

Estudos Técnicos Visando o Licenciamento Ambiental de Usinas Solares Heliotérmicas no Estado de Minas Gerais

ESTUDOS DE ENERGIA
NOTA TÉCNICA Nº 1/2016
DIPA/FEAM

**ESTUDOS TÉCNICOS VISANDO O
LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE USINAS
SOLARES HELIOTÉRMICAS NO ESTADO DE
MINAS GERAIS**

**ESTUDOS DE ENERGIA
NOTA TÉCNICA Nº 1/2016**

Diretoria de Instrumentos de Gestão e Planejamento Ambiental
Fundação Estadual do Meio Ambiente

Belo Horizonte

ESTUDOS TÉCNICOS VISANDO O LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE USINAS SOLARES HELIOTÉRMICAS NO ESTADO DE MINAS GERAIS	Belo Horizonte	N 3	p.3-93	Out 2016
---	----------------	-----	--------	----------



© 2016 Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM

É permitida a reprodução desde que seja citada a fonte.

Governo do Estado de Minas Gerais
Fernando Damata Pimentel - Governador

Secretaria do Estado do Meio Ambiente
e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD
Jairo José Isaac - Secretário

Disponibilização Online

Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM
Rodrigo de Melo Teixeira – Presidente

Diretoria de Instrumentos de gestão e Planejamento Ambiental - DIPA
Antônio Henrique dos Santos - Diretor

Redação:
Wemerson Rocha Ferreira
Wilson Pereira Barbosa Filho (Coordenador)

Rodovia Papa João Paulo II, 4143 – 1º andar -Bairro Serra Verde - Belo Horizonte -
Minas Gerais
Brasil - CEP: 31630-900
Home page: <http://www.feam.br>

F981e

Fundação Estadual do Meio Ambiente.

Estudos técnicos visando o licenciamento ambiental de usinas
solares heliotérmicas no estado de Minas Gerais. --- Belo Horizonte:
FEAM, 2016.

90p.; il.

FEAM – DIPA - Nota técnica 1/2016.

1. Energia solar. 2. Usina heliotérmica. 3. Geração de energia.
Licenciamento ambiental – Minas Gerais. I. Título.

CD U: 620.91 :504.5 (815.1)



LISTA DE SIGLAS

CSP – Concentrated Solar Power

SEGS - Solar Energy Generating Systems

EUA - Estados Unidos da América

ASES - American Solar Energy Society

PSA - Plataforma Solar de Almería

P&D - Pesquisa e Desenvolvimento

CIEMAT - Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas

SSPS - Small Solar Power Systems

DCS - Distributed Collector System

CPV - Concentrated Photo Voltaic

ISCCS - Integrated Solar Combined Cycle Systems

IEA- International Energy Agency

IRENA - International Renewable Energy Agency

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente

NBR - Norma Brasileira

PTS - Partículas Totais em Suspensão

AIE - Agência Internacional de Energia

IEA - International Energy Agency

WCC - Water-cooled Condenser

ACC - Air-cooled Condenser

DER - Departamento de Estradas de Rodagem

LED - light emitting diode

ABINEE - Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica

DNI - Direct Normal Irradiance

SIN - Sistema Interligado Nacional

EIA - Estudo de Impacto Ambiental

RIMA - Relatório de Impacto Ambiental

Semad – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

Proinfa – Programa de Incentivo às Fontes Alternativas



LISTA DE SÍMBOLOS

CO_{2eq} – Equivalente de Dióxido de Carbono

tEP – tonelada equivalente de petróleo

km – Quilômetro

km² – Quilômetro quadrado

kg/m³ – Quilograma por metro cúbico

kW – Quilowatt

m – Metro

m² - Metros quadrados

m³ - Metros cúbicos

m/s – Metros por segundo

m³/s – Metros cúbicos por segundo

W - watt

W/m² – Watt por metro quadrado

kW - Quilowatt

MW – Megawatt

MW_{médios} – Megawatt médios

MW_t – Megawatt térmico

MW_e - Megawatt elétrico

MWh – Megawatt-hora

MW/km² – Megawatt por quilômetro quadrado

GW - Gigawatt

GWh – Gigawatt-hora

TWh – Terawatt-hora

R\$/MWh – Real por Megawatt-hora

rpm – Rotações por minuto

dB – Decibéis

L - Litros

Gt - Gigatoneladas

US\$ - Dólar americano



LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1: Atlas Solarimétrico do Brasil</i>	13
<i>Figura 2: Radiação Solar Direta Normal Diária Média Anual em Minas Gerais.....</i>	14
<i>Figura 3: Sistema de Torre Solar</i>	21
<i>Figura 4: Sistema de Canal Parabólico</i>	23
<i>Figura 5: Sistema Refletor Linear Fresnel.....</i>	25
<i>Figura 6: Sistema de Discos Parabólicos.....</i>	27
<i>Figura 7: Produção de energia com armazenamento térmico (dia ensolarado).....</i>	28
<i>Figura 8 Redução do custo com relação ao aumento da energia gerada.....</i>	32
<i>Figura 9: Previsão da capacidade instalada de CSP mundial.....</i>	39
<i>Figura 10: Histograma de distribuição de frequência das classes de potência instalada das heliotérmicas no mundo.....</i>	67



LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1: Empreendimentos de CSP no mundo em 2016.</i>	18
<i>Tabela 2: Faixas de temperatura de materiais usados para armazenamento térmico em heliotérmicas.</i>	30
<i>Tabela 3: Performance das tecnologias CSP.</i>	31
<i>Tabela 4: Cálculo do uso da terra por tecnologia heliotérmica das plantas em operação no mundo.</i>	36
<i>Tabela 5: Consumo de água em heliotérmicas.</i>	42
<i>Tabela 6: Quantidade de material requerida para produção de um sistema CSP de referência que utiliza calhas parabólicas com capacidade de 50MW e 7 horas de armazenamento térmico.</i>	56

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	8
2.	OBJETIVO	10
3.	ESTADO DA ARTE	11
3.1.	<i>O potencial de radiação solar no Brasil e em Minas Gerais</i>	11
3.2.	<i>Histórico Geral da aplicação de Sistemas Heliotérmicos</i>	14
3.3.	<i>Heliotérmicas pelo mundo</i>	17
3.4.	<i>Coletores solares</i>	18
3.5.	<i>Centrais Heliotérmicas (CSP – Concentrated Solar Power)</i>	19
3.6.	<i>Tipos de CSP</i>	20
3.6.1.	<i>Sistemas de Torre de Concentração Solar</i>	20
3.6.2.	<i>Sistemas de Cilindro ou Canal Parabólico</i>	22
3.6.3.	<i>Refletor Linear Fresnel</i>	24
3.6.4.	<i>Sistemas de Disco Parabólico</i>	26
3.7.	<i>Sistemas de Armazenamento Térmico e Desempenho geral</i>	28
4.	ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS	33
4.1.	<i>Potenciais Impactos Ambientais detectados</i>	34
4.1.1.	<i>Principais impactos sobre o meio físico</i>	35
4.1.2.	<i>Principais impactos sobre o meio biótico</i>	45
4.1.3.	<i>Principais impactos sobre o meio socioeconômico</i>	51
5.	DO CONFLITO NORMATIVO FEDERAL PARA O LICENCIAMENTO AMBIENTAL	61
6.	CONTRIBUIÇÕES PARA ELABORAÇÃO DE NORMATIVA ESTADUAL PARA O LICENCIAMENTO AMBIENTAL	64
6.1.	<i>Justificativa de Porte</i>	64
6.2.	<i>Justificativa Potencial Poluidor/Degradador</i>	67
6.3.	<i>Proposta de código para DN nº 74/2004</i>	68
7.	CONCLUSÃO	70
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
9.	ANEXOS	81



1. INTRODUÇÃO

Centrais térmicas solares, ou Centrais Heliotérmicas (CSP – *Concentrated Solar Power*), para produção de energia elétrica têm sido construídas em todo o mundo há vários anos, principalmente no Sul da Europa, Norte e Sul da África e Estados Unidos (CSPWord, 2016). Usando o sol como fonte de energia renovável, as usinas heliotérmicas geram eletricidade de forma confiável e ecologicamente correta.

Os principais componentes dessas usinas, de certa forma, são padronizados, independente da tecnologia utilizada: um conjunto de espelhos é usado para concentrar a irradiação direta do sol em um sistema de recepção, onde um fluido é aquecido e o calor é transferido para um fluido de trabalho que é utilizado para acionar uma turbina para produzir eletricidade.

Todo sistema energético precisa de unidades de geração de energia confiáveis e flexíveis, devido ao fato de que a energia elétrica deve ser consumida quando é produzida. Tais unidades são diretamente controladas por um operador e são denominadas como unidades de geração de energia "despacháveis". Sistemas de armazenamento de energia adicionais apoiam a rede elétrica, fornecendo a possibilidade de mudança de "tipo de energia" ao longo do tempo. Com um aumento da quota de unidades de geração de energia não despacháveis (como parques eólicos ou centrais hidrelétricas sem reservatório) a importância de sistemas de armazenamento aumenta. A possibilidade de implementar um sistema de armazenagem térmica é uma das principais vantagens dessas usinas, uma vez que este tipo de sistema possuía um papel essencial no sistema elétrico.

No mundo inteiro, cerca de metade das usinas heliotérmicas em operação, e quase todas as que estão em construção, estão equipadas com um sistema de armazenamento térmico. Estes números mostram que tais sistemas são uma característica importante deste tipo de tecnologia. Em comparação com outras



unidades de geração de energia renovável, a capacidade de integrar um sistema de armazenamento é uma vantagem das usinas heliotérmicas. Para o desenvolvimento e garantia do sucesso da geração, os sistemas de armazenamento térmico têm um papel crucial, fornecendo a capacidade de prover energia quando é exigido. A fim de atender à crescente demanda de energia elétrica no Brasil, o CSP pode ser uma parte desta solução. O Brasil oferece um enorme potencial para essa tecnologia. O recurso solar, a chamada "irradiação direta normal" alcança valores altos que são comparáveis a outros mercados emergentes de CSP. Tais valores são obtidos em regiões próximas do equador, onde a duração solar do dia varia pouco durante o ano, o que resulta em condições ótimas para a operação constante da uma usina durante um dia. Além do recurso solar, o Brasil oferece uma indústria desenvolvida com um elevado potencial de soluções novas e inovadoras. Em comparação com outras unidades de geração renovável, as usinas heliotérmicas exigem vários componentes diferentes, contudo, a maioria destes componentes não precisa de uma indústria especificamente especializada. Muitas vezes, apenas ligeiras adoções em linhas de produção já existentes são necessárias para fabricar os diferentes componentes, resultando em um compartilhamento local elevado do investimento em geração.

Ao longo da cadeia de valor de usinas heliotérmicas, diversos setores industriais são ativados, como empresas da indústria de aço e vidro, química e petroquímico e empresas de construção. Como as tecnologias para CSP estão se desenvolvendo em todo o mundo durante os últimos anos, os padrões de qualidade e métodos de produção automatizados já estão estabelecidos ao longo de toda a cadeia de valor.



2. OBJETIVO

O objetivo global deste trabalho é analisar alternativas dentro de um contexto de desenvolvimento sustentável, para a implantação de usinas de geração elétrica por meio de fonte heliotérmica no estado de Minas Gerais. Para isto, foram estabelecidos objetivos específicos para compor o estudo:

- Identificar o potencial heliotérmico no âmbito global, nacional e local.
- Identificar os principais avanços obtidos em diferentes esferas e suas possíveis barreiras, como a normativa, regulatória, tributária, de pesquisa e desenvolvimento, e de fomento econômico.
- Apresentar as projeções e perspectivas futuras de inserção de usinas heliotérmicas no âmbito mundial.
- Subsidiar apoio técnico à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – Semad, no licenciamento ambiental de usinas solares heliotérmicas no estado de Minas Gerais.



3. ESTADO DA ARTE

A Terra recebe uma grande quantidade de energia proveniente do Sol. O grande interesse na energia solar está nas possibilidades de aproveitamento desta pela humanidade, por meio de conversões energéticas. A energia proveniente da radiação solar que atinge a atmosfera terrestre a cada ano equivale a $1,52 \times 10^{18}$ kWh e o consumo anual de energia no mundo é de $1,40 \times 10^{14}$ kWh, em 2010 (COGEN, 2012), ou seja, 0,01% da radiação solar supriria a demanda mundial anual de energia (SANTOS, 2011). Tem-se ainda que uma hora de energia solar incidente sobre a Terra equivale ao consumo energético no mundo durante um ano (COGEN, 2012).

3.1. O potencial de radiação solar no Brasil e em Minas Gerais

Um dos principais aspectos da energia proveniente do Sol é a chamada Irradiância Solar (G), que constitui uma medida de potência (energia/tempo) por unidade de área, sendo medida em watts por metro quadrado (W/m^2). A irradiância solar que chega a nosso planeta tem um valor médio aproximado de $1.367 W/m^2$, ou aproximadamente $1.400 W/m^2$. Entende-se que a Irradiação Solar corresponde à quantidade de energia solar incidente por unidade de superfície durante um período definido de tempo (normalmente um dia, mês ou ano), sendo obtida por meio da integral da irradiância global neste período. É expressa, comumente, em $kWh/(m^2 \cdot dia)$, $kWh/(m^2 \cdot mês)$ ou $kWh/(m^2 \cdot ano)$ (ONU DI, 2014).

A radiação solar é constituída de ondas eletromagnéticas com uma determinada gama de frequências ou, inversamente, de comprimentos de onda. Ao atravessar a atmosfera terrestre, a radiação solar chega à superfície da Terra de modos diferentes, podendo a Irradiância Solar ser descomposta em irradiância difusa (G_{dif}), que é aquela refratada ou refletida por componentes atmosféricos; e irradiância direta (G_b), que é aquela medida em determinado local por um



elemento na superfície terrestre perpendicular aos raios do Sol. A radiação direta tem valor zero quando o sol está totalmente encoberto por nuvens e é o tipo de radiação mais importante para a tecnologia heliotérmica, que produz calor e energia somente em regiões com altos índices de radiação solar direta (CEMIG, 2012).

Dentre os vários processos de aproveitamento da energia solar, os mais usados, e conseqüentemente mais desenvolvidos, no contexto atual são o aquecimento de água e a geração de energia elétrica (SILVA, 2011). Existem dois sistemas tecnológicos para produção de energia elétrica por fonte solar: o fotovoltaico, cuja transformação da radiação solar em eletricidade, por meio do efeito fotovoltaico, é direta e se dá nas células fotovoltaicas; e o heliotérmico, que utiliza superfícies refletoras para concentrar radiação solar direta em um receptor, em cujo interior circula um fluido de trabalho que realiza um ciclo termodinâmico para gerar energia elétrica.

O Brasil apresenta um dos maiores índices de irradiação solar do mundo. A maior parte do território nacional encontra-se próxima à linha do Equador, não apresentando assim grandes variações de radiação solar ao longo do dia, como pode ser observado na Figura 1 (TIBA, 2000).

Os valores anuais de radiação solar global incidente variam entre 1.550 e 2.400 kWh/m² ao longo do território nacional e são superiores aos da maioria dos países da União Europeia, como por exemplo, a Alemanha (900 – 1.250 kWh/m²), a França (900 – 1.650 kWh/m²) e a Espanha (1.200 – 1.850 kWh/m²). Nota-se ainda, que mesmo as regiões brasileiras com menores índices de radiação apresentam grande potencial de aproveitamento energético para esta fonte, sendo comparáveis com as regiões de maiores índices na Alemanha, onde tal fonte é vastamente utilizada.

