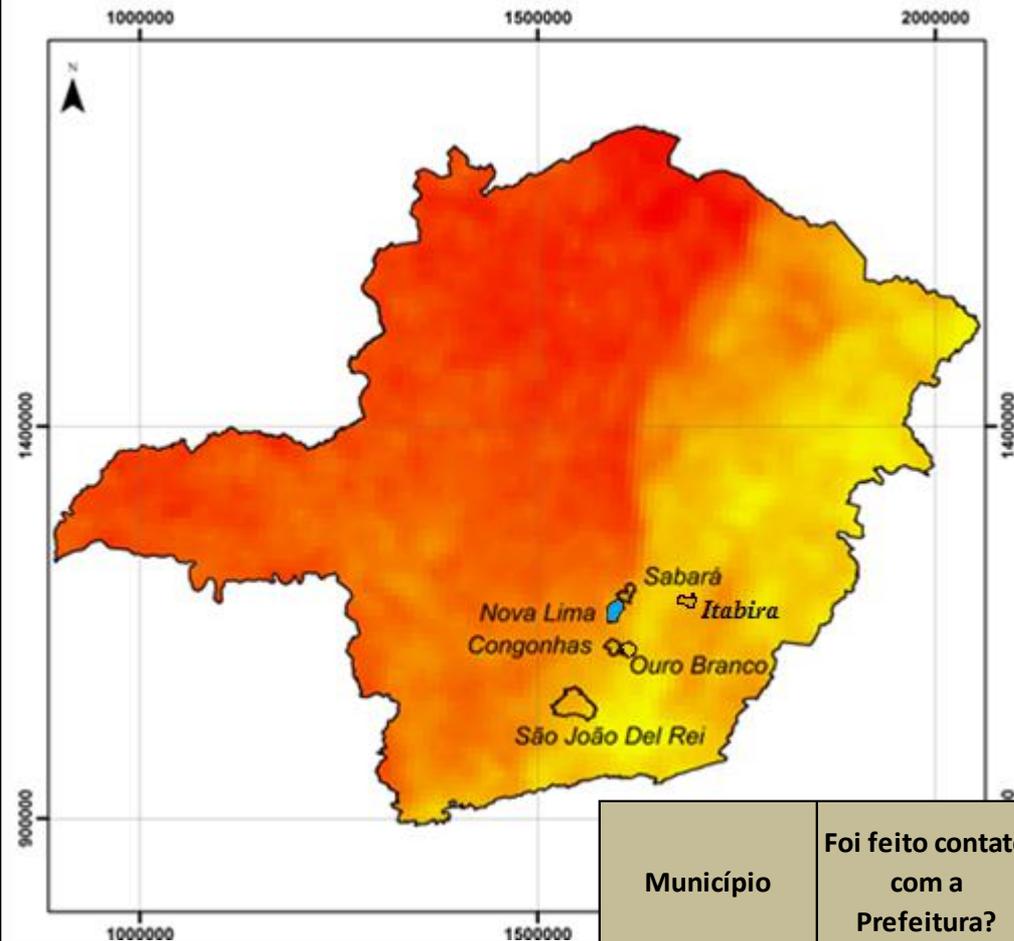
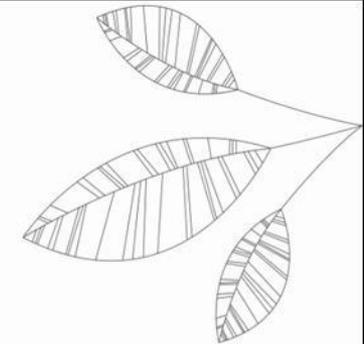


Município	Irradiação Global Mínima (kWh/m ² /dia)	Irradiação Global Máxima (kWh/m ² /dia)	Irradiação Global Média (kWh/m ² /dia)
Congonhas	3.87	6.14	5.19
Sabará	3.88	6.63	5.34
São João Del Rei	3.66	6.68	5.17
Nova Lima	3.94	6.70	5.26
Ouro Branco	3.74	6.58	5.11
Itabira	3.48	6.31	5.11

Município	Foi feito contato com a Prefeitura?	Foi apresentado o projeto?	Houve interesse da Prefeitura?	Foram enviados os dados solicitados à Prefeitura?	Atende aos requisitos do projeto?
Congonhas	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Sabará	Sim	Sim	Sim	Não	-
São João Del Rei	Sim	Sim	Sim	Não	-
Nova Lima	Sim	Sim	Sim	Não	-
Ouro Branco	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Itabira	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim