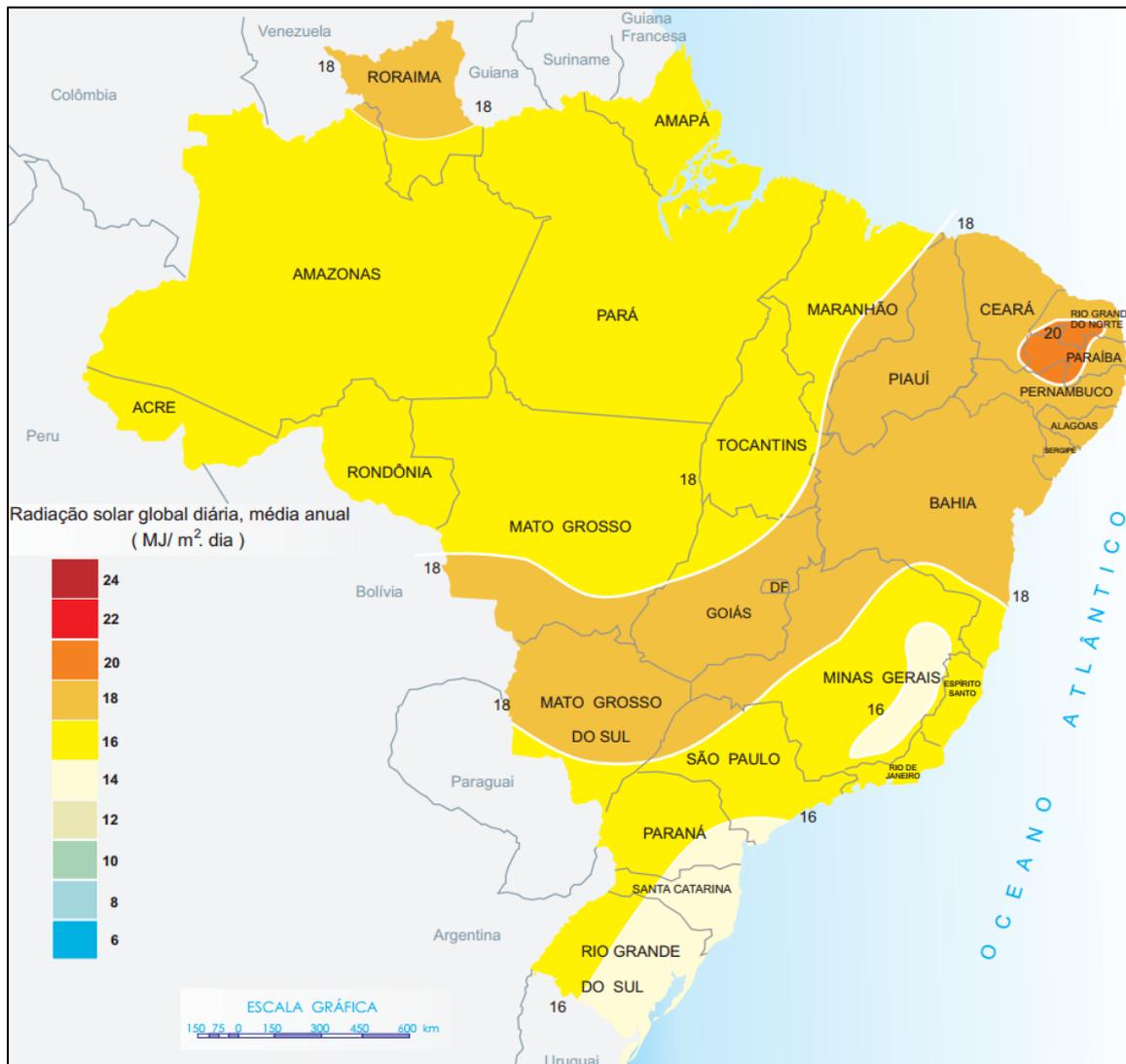


Figura 1: Atlas Solarimétrico do Brasil

Fonte: (TIBA, 2000).

Segundo a CEMIG, para sistemas heliotérmicos, os locais favoráveis devem ter uma radiação solar maior do que 2.100 kWh/m².ano, ou seja, 5,75 kWh/m².dia (valor médio diário anual) (CEMIG, 2012). O território mineiro possui várias regiões que apresentam tais requisitos de radiação. Segundo o Atlas Solarimétrico de Minas Gerais, o Estado possui radiação solar global diária média anual entre 4,5 e 6,5 kWh/m².dia (CEMIG, 2012).

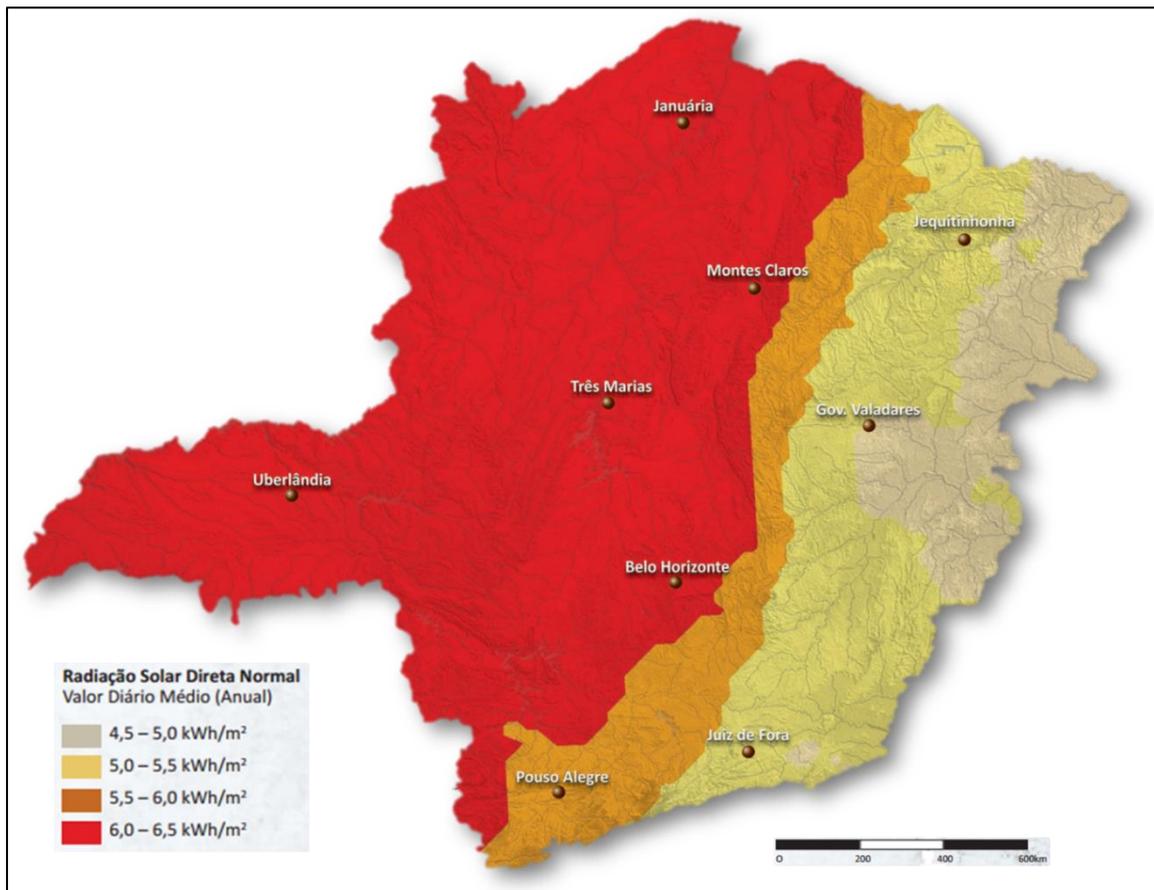


Figura 2: Radiação Solar Direta Normal Diária Média Anual em Minas Gerais
Fonte: (CEMIG, 2012).

Em termos do desenvolvimento sustentável, para Minas Gerais, a região Noroeste, e parte da Norte, configuram como sendo as melhores regiões do estado para a implantação de usinas solares (BARBOSA, et al., 2014).

3.2. Histórico Geral da aplicação de Sistemas Heliotérmicos

Acredita-se, mas carece de comprovação, que o uso mais antigo da energia solar em grande porte seja creditado a Arquimedes (282 a 212 a.C.) (KALOGIROU, 2009), que teria queimado a frota romana na baía de Siracusa (hoje pertencente a Itália), durante a Segunda Guerra Púnica (de 214 a.C. a 212 a.C.), concentrando raios solares em um determinado foco, a ponto de aquecê-lo até entrar em combustão (THOMAS, 1941). Diversos autores entre 100 a.C. e 1.100 d.C. referenciaram o fato, inclusive o matemático polonês Vitelio, no livro *Optics*



Vitelio, onde o aparelho usado por Arquimedes é descrito como um vidro composto com 24 espelhos que convergiam para um único ponto focal. Todavia, alguns historiadores acreditam que Arquimedes teria utilizado escudos de soldados ao invés de espelhos, devido ao estado da arte da tecnologia de fabricação de vidros àquela época. Há relatos de que Arquimedes teria escrito um livro, mas nenhuma cópia sobreviveu até os dias atuais (KALOGIROU, 2009).

Com o passar dos anos, já no século XVIII, começaram a ser desenvolvidas e implementadas fornalhas solares na Europa e Oriente Médio, cuja aplicação era a fundição de metais, principalmente ferro e cobre (LODI, 2011). De acordo com Kalogirou (2009), uma das primeiras aplicações em larga escala foi a famosa fornalha solar desenvolvida por Antoine Lavoisier em 1774, capaz de atingir temperaturas de até 1.750°C, muito altas para as tecnologias da época.

O desenvolvimento de novos sistemas teve continuidade nos EUA, onde um engenheiro, Capitão John Ericsson, de origem sueco-americana, durante as décadas de 1870 e 1880, construiu o primeiro motor a vapor movido diretamente à energia solar. O Capitão construiu ao todo oito sistemas de aquecimento direto de água ou ar como fluidos de trabalho em cilindros-parabólicos, e um dos dispositivos acredita-se ter produzido mais de 746 W por uma superfície coletora de 9,5 m² (KALOGIROU, 2009) (RODRIGUES, 2002).

O século XX apresentou uma continuidade na evolução do uso da energia solar em concentradores. Em 1901, A. G. Eneas instalou um coletor solar para bombeamento de água em uma fazenda da Califórnia (KALOGIROU, 2009). Em 1912, segundo Lodi (2011), o inventor e empresário americano Frank Shuman, um visionário da energia solar e pioneiro da geração de energia por fonte solar em larga escala, juntamente com Charles Vernon Boys construiu uma planta de bombeamento de água próximo ao Rio Nilo, no Egito, tornando-se na época a maior do mundo. O campo solar da planta ocupava cerca de 1.200 m², era composta por coletores cilindro-parabólicos de 62 m de comprimento e 4,5 m de largura; a água era aquecida até virar vapor diretamente nos receptores e



operava uma bomba com vazão máxima de 22,7 m³ de água por minuto (potência de 75 kW) (LODI, 2011).

A partir da década de 1930 deu-se início à pesquisa moderna sobre o uso da energia solar. Nessa época, o físico norte-americano Charles G. Aboot inventou uma caldeira movida à energia solar. Também procede deste período o início dos programas solares *Godfrey Cabot*, na Universidade de Harvard e no Instituto de Tecnologia de Massachusetts, ambos nos Estados Unidos. Já no ano de 1954, foi criada a bateria solar pelos Laboratórios *Bell Telephone*, mesmo ano em que cientistas especializados em energia solar construíram, ainda nos EUA, a Associação para Aplicação da Energia Solar (ASES - *American Solar Energy Society*), com o objetivo de pesquisar meios de aproveitar a energia proveniente do Sol (RODRIGUES, 2002).

A primeira planta solar comercial foi instalada no Novo México em 1979 pelo laboratório Sandia (*Sandia National Laboratory*), composta por coletores cilindro-parabólicos que atingiam temperaturas de até 500°C e utilizada inicialmente para calor de processos industriais (LODI, 2011), um marco importante para as fontes alternativas de energia que começavam a ganhar visão e mercado, devido as crises do petróleo ocorridas na década de 1970. Da mesma forma e na mesma época, na Europa começaram a despontar grandes investimentos em Pesquisa & Desenvolvimento (P&D) no setor. A Plataforma Solar de Almería (PSA), fundada em 1977 e alocada no Deserto de Tabernas, em Almería, Espanha, pertence ao CIEMAT (*Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas*) sob o *Ministerio de Ciencia e Innovación*, constituindo-se como o maior centro de P&D em concentradores solares da Europa. A PSA em 1981 forneceu à rede, pela primeira vez, energia elétrica proveniente de energia solar térmica, por meio do projeto de demonstração chamado SSPS/DCS (*Small Solar Power Systems/Distributed Collector System*), constituído de dois campos solares do tipo cilindro-parabólico com uma área de absorção de 7.602 m² (LODI, 2011).



Em 1982 a companhia *Luz International Limited* (Luz) desenvolveu coletores solares cilindro-parabólicos e foi responsável pela primeira planta comercial de eletricidade do mundo, a SEGS I (de 14 MW), que entrou com operação em 1983. Em seguida foram mais oito plantas, as SEGS II a IX, com capacidades de 30 a 80 MW cada (LODI, 2011). Todavia, conforme informado por Lodi (2011), em 1991 a Luz faliu e as plantas foram revendidas separadamente para diferentes grupos de investidores e todas elas continuam em operação.

O conhecimento adquirido em P&D ao longo destes anos e o aprimoramento da tecnologia, bem como incentivos econômicos e de políticas públicas, têm contribuído para o crescimento das plantas de energia solar térmica de alta potência.

3.3. Heliotérmicas pelo mundo

A tecnologia heliotérmica, ou CSP, é uma forma de aproveitamento da energia solar para geração de energia elétrica. Este tipo de tecnologia utiliza superfícies refletoras que concentram a radiação solar em um receptor. Neste receptor circula um fluido de trabalho, geralmente óleo sintético ou sal fundido, que executa um ciclo termodinâmico, usualmente Rankine ou Brayton (DUNHAM & IVERSON, 2014), cujo objetivo é ativar de forma mecânica uma turbina, assim gerando energia elétrica.

As primeiras plantas CSP foram as SEGS (*Solar Energy Generating Systems*), um conjunto de nove plantas situadas no estado da Califórnia, sudoeste dos EUA. Juntas essas plantas somavam uma capacidade de 354 MW (PY, et al., 2013). Em 2016, vinte e um países, dos cento e noventa e um reconhecidos pela ONU, possuíam plantas do tipo CSP, sendo noventa e seis em operação, dezoito em construção, onze em desenvolvimento, totalizando cento e vinte e cinco projetos, e mais três instalações não operacionais ou descomissionadas (NREL, 2016). Dados da CSPWorld demonstram que, em junho de 2016 havia 168



empreendimentos no total, espalhados pelo mundo, conforme pode ser observado no ANEXO I.

Tabela 1: Empreendimentos de CSP no mundo em 2016.

Tecnologia	Quantidade de empreendimentos	Potência instalada total (MW)	Potência Média (MW)
Torre Solar	30	6.346,00	204,87
Calha Parabólica	110	7.107,30	64,61
Disco Parabólico Stirling	7	229,26	32,75
Linear Fresnel	14	622,73	44,48
Não Declarado	7	375,00	53,57
Total	168	14.680,29	80,06

Fonte: (CSPWord, 2016).

A expansão mundial de sistemas CSP é claramente liderada pelos EUA e pela Espanha, mas também está presente na Argélia, Austrália, Egito, Emirados Árabes Unidos, França, Marrocos, entre outros (BURGI, 2013), inclusive o Brasil, o que tem estimulado questionamentos quanto ao papel que a energia solar térmica pode vir a exercer nas próximas décadas no setor energético mundial, como forma de contribuir para atender a expansão da demanda por energia elétrica, e também como mais uma alternativa de uso de fonte renovável que contribua no combate às mudanças climáticas globais.