CARACTERÍSTICAS DO MUNICÍPIO

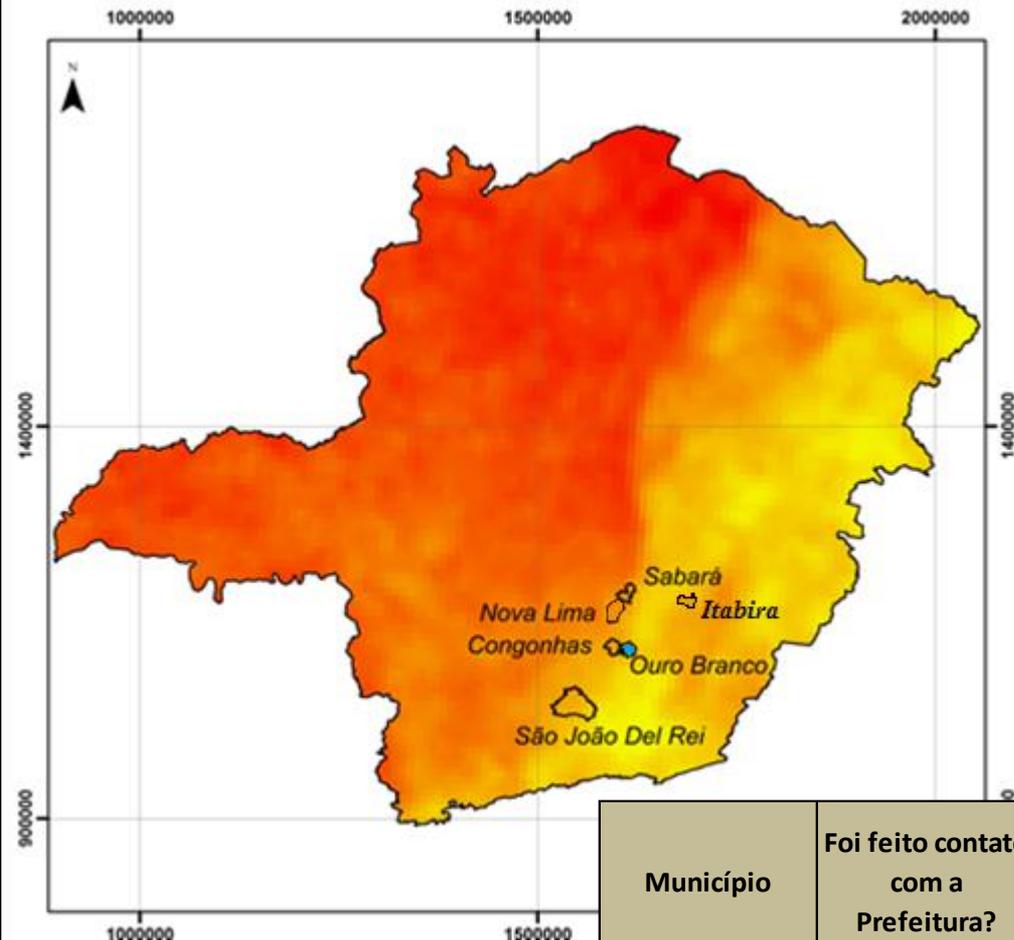
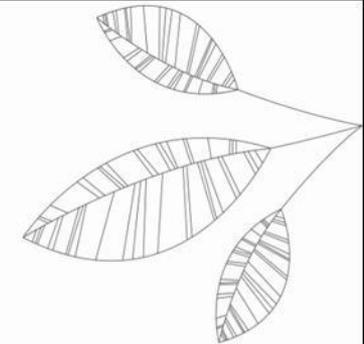


Município	Irradiação Global Mínima (kWh/m ² /dia)	Irradiação Global Máxima (kWh/m ² /dia)	Irradiação Global Média (kWh/m ² /dia)
Congonhas	3.87	6.14	5.19
Sabará	3.88	6.63	5.34
São João Del Rei	3.66	6.68	5.17
Nova Lima	3.94	6.70	5.26
Ouro Branco	3.74	6.58	5.11
Itabira	3.48	6.31	5.11