3.4. Coletores solares

Os coletores solares são tipos de trocadores de calor que têm por finalidade transformar a radiação solar incidente em calor. Ou seja, o coletor capta a radiação solar, a converte em calor, e transfere esse calor para um fluido, que pode ser ar, água, óleo (DUFFIE & BECKMAN, 2006) ou sais fundidos.

Os coletores podem ser basicamente de dois tipos: não-concentradores e concentradores. Os coletores não concentradores possuem a mesma área de abertura (área para interceptação e absorção da radiação) e são aplicáveis para sistemas que necessitem de baixa temperatura. Em aplicações que demandem temperaturas mais elevadas, são mais adequados os concentradores solares,



que possuem em geral uma superfície refletora (em alguns modelos são utilizadas lentes) que direcionam a radiação direta a um foco, onde há um receptor pelo qual escoar o fluido absorvedor de calor (LODI, 2011; e BURGI, 2013). Outra característica, ainda, é que podem ser estacionários ou rastreadores. Dentre os rastreadores, os coletores podem rastrear em um eixo ou em dois eixos.

3.5. Centrais Heliotérmicas (CSP – Concentrated Solar Power)

As tecnologias de concentração solar apresentam diversas vantagens, sendo capazes de atender a diferentes aplicações e condições.

A principal vantagem da energia elétrica gerada pelas tecnologias heliotérmicas é o fato de apresentarem rendimentos mais elevados em comparação com a tecnologia fotovoltaica, inclusive face à tecnologia fotovoltaica de concentração (CPV - *Concentrated Photo Voltaic*) (ALMEIDA, 2013).

Quando comparadas com as demais fontes alternativas de geração de energia elétrica, as centrais heliotérmicas apresentam uma capacidade instalada ainda muito baixa, devido, principalmente à elevada demanda por área de instalação. Conforme Greenpeace (2013), podem operar em um sistema híbrido com biomassa ou combustíveis fósseis, garantindo fornecimento de energia estável e flexível sob demanda (GREENPEACE, 2013).

As tecnologias heliotérmicas diferem significativamente umas das outras, não só no que diz respeito aos aspectos técnicos e econômicos, mas também em relação à sua confiabilidade, condições de maturidade e experiência operacional em escalas reais.



3.6. Tipos de CSP

Existem quatro configurações diferentes dos coletores de concentração solar:

- Torre Solar;
- Canal Parabólico;
- Linear Fresnel; e
- Disco Parabólico.

Esses quatro tipos de CSP diferem entre si em relação às estruturas físicas, o formato e dimensões dos espelhos, a movimentação em relação ao sol e, também, em relação à temperatura atingida pelo fluido de trabalho após o aquecimento. Os sistemas de concentração solar das heliotérmicas diferem em termos de demanda por área de operação: os sistemas de Canal Parabólico ocupam uma área de aproximadamente 38.444 m²/MW, os sistemas de Torre Solar e Disco Parabólico ocupam cerca de 40.468 m²/MW e os sistemas Linear Fresnel ocupam 19.020 m²/MW (MARANHÃO, 2014).

Segue descrição do estado da arte destas tecnologias.

3.6.1. Sistemas de Torre de Concentração Solar

Os sistemas de Torre Solar utilizam um campo circular (360°) ou semicircular (180°) de espelhos de grandes dimensões chamados heliostatos, que realizam um seguimento individual do Sol, por meio de rastreamento a dois eixos, concentrando a radiação solar num receptor central montado no topo de uma torre, cujo foco é pontual (MALAGUETA, 2013).

O calor concentrado, com taxas de concentração que variam entre 300°C e 1500°C, é absorvido no receptor e transferido para um fluido em circulação que pode ser utilizado diretamente para produzir trabalho ou mesmo ser armazenado (KALOGIROU, 2009). A faixa de capacidade indicada para este tipo de

tecnologia CSP é de 10 – 150 MW, alcançando temperaturas de 150°C a 2000°C (KALOGIROU, 2009).

Os heliostatos são compostos por uma superfície refletora, geralmente quatro espelhos cuja área refletora total pode variar de 50 a 150 m², além de um suporte estrutural e um mecanismo de rastreamento solar (KALOGIROU, 2009). Nessa tecnologia, são utilizadas três possibilidades de fluidos de trabalho, a saber (KALOGIROU, 2009):

- sais fundidos, para transferência de calor;
- vapor de água, para operação de uma turbina de ciclo Rankine; e
- ar, para operação de uma turbina de ciclo Brayton (gás) ou combinado.



Figura 3: Sistema de Torre Solar

Fonte: (EA, 2015).

Uma das vantagens deste tipo de sistema é que as centrais de Torre Solar permitem uma configuração de operação híbrida, ou seja, cogeração de calor e eletricidade. Contudo, o armazenamento térmico de energia a altas temperaturas representa a maior vantagem dos sistemas de Torre Solar, quando comparados com as outras tecnologias de concentração solar existentes, pois aumenta o fator de capacidade e permite uma estratégia de geração flexível para maximizar o valor da eletricidade gerada, bem como para alcançar maiores níveis de eficiência (MARANHÃO, 2014). Os sistemas de torre de concentração



apresentam a menor eficiência solar-elétrica dentre os quatro sistemas CSP estudados, correspondendo a uma variação entre 8 e 10% (KALOGIROU, 2009). Todavia, como as temperaturas do fluido são muito altas, possibilita-se o emprego de turbinas de alta potência, tendo como vantagem, ainda, a não necessidade do uso de tubos absorvedores de calor. (BIANCHINI, 2013). As altas temperaturas podem contribuir, ademais, para uma maior eficiência no ciclo a vapor e reduzir o consumo de água para resfriamento do condensador. Elas também permitem maiores diferenças de temperatura no sistema de armazenamento, reduzindo custos ou permitindo maior armazenamento pelo mesmo custo (IRENA, 2012). Este tipo de sistema é, além disso, a melhor opção para o caso de locais com terrenos acidentados, uma vez que os heliostatos podem ser dispostos e regulados individualmente (SILVA, 2011).

Entre as desvantagens estão os elevados custos de investimentos e do sistema eletrônico de rastreamento solar, que é individual para cada heliostato.

3.6.2. Sistemas de Cilindro ou Canal Parabólico

Nos sistemas de Cilindro Parabólico utilizam-se espelhos refletores, ou são revestidos por material refletor, em formato parabólico para concentrar a radiação solar num tubo receptor situado na linha focal da estrutura parabólica. As matrizes de espelhos podem ser de 100 m de comprimento ou mais, com a abertura curvada de 5 a 6 m (IRENA, 2012).

Estes sistemas são instalados seguindo um eixo Norte-Sul e, comumente, efetuam o rastreamento solar seguindo a direção Leste-Oeste (SILVA, 2011). A base da estrutura possui um motor que possibilita o movimento automático de rastreamento solar. O elemento coletor de calor é formado por um tubo metálico preto situado no foco da parábola. Este tubo é recoberto por um duto de vidro concêntrico, estabelecendo vácuo no espaço entre eles, o que reduz as perdas de calor por convecção para a atmosfera (MALAGUETA, 2013) & (FILHO, 2013).

O funcionamento das heliotérmicas de Canal Parabólico é similar ao funcionamento das centrais de Torre Solar. Quando a parábola aponta em direção ao sol, os raios diretos do sol são refletidos pela superfície e concentrados no receptor (MALAGUETA, 2013). A radiação concentrada aquece o fluido de trabalho que circula internamente nos tubos receptores e é direcionado para um trocador de calor. O fluido, que chega a temperaturas na faixa de 60°C a 400°C (MALAGUETA, 2013), passa por um processo de troca de calor com a água, que evapora (MARANHÃO, 2014). O vapor é então direcionado para uma turbina, que movimenta o conjunto gerador de energia elétrica. A eletricidade produzida passa a um transformador de tensão e é inserida, enfim, na rede elétrica. Como se trata de um ciclo Rankine, há ainda necessidade de condensar o vapor que já passou pela turbina para que este seja reintroduzido no ciclo. Essa condensação se dá por um processo de resfriamento a água ou a ar, ou ainda por reforma híbrida (MARANHÃO, 2014).



Figura 4: Sistema de Canal Parabólico
Fonte: (EA, 2015).

O líquido de transferência de calor é geralmente um óleo sintético, que circula dentro do tubo metálico do elemento coletor de calor (MARANHÃO, 2014). Assim, tem-se que os sistemas solares integrados com ciclo combinado



(*Integrated Solar Combined Cycle Systems*, ISCCS) aplicam o calor gerado pelos coletores solares como um tipo de suplemento ao calor desperdiçado na turbina a gás, com o intuito de provocar um incremento na capacidade produtiva de vapor no ciclo Rankine (ALMEIDA, 2013).

Atualmente, a tecnologia CSP que utiliza cilindros parabólicos é aquela com maior participação no mercado mundial (BURGI, 2013), constituindo-se, hoje, como a tecnologia solar de geração de calor mais madura (MALAGUETA, 2013) e melhor desenvolvida (SILVA, 2011).

Dentre as principais vantagens do uso de sistemas de cilindro parabólico, destaca-se que a utilização do terreno onde estão dispostos os sistemas é bastante eficiente, uma vez que os coletores estão dispostos em filas. Tal configuração é mais vantajosa em locais cujo terreno possui baixas inclinações, o que poderia influenciar no direcionamento dos raios solares para o tubo absorvedor. Uma desvantagem a considerar-se é o baixo limite de geração devido às baixas temperaturas alcançadas pelo fluido (MARANHÃO, 2014).

3.6.3. Refletor Linear Fresnel

Os refletores do tipo Linear Fresnel são constituídos por um conjunto de espelhos planos dispostos em filas direcionando a radiação solar para um tubo receptor situado acima dos espelhos. Estes tubos receptores são fixados à estrutura e situam-se dentro de uma estrutura de três faces que não permite passagem de radiação solar, de forma que os raios solares refletidos pelos espelhos entrem somente pela face aberta (SILVA, 2011).

O funcionamento de uma central heliotérmica com refletores Linear Fresnel é semelhante ao funcionamento das heliotérmicas do tipo Torre Solar e Canal Parabólico (MARANHÃO, 2014). O fluido de trabalho desses sistemas é geralmente água, que recebe calor dos refletores e vaporiza-se. O vapor aciona

o conjunto turbina-gerador, gerando energia elétrica. Os vapores de saída da turbina são condensados e redirecionados para os refletores, iniciando um novo ciclo (MARANHÃO, 2014).

Os sistemas Linear Fresnel são capazes de gerar vapor diretamente nos receptores de radiação solar, dispensando a utilização dos trocadores de calor e de um fluido de trabalho. Assim como os sistemas de Torre Solar, os de refletores Lineares Fresnel podem também operar de forma híbrida e possuir um sistema de armazenamento térmico. As temperaturas do fluido de trabalho podem chegar a 370°C dentro das linhas de aquecimento. Os espelhos refletores efetuam o seguimento solar a um eixo, acompanhando a movimentação do Sol no sentido Leste-Oeste (MARANHÃO, 2014).



Figura 5: Sistema Refletor Linear Fresnel
Fonte: (SEDIGAS, 2013).

Apresentam como vantagem o menor espaço ocupado no terreno da central heliotérmica quando comparado aos sistemas de Canal Parabólico. O fato dos refletores situarem-se praticamente paralelos ao chão possibilita uma maior estabilidade estrutural devido à menor interferência dos ventos na sua estrutura.



Essa configuração também reduz perdas óticas e os vidros quebram com menor frequência, quando comparada aos demais sistemas refletores (SILVA, 2011).

A vantagem adicional desse tipo de configuração tem a ver com um melhor aproveitamento da superfície refletora nos períodos do nascer do sol e pôr-do-sol (ALMEIDA, 2013), mantendo-se as características de temperatura de aquecimento do fluido de trabalho e possibilidade de existência de um armazenamento térmico. Esse sistema apresenta também como uma de suas vantagens o baixo custo dos espelhos planos quando comparados aos espelhos de canal parabólico. O arranjo físico da estrutura dos sistemas Linear Fresnel ocupa 2/3 da área ocupada pelas estruturas dos sistemas de Canal Parabólico, já que as linhas não fazem sombra umas nas outras (DIENSTMANN, 2009). Contudo, de acordo com Almeida (2013), estes sistemas têm como desvantagem o sombreamento entre os espelhos de uma mesma linha à medida que o Sol se move ao longo do dia (ALMEIDA, 2013).

3.6.4. Sistemas de Disco Parabólico

Um refletor parabólico em forma de disco é montado em uma estrutura que efetua o seguimento solar em dois eixos e concentra os raios solares num receptor situado no foco do espelho. A estrutura dos coletores solares e o receptor movem-se juntos à medida em que o conjunto se movimenta durante o rastreamento solar. A energia solar refletida pelo Disco Parabólico é absorvida no receptor situado no foco do refletor parabólico, aquecendo o fluido de trabalho à temperatura próxima de 800°C. Tal sistema tem acoplado ao receptor um motor que opera segundo o ciclo termodinâmico de Stirling associado a um gerador, produzindo energia elétrica em consumir água. Este conjunto é conhecido como unidade de conversão de energia. O receptor utiliza como fluido de trabalho o hidrogênio ou o hélio (SILVA, 2011).

Os motores Stirling operam com o aquecimento e resfriamento de um gás ininterruptamente, movimentando um pistão. Esse tipo de sistema permite a conversão de até 30% da energia irradiante em energia elétrica, cuja potência no sistema gerador pode variar de 5 a 50 kW (DIENSTMANN, 2009). Existem dois tipos de motores Stirling: Cinemático e Pistão Livre. Os motores cinemáticos trabalham com o hidrogênio como fluido de trabalho e têm maiores eficiências do que os motores de pistão livre. Os motores de pistão livre têm o hélio como fluido de trabalho e não produzem atrito durante a operação, o que permite a redução na manutenção requerida pelo equipamento (IRENA, 2012).



Figura 6: Sistema de Discos Parabólicos

Fonte: (EA, 2015).

Dentre as vantagens deste tipo de tecnologia CSP, destaca-se a de que pode ser instalada em terrenos acidentados, uma vez que os discos são fisicamente independentes uns dos outros. Além disso, o acoplamento do gerador ao receptor disco parabólico contribui para menores perdas de energia térmica. Assim, os sistemas de disco parabólico são capazes de atingir os maiores valores de eficiência entre todos os tipos de sistemas de concentração solar (IRENA, 2012). Outra vantagem está no fato de que, como no ciclo Stirling, não há necessidade de consumo de água para resfriamento, os motores Stirling são facilmente resfriados a ar. Desta forma o consumo de água pelos sistemas de Disco Parabólico é muito baixo, sendo utilizada basicamente para limpeza e

manutenção dos espelhos. Estas características tornam essas centrais ideais para a instalação em locais desérticos ou com pouca disponibilidade de água.

Como desvantagem, tem-se que estes sistemas não são capazes de armazenar energia térmica. Isso significa que a capacidade de geração dos discos parabólicos é pequena, sendo mais adequadas para a geração distribuída. Outro ponto é o custo relativamente alto para a construção, onde as unidades à venda custam cerca de US\$6.000,00 por kW instalado, conforme dados de 2009 (DIENSTMANN, 2009).

3.7. Sistemas de Armazenamento Térmico e Desempenho geral

Os sistemas de armazenamento térmico contribuem positivamente com o incremento da produção de energia elétrica em uma central heliotérmica. O armazenamento térmico tem como função possibilitar a produção de eletricidade nas horas que não há irradiação solar e, também, permitir que haja um despacho mais constante de energia na rede elétrica, inclusive durante o pico de demanda (MARANHÃO, 2014). Um exemplo pode ser observado na Figura 7.