Município	Foi feito contato com a Prefeitura?	Foi apresentado o projeto?	Houve interesse da Prefeitura?	Foram enviados os dados solicitados à Prefeitura?	Atende aos requisitos do projeto?
Congonhas	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Sabará	Sim	Sim	Sim	Não	-
São João Del Rei	Sim	Sim	Sim	Não	-
Nova Lima	Sim	Sim	Sim	Não	-
Ouro Branco	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Itabira	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim



CARACTERÍSTICAS DO MUNICÍPIO

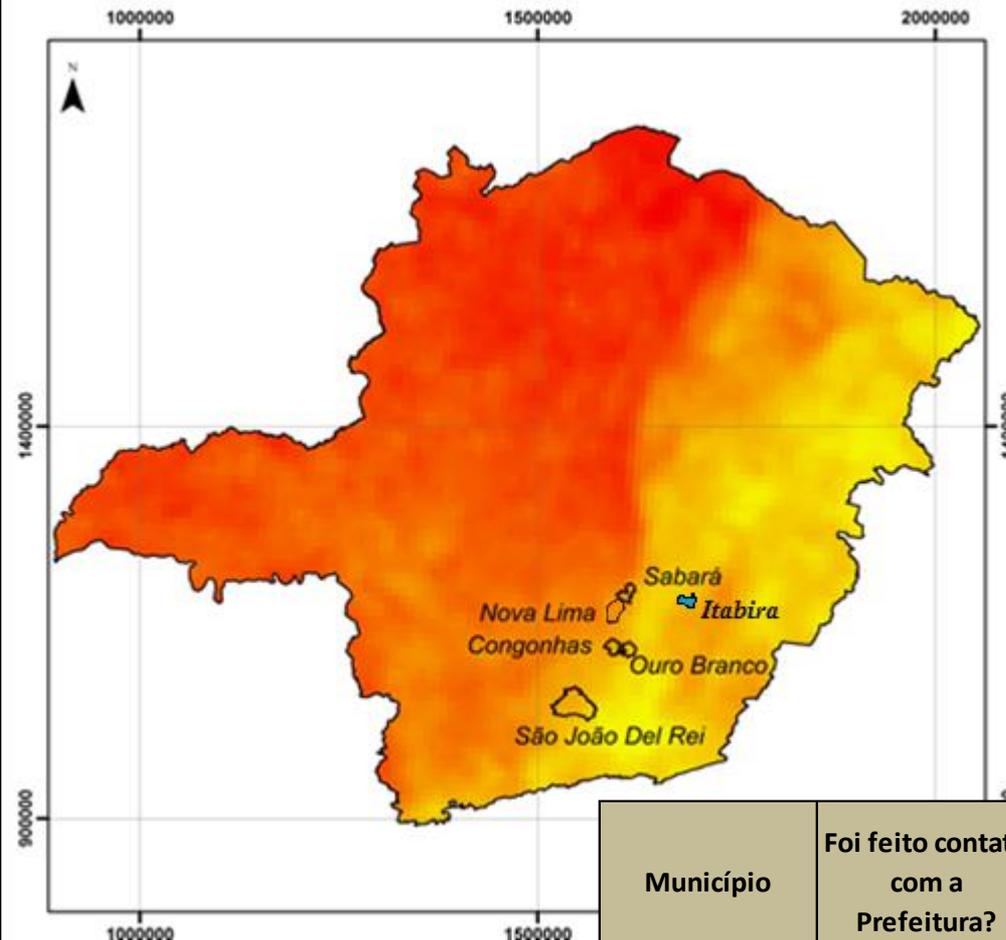
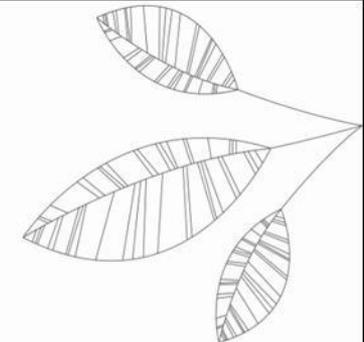