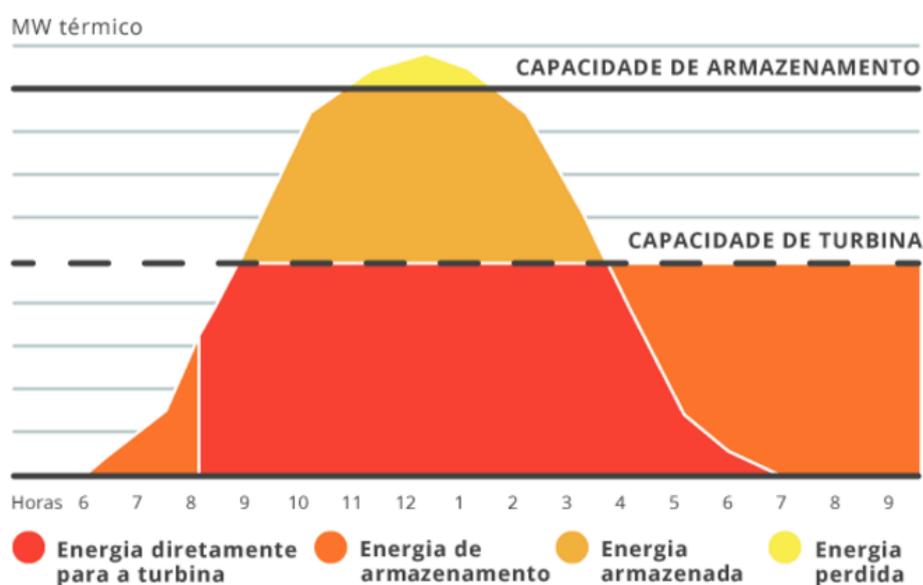


Figura 7: Produção de energia com armazenamento térmico (dia ensolarado)

Fonte: (IBICT, 2014).



A evolução dos sistemas de armazenamento térmico permitiu que sua capacidade aumentasse de 1 para 7,5 horas, tempo suficiente para garantir o funcionamento da central heliotérmica durante a noite (GREENPEACE, 2013).

O princípio de armazenamento térmico depende do meio de transferência de calor usado na tecnologia CSP. No caso de sal fundido, o sistema de armazenamento fica diretamente integrado ao ciclo de transferência de calor. Já para outros meios, é aplicado um ciclo de sistema de armazenamento externo.

Tais sistemas de armazenamento utilizam fluidos com elevada capacidade térmica. - Neste sentido, os nitratos de sais derretidos são ideais para esta aplicação, pois possuem elevada capacidade térmica, são líquidos à pressão atmosférica, são baratos e podem atingir temperaturas de até 6.000°C (DIENSTMANN, 2009).

Além dos sais fundidos, pode-se utilizar óleo líquido como fluido de armazenamento térmico. Eles também possuem elevada capacidade térmica e apresentam a vantagem de não apresentar risco de combustão, como os sais fundidos (MARANHÃO, 2014). Estes sistemas de armazenamento térmico podem operar com temperaturas entre 200°C e 800°C, dependendo da tecnologia utilizada (IBICT, 2014).

A faixa de temperatura de operação é um parâmetro muito importante para os sistemas de armazenamento térmico. Esta temperatura depende do material/meio de armazenamento e dos limites de temperatura do fluido de trabalho de transferência de calor. Quanto maior a faixa de temperatura, maior a capacidade de armazenamento e a eficiência do bloco de potência. As faixas de temperatura dos principais materiais usados na indústria heliotérmica estão apresentados na Tabela 2.



Tabela 2: Faixas de temperatura de materiais usados para armazenamento térmico em heliotérmicas.

Meio	Limite de Baixa Temperatura (°C)	Limite de Alta Temperatura (°C)	Densidade Média (kg/m ³)
Óleo mineral	200	300	770
Óleo térmico sintético	180	410	900
Sais de nitrato	265	565	1870
Cerâmicas	-	900	2000

Fonte: (IBICT, 2014)

Plantas comerciais de sistemas de Canal Parabólico, que já estão em operação, têm capacidade de geração de 14 a 80 MWe. Tais sistemas atingem uma temperatura máxima de trabalho de 390°C, sendo limitada pela degradação térmica do óleo sintético utilizado como fluido de transferência de calor (fluido de trabalho). A eficiência, que é a razão entre a energia elétrica gerada e a energia térmica solar de entrada, é de cerca de 14 a 16%, tendo ainda o fator de capacidade na ordem de 25 a 30%, dependendo da localização (IRENA, 2013).

Algumas plantas de Canal Parabólico e de Torre Solar têm sistemas de armazenamento térmico com base em sal fundido, com capacidade de armazenamento de 6 a 15 horas, aumentando os fatores de capacidade da planta para mais de 40% e 70%, respectivamente. A experiência operacional sugere que as plantas de Canal Parabólico têm uma vida útil de mais de 30 anos. Nas plantas de Torre Solar, vapor e gases comprimidos também podem ser usados como fluidos alternativos para a transferência de calor (IRENA, 2013).

Na Tabela 3 é apresentado um resumo das características performáticas das quatro rotas tecnológicas de heliotérmicas.



Tabela 3: Performance das tecnologias CSP

	Canal Parabólico			Torre Solar			Refletor Fresnel	Disco Parabólico
	não	sim	sim	não/sim	não/sim	sim		
Armazenamento	não	sim	sim	não/sim	não/sim	sim	não	não
Status	comercial	comercial	testes	testes	comercial	testes	testes	testes
Capacidade (MW)	15-80	50-280	5	10-20	50-370	20	5-30	0,025
Fluido de trabalho	óleo	óleo	sal	vapor	vapor	sal	vapor saturado	n.a.
Temperatura do fluido de trabalho(°C)	390	390	550	250	565	565	250	750
Fluido de armazenamento	não	sal	sal	vapor	n.a.	sal	não	não
Armazenamento (horas)	0	7	6-8	0,5-1	n.a.	15	0	0
Temperatura de Armazenamento (°C)	n.a.	380	550	250	n.a.	550	n.a.	n.a.
Eficiência de conversão (%)	14	14	14/16	14	16	15/19	11/13	25/30
Fator de Capacidade (%)	25-28	29-43	29-43	25-28	25-28	55-70	22-24	25-28
Eficiência ótica	alta	alta	alta	média	média	alta	baixa	muito alta
Área (ha/MW)	2	2	2	2	2	2	2	n.a.
Ciclo termodinâmico	vapor super-aquecido	vapor super-aquecido	vapor super-aquecido	vapor saturado	vapor super-aquecido	vapor super-aquecido	vapor saturado	n.a.
Temperatura do ciclo (°C)	380	380	540	250	540	540	250	n.a.

Fonte: (IRENA, 2013)

O custo de usinas CSP é ainda elevado em comparação com centrais elétricas convencionais e outras tecnologias renováveis. A Agência Internacional de Energia (IEA- *International Energy Agency*) estima um custo de investimento atual, para usinas CSP, entre US\$4.200e US\$8.500por kW, dependendo das condições locais, do DNI, se há armazenamento térmico ou não, e o nível de maturidade da tecnologia. Estimativas da Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA - *International Renewable Energy Agency*) sugerem custos de investimentos iniciais entre US\$ 5.500 e US\$ 8.000 por kW para plantas de Canal Parabólico sem armazenamento, e custos entre US\$7.500 e US\$ 8.500 por kW para plantas de Canal Parabólico com 6 horas de armazenamento (IRENA, 2013). As plantas de Torre Solar são normalmente concebidas com alta



capacidade de armazenamento e as estimativas de custo variam de US\$6.300 e US\$7.700 por kW para armazenamentos de 6 a 9 horas, até US\$ 9.000 a US\$ 10.500 por kW para sistemas de armazenamento de 12 a 15 horas. Contudo, os custos de investimento deverão diminuir em 30 a 50% até 2020, devido à curva de aprendizagem da tecnologia e às economias de escala no aumento da capacidade instalada de usinas do tipo CSP. Os benefícios da energia livre de carbono também deve melhorar a competitividade das heliotérmicas (IRENA, 2013).

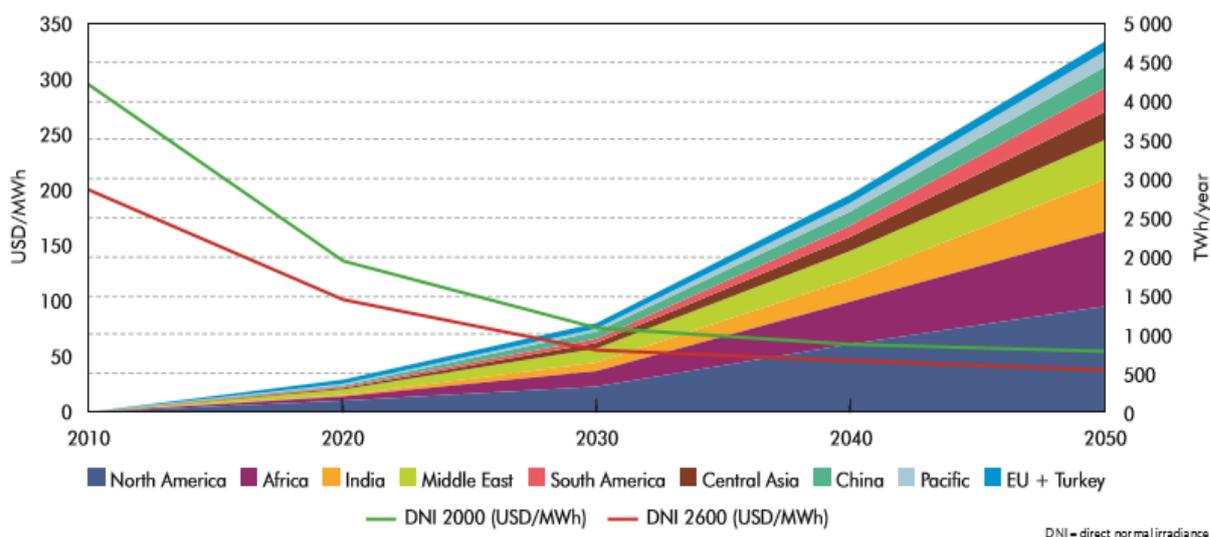


Figura 8 Redução do custo com relação ao aumento da energia gerada.

Fonte: (IEA, 2014).



4. ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

O meio ambiente é entendido por Guerra e Cunha (1996) como o espaço de caráter dinâmico, organizado segundo as relações homem/natureza de acordo com cada contexto histórico (GUERRA & CUNHA, 2011). Baseando-se nesta definição, e conforme a situação de degradação ambiental e mudanças climáticas notadas nas últimas décadas é fato que, se faz necessária uma gestão dos recursos ambientais mais efetiva. Assim, a Agenda 21 dá entendimentos de que a gestão dos recursos ambientais trata-se de uma particularidade da gestão ambiental, em que há uma especial preocupação com relação ao conjunto de princípios, estratégias e diretrizes de ações determinadas e conceituadas pelos agentes socioeconômicos, públicos e privados, que interagem no processo de uso dos recursos ambientais, garantindo-lhes sustentabilidade (ONU, 1992).

O uso da energia solar, em suas diversas formas de aproveitamento, apresenta-se no cenário energético mundial como uma importante alternativa às fontes convencionais de geração de energia elétrica. Tal fato ganha importância quando relacionado às perspectivas da aceleração dos processos de mudanças climáticas iminentes e à necessidade de redução das emissões de gases de efeito estufa pelo setor energético. Todavia não se podem negligenciar os impactos ambientais que estão atrelados a este tipo de aproveitamento energético. Tais impactos podem ser evidentes ou potenciais e de caráter temporal ou permanente, conforme os diversos processos de implantação de um empreendimento de geração por fonte solar, onde se destacam, para efeito deste estudo, as usinas heliotérmicas. É preciso, pois, avaliar tais impactos de forma ampla e sistematizada, de modo a minimizá-los ou atenuá-los.

Os procedimentos de licenciamento ambiental para usinas fotovoltaicas de grande escala e plantas heliotérmicas são comparáveis. Nestes casos, uma “Avaliação do Impacto Ambiental” positiva é sempre pré-condição para a aprovação de uma planta. Visto que muitas autoridades e partes interessadas diferentes estão envolvidas em questões ambientais, a permissão é um esforço



demorado, mas essencial. Devido ao baixo impacto das usinas de energia solar sobre o ecossistema, em comparação com outros grandes projetos de infraestrutura energética, esses empreendimentos de energias renováveis são geralmente aprovados sem grandes problemas.

4.1. Potenciais Impactos Ambientais detectados

Como todo empreendimento gerador de energia elétrica, as usinas solares, tanto as fotovoltaicas quanto as heliotérmicas, - apresentam diversos impactos ambientais, sejam positivos ou negativos, em todo o seu ciclo de vida (TURNEY & FTHENAKIS, 2011), em variadas amplitudes e abrangências. Todavia, este trabalho se atém aos impactos causados nas fases de implantação e operação.

Como impacto ambiental, este estudo toma como premissa o conceito oriundo da Resolução CONAMA Nº 001, de 23 de janeiro de 1986, onde este é entendido como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, sendo causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades antrópicas que, de forma direta ou indireta, afeta: a saúde, a segurança e o bem-estar da população e suas atividades sociais e econômicas, bem como a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente, e a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1986).

Os impactos ambientais resultantes da implantação de sistemas heliotérmicos dependem e se caracterizam conforme os arranjos e diferentes tecnologias com as quais se configuram estes sistemas. Tais impactos são correlatos em grande parte a aqueles provenientes de aproveitamentos solares fotovoltaicos de grande escala, estando estreitamente relacionados à sua localização, às características físico-climáticas do local de implantação e às características dos ecossistemas locais (BARBOSA, et al., 2015). É preciso, pois, avaliar tais impactos de forma ampla e sistematizada, de modo a minimizá-los ou atenuá-los.



Seguem, pois, alguns dos principais impactos decorrentes da implantação de empreendimentos deste modelo de geração, observados aqueles já em operação em várias localidades do mundo. Tais impactos estão estratificados em três agrupamentos específicos de fatores ambientais: meio físico, meio biótico e meio socioeconômico.

4.1.1. Principais impactos sobre o meio físico

Em uma usina heliotérmica, desde seu processo de construção até sua permanência, há diversos impactos no meio físico local, pois há modificações paisagísticas e muita movimentação de recursos humanos, maquinário, equipamentos e materiais que não compõem o meio onde o empreendimento será alocado. Os impactos mais expressivos no meio físico estão descritos a seguir.

➤ **Ocupação de terreno**

Um fator importante a ser considerado como impacto ambiental é a ocupação física de grandes porções de terra, visto que as usinas heliotérmicas necessitam de uma área extensa e relativamente plana, muitas vezes é preciso realizar terraplenagem e, remoção de componentes morfológicos e biológicos da região. As áreas mais adequadas para a instalação deste tipo de empreendimento de geração de energia são aquelas que apresentam altos índices de incidência de radiação solar durante o ano inteiro, geralmente apresentando baixa densidade de vegetação e características de clima árido ou semiárido (IBICT, 2015). Contudo, o tamanho e características do terreno variam de acordo com a tecnologia heliotérmica utilizada (MARANHÃO, 2014), conforme pode ser observado na Tabela 4.

Tabela 4: Cálculo do uso da terra por tecnologia heliotérmica das plantas em operação no mundo.