Município	Irradiação Global Mínima (kWh/m ² /dia)	Irradiação Global Máxima (kWh/m ² /dia)	Irradiação Global Média (kWh/m ² /dia)
Congonhas	3.87	6.14	5.19
Sabará	3.88	6.63	5.34
São João Del Rei	3.66	6.68	5.17
Nova Lima	3.94	6.70	5.26
Ouro Branco	3.74	6.58	5.11
Itabira	3.48	6.31	5.11

Município	Foi feito contato com a Prefeitura?	Foi apresentado o projeto?	Houve interesse da Prefeitura?	Foram enviados os dados solicitados à Prefeitura?	Atende aos requisitos do projeto?
Congonhas	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Sabará	Sim	Sim	Sim	Não	-
São João Del Rei	Sim	Sim	Sim	Não	-
Nova Lima	Sim	Sim	Sim	Não	-
Ouro Branco	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Itabira	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim



CARACTERÍSTICAS DO MUNICÍPIO



Município	Irradiação Global Mínima (kWh/m ² /dia)	Irradiação Global Máxima (kWh/m ² /dia)	Irradiação Global Média (kWh/m ² /dia)
Congonhas	3.87	6.14	5.19
Sabará	3.88	6.63	5.34
São João Del Rei	3.66	6.68	5.17
Nova Lima	3.94	6.70	5.26
Ouro Branco	3.74	6.58	5.11
Itabira	3.48	6.31	5.11

Município	Foi feito contato com a Prefeitura?	Foi apresentado o projeto?	Houve interesse da Prefeitura?	Foram enviados os dados solicitados à Prefeitura?	Atende aos requisitos do projeto?
Congonhas	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Sabará	Sim	Sim	Sim	Não	-
São João Del Rei	Sim	Sim	Sim	Não	-
Nova Lima	Sim	Sim	Sim	Não	-
Ouro Branco	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Itabira	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim



METODOLOGIA

Levantamento do Estado da Arte das tecnologias para sistemas fotovoltaicos;



Sondagem do interesse de municípios para a implantação do projeto piloto;

- ✓ *Levantamento das coordenadas geográficas (latitude e longitude) das áreas degradadas nos municípios propostos;*
- ✓ *Especificação dos equipamentos considerados na análise (módulos e inversores);*
- ✓ *Análise de pré-viabilidade econômica;*
- ✓ *Apresentação dos potenciais Impactos Ambientais.*



Consolidação do município parceiro e da área escolhida;



Articulação de parcerias para implantação do projeto-piloto.

PROJETO PILOTO



- NÚMERO DE MÓDULOS – 2300 unidades
- POTÊNCIA– 0,5 MW
- EMISSÕES EVITADAS tCO₂ – 1.507
- kgCO₂/R\$ INVESTIDO - 0,603
- CUSTO - R\$ 2,5 milhões



P&D 02 – BENEFÍCIOS DO PROJETO



- 1. Conscientização ambiental quanto ao uso dos recursos naturais e de fontes alternativas de energia;*
- 2. Mitigação de impactos (resíduos sólidos e mineração)*

- 1. Geração de emprego e renda;*
- 2. Maior circulação de moeda e aquecimento do comércio local.*

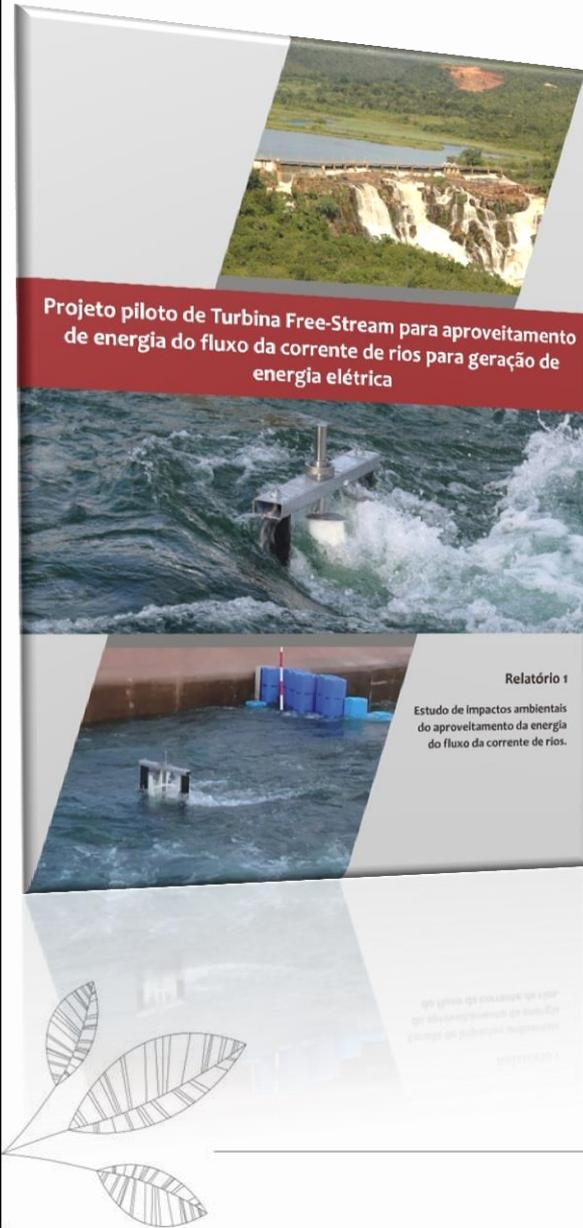
- 1. Expansão do uso de energia renovável na matriz energética do e Minas Gerais;*
- 2. Melhoramento na qualidade da energia (redução de perdas);*
- 3. Marketing institucional e projeção estadual/nacional/internacional do município;*