Tecnologia	Área Específica (ha/MW)		
	Mínima	Máxima	Média
Calha Parabólica	2	6	3
Torre Solar	4	11	5
Disco Solar	4	4	4
Refletor Fresnel	1	4	2

Fonte: (PEREIRA, et al., 2014).

➤ **Alteração e/ou degradação da paisagem**

De acordo com o dicionário Aurélio, paisagem pode ser entendida como uma “extensão de território que se abrange com um lance de vista” (FERREIRA, 2010). Para o geógrafo Carl Sauer, “não podemos formar uma ideia de paisagem a não ser em termos de suas relações associadas ao tempo, bem como suas relações vinculadas ao espaço. Ela está em um processo constante de desenvolvimento ou dissolução e substituição” (SAUER, 1998). Desta forma, na implantação de uma usina solar heliotérmica haverá alterações na paisagem que podem variar conforme o porte e o local do empreendimento. Em casos mais severos, a paisagem pode ser deteriorada ou degradada, sendo necessárias medidas de controle, monitoramento e de mitigação. Assim, faz-se importante para as populações locais um acompanhamento e formação de consciência durante todo o processo de implantação, pois, para Sauer (1998), “no sentido cronológico, a alteração da área modificada pelo homem e sua apropriação para o seu uso são de importância fundamental”, dentro de uma análise das ciências sociais e também ambiental. A descaracterização de uma paisagem reflete aspectos visíveis de alterações no meio ambiente (SAUER, 1998).

➤ **Emissão de ruídos e alteração sonora**

Conforme a norma brasileira ABNT/NBR-10.152:1987 – Níveis de Ruído para Conforto Acústico, os máximos níveis aceitáveis conforme a finalidade a que se relaciona chega até a 60dB (ABNT, 1987). Assim, qualquer atividade que



apresente níveis superiores a esses é considerada promotora de desconforto à população, sem, contudo, implicar necessariamente em danos à saúde humana.

Portanto, devido à grande movimentação de veículos e máquinas pesadas, que emitem ruídos e podem causar alterações na sonoridade do ambiente natural e nas comunidades humanas circunvizinhas, há emissão de ruídos na área de abrangência do empreendimento, mas geralmente não chegam a causar danos à saúde humana. Contudo, essas emissões devem ser monitoradas durante todo o processo de implantação do empreendimento. Durante a fase de operação e manutenção da usina também há emissões de ruídos, mas geralmente dentro dos níveis estabelecidos pela NBR-10.152 (ABNT, 1987).

➤ **Geração de resíduos sólidos e riscos de contaminação do solo**

A norma brasileira ABNT/NBR-10.004:2004 – Resíduos Sólidos - Classificação – explicita que resíduos sólidos são “aqueles resíduos nos estados sólido e semissólidos, que resultam de atividades da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição” (ABNT, 2004). Carneiro et al. (2001) destacam que a construção civil é considerada uma das atividades que mais geram resíduos e causam alterações no meio ambiente, em todas as suas fases, desde a extração de matérias-primas, até o final da vida útil da edificação, abarcando desde as etapas de construção até aquelas de manutenção, reforma, ampliação, desocupação e demolição (CARNEIRO, et al., 2001). Assim sendo, é claro o fato de que no canteiro de obras há geração de resíduos sólidos provenientes das atividades humanas e do descarte de inertes.

De acordo com Nass (2002), “contaminação é a presença, num ambiente, de seres patogênicos, que provocam doenças, ou substâncias, em concentração nociva ao ser humano” (NASS, 2002). O óleo térmico, fluido de trabalho de algumas usinas heliotérmicas, deve ser tratado com bastante cuidado, pois é inflamável e, caso tenha contato com o solo, pode ser nocivo ao meio ambiente. Ainda que alguns tipos de óleo sejam biodegradáveis e facilmente removíveis



em caso de vazamento, inspeções e manutenções preventivas e corretivas devem ser realizadas com frequência. Existe uma outra tecnologia que substitui os óleos térmicos por sal fundido, que não é tóxico e se solidifica quando exposto a temperatura ambiente. Assim, se houver algum vazamento, é possível coletar o sal com uma pá (IBICT, 2015). Há também armazenagem e manuseio de outros produtos químicos, como óleos e graxas, além de materiais de limpeza. Assim, com a geração desses passivos ambientais, há um risco de potencial contaminação do solo por vazamento ou acondicionamento inadequado e ineficiente destes materiais.

➤ **Geração de poeiras/gases e alterações na qualidade do ar**

Conforme a Resolução CONAMA-003/1990, “qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e flora, ou ainda prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade é considerado um poluente atmosférico” (BRASIL & CONAMA, 1990). Para tais poluentes, no que tange à manutenção da qualidade do ar, a Resolução estabelece uma concentração máxima permitida, característica a cada tipo de poluente, sejam eles Partículas Totais em Suspensão (PTS), fumaça, Partículas Inaláveis (PI ou PM10), Dióxido de Enxofre (SO₂), Monóxido de Carbono (CO), Ozônio (O₃) ou Dióxido de Nitrogênio (NO₂) (BARBOSA, et al., 2015).

Com relação à etapa de construção do empreendimento, a circulação de veículos e o manuseio de máquinas e equipamentos na área do canteiro, além da deposição de materiais diversos e o manejo de materiais terrosos, podem causar, durante o andamento das obras, o lançamento de poeiras fugitivas (material particulado) e gases na atmosfera, alterando assim o padrão da qualidade do ar local. As poeiras podem depositar-se sobre áreas de vegetação



e/ou em cursos d'água, causando alterações na paisagem e nos ciclos de suprimento da fauna e da população locais. A abrangência e intensidade deste impacto podem variar conforme o porte do empreendimento.

A Resolução CONAMA-003/1990 também estabelece os chamados Níveis de Qualidade do Ar, que devem servir de parâmetro para a elaboração do “Plano de Emergência para Episódios Críticos de Poluição do Ar” (BRASIL & CONAMA, 1990). Este plano deve servir de suporte às providências que devem ser tomadas pelo empreendedor, pela comunidade local e até mesmo pelos governos de Estado e dos Municípios, com o objetivo de prevenir grave e iminente risco à saúde da população (BARBOSA, et al., 2015).

O relatório da Agência Internacional de Energia – AIE (IEA - *International Energy Agency*) intitulado “*Technology Roadmap – Solar thermal electricity*”, edição de 2014, prevê que a participação da geração heliotérmica na produção de energia no mundo chegará a 11% (4.380 TWh) até 2050, com capacidade instalada de cerca de 982 GW (CASTRO, 2015), poupando assim 2,1 gigatoneladas (Gt) de CO₂ anualmente (IEA, 2014).

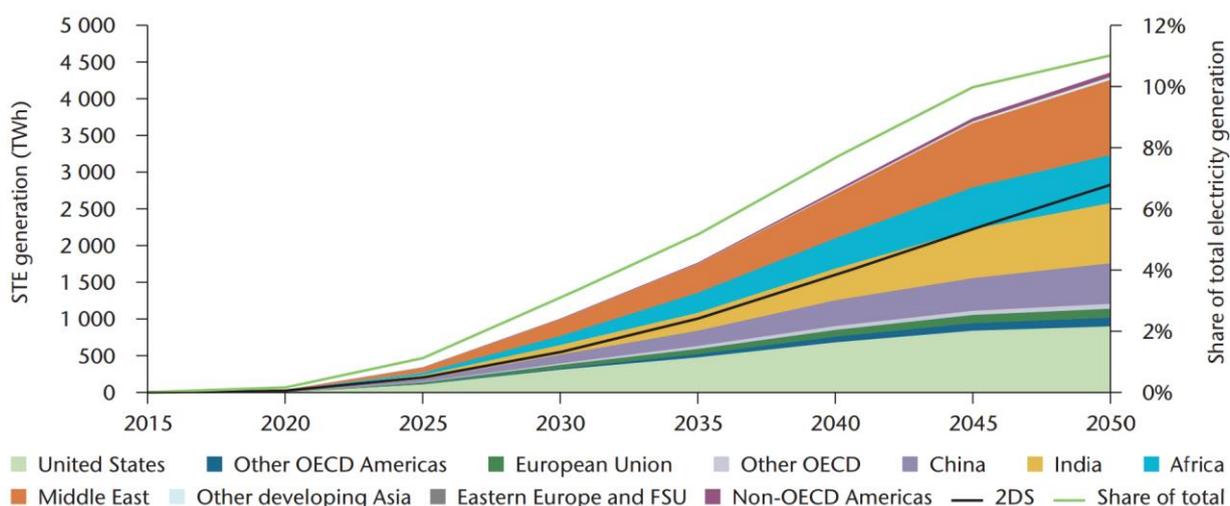


Figura 9: Previsão da capacidade instalada de CSP mundial.

Fonte: (IEA, 2014).



De acordo com o mesmo relatório da AIE, a tecnologia heliotérmica pode ser fundamental para a mitigação das mudanças climáticas (IEA, 2014).

➤ **Aceleração de processos de deterioração de estradas e vias de acesso**

Para entender os impactos deste tipo de empreendimento sobre as estradas públicas, particulares e as vias de acesso ao local do canteiro de obra, é preciso entender a constituição e o planejamento dos tipos de pavimentação usuais no país. De acordo com Júnior (1992), a constituição dos pavimentos de vias públicas se dá por estruturas que apresentam camadas diversas, com espessuras muito específicas, que são executadas após a terraplenagem. As estruturas e o revestimento apresentam o intento de resistir aos esforços (sejam eles verticais, horizontais ou tangenciais) provenientes do tráfego de veículos e dos efeitos das intempéries naturais, proporcionando, ainda, aos usuários conforto, segurança e economia. O autor define a composição dos pavimentos como sendo basicamente pelas camadas: subleito, reforço de subleito (se necessário), sub-base, base e revestimento (JÚNIOR, 1992). No projeto de pavimentação, Júnior (1992) apresenta os tipos de tráfego que devem ser levados em consideração, conforme as suas características que devem atender e suportar diariamente (JÚNIOR, 1992):

- muito leve (o fluxo de veículo é de até três veículos comerciais por dia);
- leve (o fluxo de veículos é de até cinquenta veículos comerciais por dia);
- médio (o fluxo de veículos é entre 51 e 400 veículos comerciais por dia);
- pesado (o fluxo de veículos é entre 401 e 2000 veículos comerciais por dia);
- muito pesado (o fluxo é acima de 2001 veículos comerciais por dia).

Isto posto, pode-se concluir que o aumento do fluxo de veículos e o trânsito de veículos pesados podem acelerar os processos de deterioração das estradas locais e das vias de acesso existentes, reduzindo o tempo de vida da



pavimentação. Este fato ocorre principalmente por as vias não terem sido planejadas para suportar este tipo circulação ou para atender a estas demandas. Desta forma, estes danos devem ser monitorados, mitigados e restaurados após o processo de implantação do empreendimento. Deve-se atentar para os usos das vias e sua importância para o desenvolvimento das atividades cotidianas das comunidades locais, realizando um planejamento logístico de forma a causar o mínimo de impactos possíveis aos usuários diretos e indiretos destas vias (BARBOSA, et al., 2015).

➤ **Consumo de água**

Para sistemas heliotérmicos, um fator importante a ser considerado na análise de impactos é com relação ao consumo de água, uma vez que esta é utilizada para gerar vapor, limpar os espelhos e refrigerar a usina. A água utilizada deve ser tratada ou de qualidade elevada, e é necessária para o processo de resfriamento das diferentes plantas, para geração de vapor de processo e para a lavagem dos espelhos ([DOE US], 2006). Sabe-se, contudo, conforme apresentado por Carter e Campbell (2009), que a maior parte da água é consumida para o resfriamento, e somente pequena parcela para a lavagem dos espelhos (CARTER & CAMPBELL, 2009). Porém, em áreas favoráveis às usinas heliotérmicas, a água muitas vezes é escassa. Nestes casos, quando as áreas de implantação estão distantes de fontes de água para atender suas demandas, um fator agravante é captar e fornecer água de fontes mais distantes, bem como purificar a água para o resfriamento dos sistemas, podendo aumentar a complexidade e os custos da usina (CARTER & CAMPBELL, 2009). Por isso, pesquisadores já estudam novas formas de aproveitamento mais eficiente desse recurso. Para realizar a limpeza dos espelhos, minimizando o volume da água demandada, pode-se, por exemplo, utilizar-se de robôs ou equipamentos de precisão.

Para a refrigeração do ciclo água/vapor, onde ocorre o maior consumo de água, podem ser utilizadas torres de resfriamento secas (condensadores a ar),



reduzindo o consumo hídrico em mais de 90%; no entanto, essa tecnologia é mais cara e reduz a eficiência da usina (MARANHÃO, 2014). As diferenças no consumo de água entre as tecnologias CSP são:

- Torre Solar: tem sistema de resfriamento híbrido, utilizando 21% do volume consumido no sistema de resfriamento a água (WCC - *Water-cooled Condenser*). Quando o sistema de resfriamento é a ar (ACC - *Air-cooled Condenser*), o volume de água consumido é de apenas 3,24% do volume consumido no sistema WCC.
- Cilindro ou Canal Parabólico: o volume de água consumido no sistema de resfriamento híbrido é 25,25% do volume de água consumido nos sistemas WCC. O sistema do tipo ACC consome 6,84% do volume de água consumido pelo sistema WCC.
- Refletor Linear Fresnel: é a que consome maior volume de água (3785,41 L/MWh). Nesse tipo de sistema de concentração solar, o fluido de trabalho é a água, que movimenta diretamente a turbina com os vapores gerados pelos concentradores solares, dispensando o uso de trocadores de calor. Além de ser fluido de trabalho, a água também é usada para limpeza e manutenção dos espelhos.
- Disco Parabólico (Stirling): necessitam de água apenas para limpeza e manutenção de espelhos, já que seus motores operam segundo o ciclo Stirling.

Tabela 5: Consumo de água em heliotérmicas.

Sistema de resfriamento	Tipo de concentrador solar	Volume de água consumida (L/MWh)		
		Mínimo	Máximo	Médio
Água	Canal Parabólico	2.744,42	4.001,18	3.372,80
	Torre Solar	2.801,20	3.255,45	3.028,33
	Linear Fresnel	3.785,41	3.785,41	3.785,41
Ar	Canal Parabólico	162,77	299,05	230,91
	Torre Solar	98,42	98,42	98,42
Híbrido	Canal Parabólico	397,47	1.305,97	851,72
	Torre Solar	340,69	946,35	643,52
Sem sistema de resfriamento	Disco Parabólico	15,14	22,71	18,93

Fonte: (MACKNICK & al., 2011).



➤ **Geração ou acirramento de processos erosivos e alterações do comportamento hídrico e do fluxo hidrológico superficial**

A erosão pode ser entendida, segundo (BERTONI & NETO, 2010), como um processo de desprendimento e arraste acelerado das partículas do solo, podendo ser causado pela água ou pelo vento; ou ainda, conforme (RESENDE & ALMEIDA, 1985), a erosão pode ser considerada como sendo basicamente uma reação da natureza em estabelecer um novo equilíbrio. Embora os processos erosivos sejam naturais, estes podem ser intensificados por ações de origem antrópica, pois, quando o solo passa a ser manejado para qualquer finalidade, ocorrem desequilíbrios que promovem a instabilidade do sistema (BRASIL, 1983) e, como nem sempre o destino que se dá às terras é o mais adequado, são gerados processos de degradação de solos causados, principalmente, pela erosão hídrica (MERTEN, et al., 1995). É crucial enfatizar que os diferentes tipos de solos apresentam diferentes classificações quanto à sua suscetibilidade à erosão. A suscetibilidade indica uma condição potencial, determinada por alguns fatores como a litologia, os tipos de solos, o relevo e a cobertura vegetal, entre outros.

Algumas etapas da implantação do projeto podem desencadear processos erosivos ou provocar o acirramento dos mesmos, haja vista que, com o desmate e os destocamentos do terreno, poderão ocorrer perdas da camada superficial do solo, pois as raízes carregam volumes de solo superficiais, deixando a superfície mais susceptível aos agentes erosivos. Por conseguinte, pode-se intensificar os processos naturais de transporte e migração de sedimentos arenosos a direções mais baixas, como vales de pequenos cursos d'água, podendo ocorrer assoreamentos de cursos de drenagens naturais, chegando até a afetar o comportamento hídrico local. Este impacto pode ocorrer, também, na etapa de construção das vias de acesso. Já quando as estradas estiverem efetivamente implantadas e ativas, poderão ocorrer processos erosivos em seus leitos durante o período chuvoso. Ainda nesta etapa de implantação poderá ocorrer alterações no fluxo hidrológico superficial da área de influência direta do



empreendimento, tendo em vista que alguns trechos das vias poderão conter o fluxo natural das águas, diminuindo a superfície de infiltração das águas pluviométricas. Os processos erosivos estão diretamente relacionados à dinâmica de escoamento das águas superficiais. Os procedimentos construtivos e os cuidados no controle do escoamento das águas superficiais constituem as principais medidas preventivas quanto à ocorrência destes (BARBOSA, et al., 2015).

➤ **Alterações morfológicas e instabilidade temporária da superfície**

A morfologia do solo, conforme expresso por (GUERRA, 2008), diz respeito à constituição física de algumas propriedades do solo, como: textura, estrutura, consistência, porosidade, cor e espessura dos horizontes, considerando cada perfil de solo. As características morfológicas são responsáveis por definir as possibilidades de uso do solo, o tipo de desenvolvimento vegetal e a sua capacidade de suportar as intervenções antrópicas (como obras de engenharia civil), os delineamentos do movimento de água no perfil dos solos e sua resistência à degradação por processos naturais, como a erosão.

De acordo com Anon (1995) as alterações geotécnicas são caracterizadas por processos de modificação dos materiais rochosos, na superfície terrestre ou perto dela, por meio de decomposição química e desagregação física. O autor, ainda esclarece que o tipo de alteração e a natureza dos seus produtos são fortemente influenciados pelo clima e litologia local (ANON, 1995).

As alterações geotécnicas e na morfologia do solo podem causar instabilidade na sua superfície. No caso da implantação de usinas CSP, podem ocorrer tais alterações, gerando instabilidade localizada no solo e nas bacias de contribuição hídrica de todo o entorno da obra, o que pode favorecer a movimentação de materiais e sedimentos arenosos, culminando em assoreamento das drenagens naturais e desencadeando processos erosivos. Geralmente, são previstas alterações no relevo original do terreno da área de intervenção, pois são



necessárias, na maioria das vezes, adequações da superfície para a instalação do empreendimento. A movimentação de terra, veículos e pessoas, além do manejo de materiais e equipamentos no local e entorno, podem acarretar também em instabilidade do terreno. Contudo, tal instabilidade tende a ser temporária, desde que monitorada em todas as etapas de obras de engenharia civil (BARBOSA, et al., 2015).

4.1.2. Principais impactos sobre o meio biótico

Os processos biológicos são dinâmicos, e alterações causadas tanto pelas ações antrópicas quanto as de caráter natural ocorrem de maneira contínua, considerando-se a interdependência entre o bem-estar humano e o ambiente ecologicamente equilibrado. Contudo, a construção de uma usina heliotérmica pode provocar impactos consideráveis nos ecossistemas locais, modificando os ciclos de desenvolvimento da fauna e da flora local, tanto durante a fase de construção quanto durante a permanência do empreendimento ou sua exploração. Os impactos mais expressivos no meio biótico estão descritos a seguir.

➤ **Perda de cobertura vegetal**

Diversos autores ressaltam a importância da vegetação na proteção do solo, principalmente contra a erosão, e que o desmatamento pode promover o surgimento de áreas de risco e movimentação do solo por escorregamentos (GUIDICINI & NIEBLE, 1983). A cobertura vegetal reduz a energia potencial das gotas de chuva, reduzindo sua capacidade de remoção de partículas do solo. Quanto mais densa a cobertura vegetal, menor a vulnerabilidade e maior a estabilidade proporcionada ao solo (CREPANI, et al., 2001).

A presença de raízes promove, ainda, a redistribuição da água da chuva, auxiliando no transporte e movimentação de minerais e nutrientes. Outras



funções que podem ser observadas são a de melhorar a resistência do solo (FILHO, 1994), protegê-lo contra a compactação e aumentar a estabilidade do solo, retirando água do mesmo por meio da evapotranspiração (Gray & Leiser, 1982).

Pode-se perceber que no momento em que são feitas alterações na cobertura vegetal, o ciclo hidrológico sofre impactos direta ou indiretamente, uma vez que são reduzidas a capacidade de infiltração e a acumulação natural da água da chuva nas zonas de alteração, nos aquíferos e, por conseguinte, sua capacidade de suprir as plantas, animais e o próprio ser humano.

Posto isto, observa-se que a remoção da vegetação e destocamento, constituintes da cobertura vegetal natural do solo pode causar impactos consideráveis na área de implantação de uma usina solar (TURNEY & FTHENAKIS, 2011) (GEOCONSULT, 2012). Deve-se, portanto, realizar um monitoramento e controle adequados, de modo a controlar os riscos de concretização ou agravamento de outros impactos provenientes da perda da cobertura vegetal local.

➤ **Fragmentação de habitats**

Pode-se pensar a fragmentação como sendo a divisão de uma dada unidade do ambiente, sendo que as partes passam a ter condições ambientais diferentes em seu entorno. Refere-se, portanto, às alterações no habitat original, terrestre ou aquático. Neste caso, a fragmentação nada mais é do que o processo no qual um habitat contínuo é seccionado em manchas, ou em fragmentos, mais ou menos isolados (SHAEFER & HAGERDON, 1991). Considerando a fragmentação como a alteração de habitats, o resultado deste processo é a criação, em larga escala, de habitats ruins, ou negativos, para um grande número de espécies. Os fragmentos são afetados por problemas direta e indiretamente relacionados à fragmentação (BIERREGAARD-JR, et al., 1992), tal como o efeito da distância entre os fragmentos, ou o grau de isolamento e o tamanho e a forma



do fragmento. O processo global de fragmentação de habitats tem sido considerado a mais profunda alteração causada pelo homem ao meio ambiente.

A implantação de usinas heliotérmicas, dependendo de seu porte, pode contribuir para a fragmentação de habitats da região onde o empreendimento será instalado. Isoladamente, na maioria dos casos, este impacto não é muito evidente ou representativo. Contudo, deve-se levá-lo em consideração quando analisado de forma holística, confrontando-o com as demais atividades e projetos previstos para a região. É preciso ponderar que, provavelmente, tal fragmentação não causará a extinção de determinada espécie, mas ocasionará a redução da biodiversidade local.

➤ **Alteração da dinâmica dos ecossistemas locais**

O termo “ecossistema” designa um complexo sistema de relações mútuas, dinâmicas e contínuas, com transferência de matéria e energia, entre o meio abiótico e os seres vivos de determinada região (MEA, 2003). É formado por componentes bióticos e abióticos e caracteriza-se pelas diferentes formas relacionais de interação entre todos estes componentes (TANSLEY, 1935). O conjunto de indivíduos e comunidades de plantas e animais que constituem um ecossistema, bem como sua idade e distribuição espacial, associado aos recursos abióticos é conhecido como “estrutura ecossistêmica”, a qual fornece as fundações sobre as quais os processos ecológicos ocorrem (TURNER & DAILY, 2007). Sabe-se que em um ecossistema, as populações de diferentes espécies que o compõem estão em equilíbrio dinâmico entre si, isto devido à interdependência natural que garante a manutenção da sobrevivência e coexistências das espécies. O equilíbrio dos ecossistemas é dinâmico, pois constantemente sofre alterações, sejam lentas ou mais abruptas, de origens naturais ou antrópicas.

Nas etapas de implantação de uma usina CSP percebem-se intervenções antrópicas que podem modificar a dinâmica dos ecossistemas locais. A



construção de vias de acesso resulta na alteração da dinâmica ambiental da área, como a intensificação da mobilidade de sedimentos arenosos, devido à ação do vento e das chuvas sobre o solo descampado, podendo criar ou intensificar processos erosivos e de assoreamento. Poderá causar, ainda, alterações no fluxo hidrológico superficial devido à compactação do solo e redução da permeabilidade a águas pluviométricas. A fragmentação de habitats e as mudanças dos limites naturais das comunidades de espécies locais podem causar escassez de alimentos, forçando uma migração da fauna. A própria presença humana, intensificada durante as obras, mais significativamente na operação de veículos e máquinas, pode causar alterações no microclima local, disponibilidade de recursos naturais e interferências nos elos tróficos, bem como na rotina dos seres vivos do ecossistema local (BARBOSA, et al., 2015).

➤ **Afugentamento e fuga da fauna local**

Nos processos de retirada da vegetação e o destocamento para limpeza da área, pode ocorrer a fuga e o afugentamento da fauna local para áreas mais seguras (GEOCONSULT, 2012). Pode ocorrer ainda, a destruição de alguns locais de abrigo natural para a fauna local e até a eliminação de grupos inteiros da microfauna, devido tanto à remoção da vegetação quanto pelo revolvimento das camadas mais superficiais do solo. Algumas espécies de aves apresentam alta sensibilidade aos ambientes alterados, o que quase sempre está associada à sua dependência de ambientes florestais e de matas fechadas para abrigo (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 2007). Certos répteis, principalmente lagartos e serpentes, apresentam alta tolerância às alterações antrópicas, podendo ocorrer até mesmo em áreas povoadas (ZAHER, et al., 2011). Contudo, há espécies que apresentam uma sensibilidade maior quanto às alterações no ambiente, podendo haver fuga para outras áreas. Já os anfíbios são constantemente considerados o grupo de vertebrados mais ameaçados do mundo, devido a mudanças do seu habitat original, entre outros fatores (PIATTI, et al., 2012), configurando um grupo de espécies que deve ser rigorosamente monitorado, no intuito de evitar deslocamentos desnecessários de habitat. O



afugentamento da fauna local pode causar desequilíbrios tróficos e ainda superpopulações nas áreas circunvizinhas, desencadeando impactos em áreas próximas às usinas CSP.

➤ **Desequilíbrio de elos tróficos de cadeias alimentares locais**

Sabe-se que os diversos organismos que compõem determinada área possuem diferentes ciclos de vida e diversificados graus de sensibilidade aos vários tipos de estresse, como o aparecimento, o desaparecimento, os aumentos excessivos ou a diminuição drástica na densidade das populações das espécies (BRASIL, 2003). Tais peculiaridades, quando confrontadas com intervenções antrópicas, como a instalação de uma usina heliotérmica, podem ocasionar riscos de desequilíbrio de elos tróficos das diversas estruturas das cadeias alimentares locais. Este desequilíbrio pode ocorrer principalmente como consequência do desmate e da fuga da fauna local. Nota-se, portanto, que a fragmentação de habitats pode ser considerada como um dos potenciais fatores causadores deste tipo de impacto sobre o meio biótico, principalmente em áreas de implantação deste tipo de empreendimento.

➤ **Diminuição de potencial ecológico (atributos ambientais e biodiversidade)**

Em geral, as intervenções humanas (antrópicas) podem levar a um empobrecimento da estrutura ecológica e da diversidade da flora e da fauna locais (LIDDLE & SCORGIE, 1980). Tais ações também alteram o habitat de diversas espécies animais, chegando a ocasionar o desaparecimento de alguns grupos mais sensíveis, devido à suas peculiaridades, o que se agrava quanto menor o porte da espécie, como é o caso dos mamíferos (VAN ROOY & STUMPEL, 1995). A diminuição da área de habitat favorável ao desenvolvimento e sustentação de determinadas espécies pode levar a uma menor abundância regional destas, uma vez que esta redução inevitavelmente leva a certa diminuição da aptidão, o que significa menores taxas de



continuidade (sobrevivência e reprodução). Uma área menor de habitat de boa qualidade acarreta em menores populações, podendo ocasionar eventuais excedentes populacionais migrantes para outras áreas, onde passam a competir com as populações nativas ou residentes. Pode ocorrer, ainda, a migração para áreas de má qualidade.

A remoção de vegetação pode ocasionar certa homogeneização na comunidade de aves presentes em áreas que sofrem interferências antrópicas. No Brasil, de acordo com Silveira e Uezu (2011), algumas espécies têm se tornado comuns em ambientes modificados sob efeito das alterações antrópicas (SILVEIRA & UEZU, 2011). Os répteis desempenham papel ecológico essencial nas comunidades biológicas e o Brasil ocupa posição de destaque mundial com relação à diversidade de espécies (ZACHER, et al., 2011). Muitos répteis são muito adaptáveis e, portanto, pouco sensíveis às intervenções antrópicas, podendo coexistir com a espécie humana. Contudo, devido às reduções de atributos ambientais, como os padrões definidos de elos tróficos, podem ocorrer fuga de determinadas espécies ou ainda superpopulação de outras, invadindo as áreas circunvizinhas ao empreendimento em busca de alimento.

➤ **Riscos de acidentes com animais ou causados por animais**

A fragmentação de habitats e a descaracterização do ambiente natural podem gerar situações de risco de acidentes provocados por insetos, como mosquitos, abelhas e formigas, bem como por animais peçonhentos, como escorpiões, serpentes e aracnídeos. Deve-se, assim, observar com cautela as possibilidades de certos animais adotarem determinadas áreas do canteiro de obras e, posteriormente, da usina, como esconderijos e/ou tocas, principalmente canaletas, valas, caixas de drenagem, caixas de instalações e painéis elétricos, estruturas, suportes e demais equipamentos, entre materiais de construção, salas escuras (almoxarifados, por exemplo), banheiros, telhados, para citar alguns (BARBOSA, et al., 2015).



As mudanças nas rotas de fuga e nos limites naturais das comunidades formadas pelas espécies locais, além da remoção de tocas e esconderijos de determinadas espécies, pode causar a fuga de parte da fauna ou ainda sua invasão às áreas abrangidas pela obra e pelo empreendimento como um todo. De acordo com o Manual Básico de Estradas e Rodovias Vicinais, do DER de São Paulo (2012), a invasão de animais na pista de rolamento pode causar sérios acidentes em rodovias vicinais (BRASIL, 2012). Portanto, deve-se atentar às possibilidades de trânsito de animais silvestres nas vias de acesso, especialmente as construídas para atender ao empreendimento.

Um impacto identificado especificamente em usinas de torre solar é a mortandade de aves por queimaduras ou chamuscamento de suas penas. Conforme observado em instalações espalhadas pelo mundo, muitas aves não desviam o curso de voo ao se depararem com usinas heliotérmicas de torre central. Desta forma, há a possibilidade de ocorrerem queimaduras e chamuscamento de suas penas ao passar por regiões onde a concentração solar é elevada, impossibilitando o voo. Todavia, já há estudos sobre este comportamento, bem como trabalhos e projetos para o desenvolvimento de ferramentas para afugentar as aves dessas regiões. Dentre as possibilidades já levantadas estão: a emissão de sinais acústicos que imitem os sons dos predadores naturais dessas aves, bem como mecanismos de emissão de odores e utilização de luzes LED para afastar as aves. O Relatório Anual do Plano de Monitoramento de Aves e Morcegos, realizado pela *HT Harvey and Associates* demonstra, ao contrário do especulado, um cenário mais ameno quanto à quantidade de aves mortas (HTHA, 2015).