P&D 03 – OBJETIVO GERAL

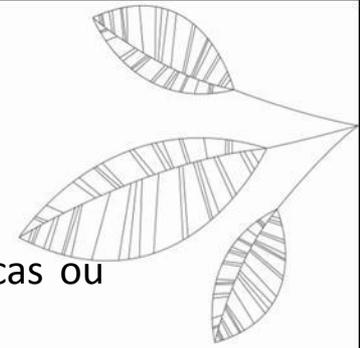


- ✓ **Alternativas para Geração distribuida e sistemas isolados**
- ✓ Identificar e quantificar o potencial hidrocínético dos principais corpos hídricos de Minas Gerais, assim como analisar as condições ambientais dos locais selecionadas, com o intuito de viabilizar a posterior implantação de turbinas hidrocínéticas no estado.

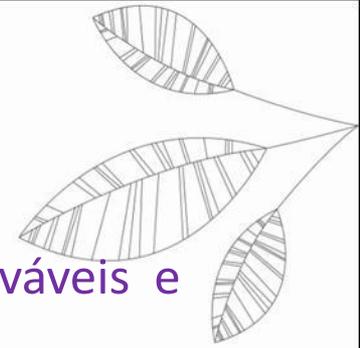


P&D 03 – CONTEXTUALIZAÇÃO

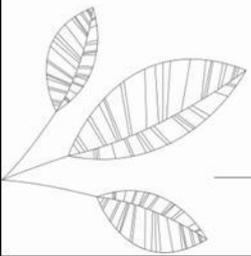
- ✓ O interesse pelas turbinas de água corrente, também chamadas de hidrocínéticas ou turbinas “*in-stream*”, têm crescido em muitas partes do mundo;
- ✓ Podem ser utilizadas para fins de geração de energia, principalmente nas correntes de marés e de rio;
- ✓ Dispensam a utilização de represa ou de uma barragem e, por isso, conseqüentemente, não é preciso interferir no curso natural dos rios;
- ✓ Podem ser instaladas em qualquer fluxo com velocidade superior a 0,5 m/s ;
- ✓ São uma solução para o fornecimento de energia em áreas remotas ou um substituto de baixo custo dos geradores a diesel;
- ✓ Contudo, podem ser afetadas por detritos, sedimentos, gelo de superfície e a dinâmica fluvial.



Propostas de novos P&D's - 2016



- Programa de Educação Ambiental sobre Energias Renováveis e uso racional dos recursos naturais para o Ensino Médio.
- Estudo para armazenamento de energia vinculado à fontes renováveis por meio de ar comprimido.
- Avaliação Ambiental Estratégica – Programa de geração de eletricidade por meio de fontes renováveis nos Territórios de Desenvolvimento do Estado de Minas Gerais.
- Programa Mineiro de Eficiência Energética.
- Atlas de Complementaridade Hidro Eólico Solar do Estado de Minas Gerais.





Sistema

Sistema Estadual de Meio Ambiente
e Recursos Hídricos

Obrigado!

wilson.filho@meioambiente.mg.gov.br