4.1.3. Principais impactos sobre o meio socioeconômico

A inserção de uma planta CSP, em determinada localidade, traz consigo uma série de impactos ambientais sobre o meio socioeconômico, sendo alguns positivos e outros negativos, podendo abranger apenas o entorno do local do empreendimento ou mesmo regiões maiores, desde o processo de implantação



até sua efetiva operação comercial. Os impactos mais expressivos no meio socioeconômico estão descritos a seguir.

➤ **Alteração do perfil da população**

A contratação de trabalhadores para a obra pode gerar pequena alteração no perfil da população, mas este efeito pode ser considerado pontual e localizado, sendo a principal alteração esperada o incremento na composição da população, seja em termos quantitativos, de gênero ou ainda culturais.

Quando as contratações se limitam à região, os efeitos de influências no comportamento cultural da população têm baixo impacto, uma vez que os fluxos migratórios ocorrerão apenas entre as proximidades da região e podendo os trabalhadores retornar diariamente aos seus lugares de origem, onde já mantêm enraizadas sólidas relações afetivas, familiares e sociais.

➤ **Geração de expectativa na população local e tensão emocional**

A possibilidade de contratação de mão-de-obra regional pode criar uma expectativa na população local quanto às possibilidades de aumento na oferta de emprego e, conseqüentemente, de renda. Contudo, as possibilidades de contratação se concentram na fase de implantação, principalmente no que se refere aos serviços de construção civil. Assim, devido à temporariedade dos contratos, pode ocorrer certa tensão emocional nos trabalhadores e suas famílias. Por isso, é importante que seja feito um bom trabalho de conscientização antes das contratações serem efetivadas. Há ainda a expectativa de melhorias nos sistemas de energia locais e na possível redução de custos com energia elétrica, quando se trata de geração distribuída ou sistemas de autoconsumo. Esta expectativa pode ser positiva no sentido de trazer novas perspectivas à população.



Contudo, tanto as expectativas quanto às tensões emocionais geralmente não demonstram muita relevância neste tipo de empreendimento, justamente devido às execuções em prazos muito curtos.

➤ **Geração de emprego e renda**

Neste tipo de empreendimento é importante buscar contratação de mão-de-obra local ou regional, possibilitando melhorias na qualidade de vida das comunidades próximas e nas populações da região (GEOCONSULT, 2012). Esta melhoria é tanto financeira/material quanto emocional. Mesmo no caso de mão-de-obra especializada, recomenda-se privilegiar os recursos quanto mais próximos da região do empreendimento. Estes impactos são positivos sobre o meio socioeconômico (BARBOSA, et al., 2015). A contratação de recursos humanos locais, ainda que em caráter temporário, resultará em pagamento de numerários, tendo como consequência natural o maior incremento do poder aquisitivo dos trabalhadores envolvidos e suas famílias.

➤ **Crescimento da economia local e aumento da arrecadação tributária**

O crescimento no volume de trabalhadores empregados no empreendimento tende a movimentar as operações comerciais locais e regionais, justamente pelo aumento da renda e do poder de compra dos grupos familiares (BARBOSA, et al., 2015). Assim, nota-se que, este aumento do poder de compra gera certo dinamismo no mercado local, tenha visto que há maior circulação de moeda. Há ainda, uma série de operações comerciais derivadas das necessidades do próprio empreendimento, como materiais de construção civil, ferramental básico, equipamentos, alimentação, dentre outros. Com efeito, com o crescimento do comércio, espera-se o aumento de arrecadação tributária.



➤ **Desconforto ambiental**

A área de instalação da usina heliotérmica pode apresentar alguma instabilidade ambiental decorrente da própria temporalidade das etapas de pré-operação definitiva do empreendimento. Esta instabilidade, aliada ao armazenamento de materiais, à presença de máquinas e equipamentos pesados no local, além de sistemas temporários de fornecimento de água, energia, comunicações e esgoto, podem causar um desconforto ambiental na população local, devido aos diversos riscos associados às estas práticas inerentes ao empreendimento.

➤ **Ofuscamento de pilotos de aeronaves**

A grande quantidade de espelhos, distribuída por extensas áreas, característica da constituição de usinas heliotérmicas, pode gerar algum tipo de ofuscamento em pilotos de aeronaves que, por ventura, venham trafegar em espaço aéreo sobre usinas CSP. Há alguns relatos de reclamações de pilotos que sobrevoaram em espaço aéreo próximo da usina heliotérmica de *Ivanpah Solar Power Facility*, instalada no deserto de Mojave na Califórnia – EUA, à respeito de certo efeito de ofuscamento dentro das cabines ([LVMCIA], 2014). Contudo, não foram encontrados estudos específicos sobre estes fatos. No entanto, há de ser observado que o reflexo disperso dos espelhos é bem semelhante àquele gerado em construções urbanas (fachadas, janelas, cúpulas, etc.), sendo pouco influente na redução do campo de visibilidade dos pilotos. É importante lembrar que os espelhos estão focados em um determinado ponto da usina, variando conforme a tecnologia utilizada, ou seja, a maior concentração de energia (térmica e luminosa) está neste ponto central. Deve-se cuidar, portanto, que o empreendimento esteja completamente de acordo com o projeto aprovado e que todos os espelhos estejam alinhados no ângulo correto, de modo a evitar desvios de foco que, eventualmente, poderiam causar algum risco à aviação. A tecnologia de Torre Solar é a mais propícia de causar este tipo de impacto.



➤ **Riscos ao patrimônio arqueológico não manifesto**

Quando se tratar de obra de infraestrutura em local ainda não urbanizado, ou com aspectos superficiais de ação humana, em áreas não previamente identificadas como de interesse arqueológico, pode ocorrer de se encontrar, fortuitamente, bens arqueológicos. Pode ocorrer dos estudos prévios não identificarem de forma efetiva os potenciais arqueológicos, podendo ocorrer danos ao patrimônio arqueológico não manifesto, o que vem causando perdas no desenvolvimento do conhecimento científico sobre as civilizações antepassadas que habitaram ou desenvolveram suas atividades na região (NEVES, 2013). Este impacto não é muito comum neste tipo de empreendimento, mas, caso ocorra, pode causar danos irreversíveis à história e à cultura local e regional.

➤ **Aumento do fluxo de veículos**

O aumento do fluxo de veículos, intensificado pelo tráfico de veículos pesados, como ônibus para transporte de trabalhadores e caminhões para transporte de materiais/equipamentos e rejeitos, pode causar transtornos às comunidades próximas ao empreendimento, como: poeiras, emissão de gases e ruídos, deterioração do sistema viário da região, podendo ainda ocasionar acidentes com pessoas e animais, ou até o afastamento destes de seu habitat natural (REIS, et al., 2014).

➤ **Crescimento do setor de serviços**

A implantação deste tipo empreendimento pode causar certo crescimento no setor de serviços local e regional, pois se pressupõe a necessidade de locação ou contratação de equipamentos pesados, além de contratação de empreiteiras para a execução da obra em diferentes etapas. Na fase de operação, pode também ocorrer contratações de serviços, como limpeza e manutenções preditivas.



➤ **Consumo de materiais e ciclo de vida**

As demandas internas da obra poderão ocasionar o aumento no consumo de materiais elétricos, de escritório e de limpeza e higiene. Se por um lado este impacto pode ser positivo, pois aumentará a circulação de moeda e trará mais recursos ao comércio local, por outro, tem-se que atentar à possibilidade de que sejam exauridos os estoques para atendimento à população local, podendo ocorrer breves períodos de escassez de determinados materiais. Contudo, com um planejamento adequado, é possível auxiliar os comerciantes locais a se prepararem com relação à questão da disponibilidade e perenidade de seus estoques, principalmente no período de implantação da usina CSP.

Todavia, é necessário considerar o ciclo de vida dos equipamentos utilizado para estimar-se a magnitude dos impactos causados pelos sistemas heliotérmicos ao meio ambiente. Assim, uma alternativa é a realização da Análise de Ciclo de Vida - ACV, que considera estágios consecutivos de um produto desde a matéria prima até a sua disposição final, e, em sua maioria, é realizada com o objetivo de comparar tecnologias de acordo com o sua “pegada” ambiental. Nesta perspectiva, tendo-se como premissa que os sistemas heliotérmicos requerem como matéria prima fundamental o aço, o vidro, o concreto, o material de isolamento térmico e o cobre, apresentam-se na Tabela 6, a título de exemplificação, os valores de algumas quantidades de materiais de referência para uma planta de calhas parabólicas de 50 MW com 7 horas de armazenamento térmico (utilizando sal).

Tabela 6: Quantidade de material requerida para produção de um sistema CSP de referência que utiliza calhas parabólicas com capacidade de 50MW e 7 horas de armazenamento térmico.

Material	Quantidade requerida (toneladas)
Aço ou alumínio	10.000 – 15.000
Vidro	6000
Sal fundido para armazenamento térmico	25.000 – 30.000
Concreto	10000
Cobre	300

Fonte: ([FRAUNHOFER], 2011).



Assim, conforme dados da literatura, o tempo médio de recuperação da energia utilizada para a produção de um sistema de concentração solar pode ser bastante baixo, com valores variando de 0,7 até 7,5 anos, enquanto sua vida útil pode variar de 25 a 30 anos ([IPCC], 2006).

Com relação à disposição final dos materiais, a maior parte pode ser reciclada e reutilizada, inclusive em novas usinas CSP.

➤ **Aquisição de serviços especializados**

Para uma obra no porte de uma usina heliotérmica, é praticamente inevitável a aquisição de serviços especializados que muitas vezes não são contemplados pelas empreiteiras locais, como topografia, geotecnia, arqueologia, testes de comissionamento, entre outros. Esta necessidade traz benefícios aos profissionais liberais, consultores e às empresas especializadas do entorno do empreendimento ou da região, aumentando a circulação de moeda e a arrecadação tributária. Contudo, pode ocorrer de a região não atender a estas necessidades, sendo preciso buscar estes serviços em outras regiões, muitas vezes em cidades polo ou até mesmo nas capitais dos Estados.

➤ **Riscos de acidente de trabalho**

Durante todo o processo de implantação da usina haverá riscos, em diversos graus de probabilidade e gravidade, de que ocorram acidentes de trabalho, dentro do conceito estabelecido pela Lei Federal nº 8.213/91 (BRASIL, 1991). Estes riscos se acentuam com o uso de máquinas pesadas, ferramentas de corte e o aumento do fluxo de veículos. Contudo, desde que atendidos todos os requisitos legais quanto à higiene e segurança do trabalho, os riscos reduzem-se consideravelmente (VARGAS, 2005).



➤ **Segurança operacional**

De acordo com Barreto (2010), segurança operacional pode ser entendida como “o estado no qual o risco de lesões às pessoas ou danos aos bens é reduzido ou mantido em um nível aceitável, ou abaixo do mesmo, por meio de um processo contínuo de identificação de perigos e gerenciamento dos riscos” (BARRETO, 2010). A eficiência dos equipamentos, devidamente aprovada após testes de comissionamento, aliada ao treinamento adequado dos trabalhadores que vão operá-los e a sistemas de gestão integrados, poderá possibilitar maior segurança operacional, tornando o empreendimento mais confiável a todos os stakeholders, inclusive aos usuários e clientes do sistema.

➤ **Aumento da eficiência dos equipamentos**

A maior aplicabilidade de sistemas CSP tende a aumentar os investimentos em projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação o que, por consequência, exigiria maiores níveis de eficiência dos equipamentos componentes destes sistemas, no intuito de incrementar sua viabilidade técnica e econômica, contribuindo assim para o desenvolvimento da curva de aprendizado desta tecnologia. Assim, o uso de sistemas heliotérmicos impulsiona seu próprio aprimoramento e aperfeiçoamento, contribuindo para o alinhamento das perspectivas nacionais e internacionais de crescimento e consolidação da geração de energia elétrica por meio da conversão direta da energia solar (SANTOS, 2011).

➤ **Aproveitamento de fonte de energia**

Conforme identificado no Atlas Solarimétrico de Minas Gerais (CEMIG, 2012), a DNI - *Direct Normal Irradiance* (Irradiância Normal Média) média para o Estado e o número de horas de brilho solar efetivo entre 5,0 e 9,5 horas ao longo do ano, favorecem a implantação de usinas CSP, ocorrendo o aproveitamento deste potencial de uma fonte limpa e gratuita, disponível na natureza, extraído-se de



sua análise de viabilidade econômico-financeira os custos de obtenção de combustível (BARBOSA, et al., 2015).

➤ **Melhoria na oferta de energia elétrica**

A operação de uma usina CSP pode resultar em um incremento da oferta de energia elétrica, uma vez que, por se tratar de uma produção de energia por meio de fonte renovável, representa considerável importância para suprir o setor energético durante os períodos de baixa capacidade de produção das usinas hidroelétricas que, pelo SIN, fornecem energia para a região de implantação. Além do mais, conforme o pensamento de Sauer (2002), a descentralização no fornecimento de energia elétrica pode configurar menor dependência das fontes convencionais, aumentando a confiabilidade (SAUER, 2002) e, por conseguinte, melhorando a oferta de energia local (ABINEE, 2012).

A produção anual real de uma planta de energia solar sempre varia devido à variação natural da luz do sol, de nuvens ou do vento. Portanto, não se deve analisar o desempenho de uma CSP durante um único ano, mês ou semana (IBICT, 2015). Uma vantagem considerável da geração heliotérmica com relação a outras fontes renováveis está na sua capacidade de armazenamento, relativamente mais barata do que outros tipos de armazenamento, como o eletroquímico, por exemplo.

➤ **Aumento da segurança e confiabilidade no setor energético da região**

Para garantir a confiabilidade e segurança de uma planta heliotérmica, faz-se necessária a aplicação de medidas específicas de proteção de modo a manter a integridade das pessoas, dos equipamentos relacionados ao sistema e do próprio sistema local. Assim, para Santos (2011), além da melhoria da eficiência, a confiabilidade dos sistemas deve ser assegurada (SANTOS, 2011). Esta confiabilidade pode ser galgada a partir dos objetivos estabelecidos pelo PROINFA, que expressa que uma forma de garantir e aumentar a confiabilidade



e a segurança no abastecimento de energia elétrica de qualidade está na diversificação da matriz energética nacional, o que pode ser aplicado também à matriz energética estadual. Esta constatação, apresentada por Costa e Prates (2005), reflete o pensamento de que a confiabilidade dos sistemas de geração de eletricidade atuais no Brasil, mantida através do estoque estratégico de energia sob a forma de água reservada, está fragilizada (COSTA & PRATES, 2005).

De acordo com Sauer (2002), sistemas centralizados têm seu grau de confiabilidade no fornecimento de energia de boa qualidade vinculado à capacidade de transmissão desta energia no SIN (SAUER, 2002). Desta forma, sistemas descentralizados contribuem para o aumento da confiabilidade de fornecimento de energia local, uma vez que dispensam grandes e complexos sistemas de transmissão, caracterizados por perdas consideráveis, sejam elas efetivas ou potenciais.

Além disso, a flexibilidade das usinas heliotérmicas aumentaria a segurança energética e, pelo uso de turbinas a vapor, poderia prover serviços auxiliares necessários para o fornecimento de energia de maneira tão estável como os sistemas convencionais atuais. Desta forma, a implantação de sistemas descentralizados e de fontes renováveis, que contribuem para a diversificação das matrizes energéticas, caracterizam um fator de aumento da confiabilidade e segurança no fornecimento de energia elétrica (BARBOSA, et al., 2015).



5. DO CONFLITO NORMATIVO FEDERAL PARA O LICENCIAMENTO AMBIENTAL

Este estudo procura demonstrar a necessidade de se estabelecer uma normativa que contenha a definição do conceito ou da aplicabilidade do termo pequeno potencial de impacto ambiental, de forma complementar à Resolução CONAMA nº 279/2001, visando a esclarecer os requisitos técnicos para o licenciamento ambiental de usinas solares heliotérmicas em território nacional. Vale antes ressaltar, a importância das energias alternativas dentro do desenvolvimento socioeconômico nacional. Desde a crise do petróleo na década de 1970, a adoção dessas energias tem sido amplamente buscada pelos países, visando dar segurança no fornecimento de energia e a redução da dependência da importação de combustíveis. As preocupações ambientais principalmente no que tange as mudanças climáticas imprimiram uma maior determinação pela busca de alternativas mais limpas de produção de energia.

O desenvolvimento do cenário de energia solar heliotérmica no Brasil pode alcançar seus objetivos estratégicos de aumentar a segurança energética, reduzir as emissões gases de efeito estufa e impulsionar a criação de empregos. Outro aspecto importante é o arrendamento de terras por parques solares heliotérmicos, visto que seu uso pressupõe regiões áridas, de clima quase desértico, com grande irradiação solar, onde o arrendamento da terra pode trazer um ganho econômico ao proprietário e desenvolvimento social e econômico para a região.

Para o licenciamento de empreendimentos de geração de eletricidade por meio de fontes renováveis existe um conflito normativo de aplicabilidade entre a resolução CONAMA nº 01/1986 e a de nº 279/2001. Para melhor entendimento vale expor as disposições contrárias. Na resolução CONAMA nº 01/1986, o art. 2º dispõe:

Artigo 2º - Dependerá de elaboração de estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto ambiental - RIMA, a



serem submetidos à aprovação do órgão estadual competente, e do IBAMA em caráter supletivo, o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente, tais como:

XI - Usinas de geração de eletricidade, qualquer que seja a fonte de energia primária, acima de 10 MW.

E a resolução CONAMA nº 279/2001, que estabelece procedimentos para licenciamento ambiental simplificado de empreendimentos elétricos com pequeno potencial de impacto ambiental, em seu art. 1º, dispõe:

Art. 1º Os procedimentos e prazos estabelecidos nesta Resolução aplicam-se, em qualquer nível de competência, ao licenciamento ambiental simplificado de empreendimentos elétricos com pequeno potencial de impacto ambiental, aí incluídos:

IV - Usinas Eólicas e outras fontes alternativas de energia.

Em vista do desenvolvimento tecnológico envolvendo as usinas solares heliotérmicas, fica inaplicável falar-se de usina solar heliotérmica com geração de eletricidade igual ou inferior a 10 MW. Nesse sentido aplicando o texto da resolução CONAMA nº 01/1986, todas as usinas a serem licenciadas seriam através de EIA/RIMA. Porém, considerando a crise de energia elétrica e a necessidade de atender a celeridade estabelecida pela Medida Provisória nº 2.152-2, de 1º de junho de 2001, foi criada a resolução CONAMA nº 279/2001, que visa incentivar a geração renovável por meio da simplificação dos processos de licenciamento dessas fontes. Contudo, essa resolução, em seu texto inicial, apresenta aspectos não abordados que abrem a necessidade de uma nova discussão:

“Considerando a dificuldade de definir-se, a priori, impacto ambiental de pequeno porte, antes da análise dos estudos ambientais que subsidiam o processo de licenciamento ambiental e, tendo em vista as diversidades e peculiaridades regionais, bem como as complexidades de avaliação dos efeitos sobre o meio ambiente decorrentes da implantação de projetos de energia elétrica”.

Conforme exposto, as normativas divergentes inserem então uma insegurança jurídica para os técnicos, quanto a quem deve determinar o que é pequeno porte, o próprio técnico ou o texto legal. A segurança jurídica depende da aplicação, ou melhor, da obrigatoriedade do Direito. Tal afirmativa comprova que o legislador



deverá procurar atender aos anseios sociais no momento da elaboração das leis, pois estas, entendidas aqui como conjunto de normas, englobam o princípio da segurança jurídica tendo em vista que as mesmas compõem e guiam o ordenamento jurídico. Tal princípio é composto no lado objetivo, representado pela irretroatividade das normas e a proteção dos atos constituídos ante as alterações supervenientes da legislação; e no lado subjetivo, representado pelo princípio da proteção da confiança, segundo o qual a estabilidade das relações jurídicas está ligada à preservação das expectativas legítimas surgidas no seio da sociedade, em relação à legitimidade dos atos emanados da administração.

Miguel Reale, discorrendo acerca da obrigatoriedade ou a vigência do Direito, afirma que “a ideia de justiça se liga intimamente à ideia de ordem. No próprio conceito de justiça é inerente uma ordem, que não pode deixar de ser reconhecida como valor mais urgente, o que está na raiz da escala axiológica, mas é degrau indispensável a qualquer aperfeiçoamento ético”.

Como visto, o Princípio da Segurança Jurídica encontra-se diretamente relacionado aos direitos e garantias fundamentais do nosso Estado Democrático de Direito. Destacando que em virtude da dinamicidade do Direito na tentativa de acompanhar o desenvolvimento social, cabe aos legisladores a busca incessante de se aperfeiçoar o sistema legal do país.

Segundo o exposto, não há que se contestar a aplicabilidade da Resolução CONAMA nº 279/2001, que está alinhada aos dispostos constitucionais, em especial ao art. 225, e de forma complementar as resoluções CONAMA nos 01/1986 e 237/1997, no que tange empreendimentos do setor elétrico. Porém, para a aplicabilidade efetiva da referida normativa deve-se esclarecer a dúvida quanto ao conceito de pequeno potencial de impacto ambiental para cada tipologia de fonte alternativa de energia. Nesse sentido esse estudo sugere a elaboração de uma normativa CONAMA, que defina a aplicabilidade do termo pequeno potencial poluidor para o caso de usinas solares heliotérmicas.



6. CONTRIBUIÇÕES PARA ELABORAÇÃO DE NORMATIVA ESTADUAL PARA O LICENCIAMENTO AMBIENTAL

A seguir, são apresentados alguns aspectos que podem desempenhar um papel relevante no estabelecimento das definições do porte e potencial poluidor de empreendimentos heliotérmicos de geração de energia elétrica.

Vale observar os seguintes parâmetros para essa classificação e propostas de condicionantes:

- Remoção de população que implique na inviabilização da comunidade e/ou sua completa remoção;
- Afetação direta no interior de Unidade de Conservação de Proteção Integral;
- Localização em sítios de reprodução e descanso identificados nas rotas de aves migratórias, salvo em áreas com pesquisa que demonstrem compatibilidade da atividade com as rotas; endemismo restrito e espécies ameaçadas de extinção reconhecidas oficialmente, onde a intervenção no ambiente inviabilize a comunidade;
- Intervenção física em cavidades naturais subterrâneas pela implantação do empreendimento, conforme legislação vigente;
- Localização em APP, áreas cársticas, terras indígenas, comunidades quilombolas, áreas com espécies ameaçadas de extinção, sítios de ocorrência de patrimônio histórico e arqueológico.

6.1. Justificativa de Porte

➤ Pequeno Porte

A Resolução Normativa (REN) nº 482/2012, da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, alterada pela Resolução Normativa nº 687/2015, inaugurou um novo modelo para o sistema elétrico brasileiro ao permitir a micro e minigeração



distribuída, alinhando a legislação brasileira às práticas similares já adotadas em outros países.

Com a promulgação da REN 482/2012, a consequente implementação do sistema de compensação de energia elétrica brasileiro e a modificação do Procedimentos de Distribuição - PRODIST, criou-se uma possibilidade regulatória para os chamados micro e mini geradores, agentes da Geração Distribuída - GD, e removeu-se uma barreira de conexão e geração de energia. Paralelamente, houveram quedas apuradas nos preços dos equipamentos no mercado internacional, favorecendo que a geração distribuída ganhasse impulso e consolidando-se como uma das opções a se considerar para atender a demanda do crescente mercado de energia brasileiro (ABINEE, 2012).

Todavia, não houve nenhum incentivo para estes geradores, excluindo o aumento dos descontos na Tarifa de Uso da Transmissão - TUST e Tarifa de Uso da Distribuição - TUSD de 50% para 80% nos dez primeiros anos de operação das usinas de fonte solar que entrarem em operação até 2017 (BRASIL, 2012), que possuam potência instalada de até 30 MW e que não sejam classificados como micro ou mini gerador (BRASIL, 2015).

Em Audiência Pública realizada pela ANEEL em novembro de 2015, foi aprovada a REN 687/2015, que altera a REN 482/2012, que havia instituído a GD. Em suma, a ANEEL tornou mais fácil para que as pessoas e empresas possam produzir a sua própria energia a partir de fontes renováveis (solar, eólica, hidráulica e de biomassa). Esta revisão traz como principais alterações as descritas a seguir (BRASIL, 2015):

- Estabelecimento das modalidades de autoconsumo remoto e geração compartilhada: abrindo as portas para a geração em terrenos afastados do local de consumo (mas ainda na área da mesma distribuidora) e para vizinhos que queiram participar do sistema de compensação de energia;
- Possibilidade de compensação de créditos de energia entre matrizes e filiais de grupos empresariais;



- Sistemas de geração distribuída condominiais (pessoas físicas e jurídicas);
- **Ampliação da potência máxima de 1 MW para 5 MW;**
- Ampliação da duração dos créditos de energia elétrica de 36 meses para 60 meses;
- Redução dos prazos de tramitação de pedidos junto às distribuidoras;
- Padronização dos formulários de pedido de acesso para todo o território nacional;
- Submissão e acompanhamento de novos pedidos pela internet a partir de 2017.

Assim, sugere-se para pequeno porte, o valor de potência equiparada a minigeração distribuída, ou seja, menor ou igual a 5 MW.

➤ **Grande Porte**

A redação da **Resolução Conama nº 01/1986**, relativo artigo 2º, inciso XI, dispõe da obrigatoriedade de realização do EIA/RIMA para usinas de geração de eletricidade de qualquer natureza com potencial instalado acima de 10 MW.

Apesar disso, a **Resolução Conama nº 279 de 2001**, em seu art. 1º, permite o licenciamento ambiental simplificado de empreendimentos elétricos com pequeno potencial de impacto ambiental, incluindo no inciso IV as Usinas Eólicas e outras fontes alternativas de energia, não definindo, porém, a regra a ser seguida para enquadramento da intensidade do potencial de um impacto ambiental.

Considerando estudos sobre o porte médio das maiores usinas solares do mundo e sobre o estágio atual de implantação das centrais solares heliotérmicas, até junho de 2016, é apresentado o histograma de distribuição de frequência das classes de potência das 169 usinas solares heliotérmicas consideradas pela *CSPWord* no mundo (Figura 10). A discriminação de cada usina com potência e localização são apresentadas pelo ANEXO I.

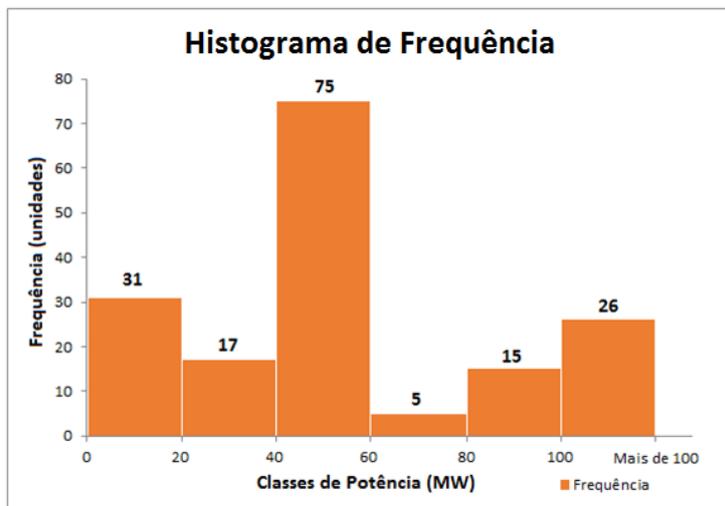


Figura 10: Histograma de distribuição de frequência das classes de potência instalada das heliotérmicas no mundo.

Fonte: Adaptado de (CSPWord, 2016).

Assim, sugere-se para grande porte, o valor de potência maior que 60 MW.

6.2. Justificativa Potencial Poluidor/Degradador

Considerando que os seguintes aspectos ambientais desta atividade:

➤ Ar (conforme DN Copam nº74/2004 inclui a poluição sonora).

- Não implica em poluição sonora, porque o processo de produção de energia em um sistema de captação de energia solar não é uma operação mecânica, mas um processo químico de interação de um elemento fluido, em geral sal fundido ou vapor d'água, com a radiação solar incidente.
- Não acarreta também emissões atmosféricas de poluentes, a não ser aqueles típicos do processo de construção, constituindo risco controlado pelo projeto.

➤ Água



- A instalação e operação de usinas heliotérmicas, a princípio, não têm interferências com a hidrologia. Todavia, os empreendimentos heliotérmicos, exceto pelos sistemas de Disco Parabólico, exigem alto consumo de água (por unidade de energia gerada) nos sistemas de refrigeração.

➤ **Solo (inclui conforme DN Copam nº74/2004 os meios biótico e socioeconômico):**

- **Cobertura de áreas/desmatamento:** devido à baixa eficiência dos sistemas de conversão de energia solar em elétrica (cerca de 12% já demonstrados e de até 23% previstos), torna-se necessário o uso de grandes áreas para captação de energia em quantidade suficiente para que o empreendimento se torne economicamente viável. Comparando-se, contudo, a outros recursos, como a energia hidráulica, por exemplo, a limitação de espaço não é tão restritiva ao aproveitamento da energia solar (ANEEL, 2002, p.16).
- **Poluição visual:** pode ser gerada, principalmente por uma grande matriz de utilização de energia solar.
- **Flora:** poderá haver interferências, caso se realize o desmatamento de grandes áreas com cobertura vegetal.
- **Fauna:** as aves e outros voadores são as mais afetadas devido a altas temperaturas no entorno das torres (cerca de 500°C) ou próximos ao centro das parábolas, onde percorrem os fluídos (saís fundidos).

6.3. Proposta de código para DN nº 74/2004

A proposta então sugerida para criação de código para DN nº 74/2004 (E-02 Infraestrutura de Energia) visando o licenciamento ambiental de usinas solares heliotérmicas contém os seguintes termos:



Usina Solar Heliotérmica

Potencial Poluidor/Degradador: Ar: P Água: M Solo: G **Geral: M**

Porte:

Capacidade Instalada \leq 5 MW: **pequeno**

5 MW < Capacidade Instalada \leq 60 MW: **médio**

Capacidade Instalada > 60 MW: **grande**



7. CONCLUSÃO

Este estudo objetivou analisar alternativas, dentro de um contexto de desenvolvimento sustentável, para impulsionar a implantação de usinas de geração elétrica por meio de fonte heliotérmica no estado de Minas Gerais. Neste sentido, foram identificados potenciais, avanços tecnológicos, projeções, perspectivas, possíveis impactos ambientais positivos e negativos, bem como discussões relacionadas às questões de licenciamento ambiental deste tipo de empreendimento.

O processo heliotérmico basicamente consiste na reflexão dos raios solares utilizando um sistema de espelhos, que refletem os raios para um receptor de calor. A energia térmica produzida é transferida para um líquido que é utilizado para acionar um fluido de trabalho que movimenta uma turbina e aciona um gerador, produzindo, assim, energia elétrica, como em uma usina termelétrica convencional. A diferença é que, nesta última, o calor é obtido pela queima de combustíveis fósseis, biomassa ou por fissão nuclear, enquanto numa usina heliotérmica, ele é obtido pela concentração dos raios solares. A usina solar heliotérmica tem a possibilidade de armazenar energia em forma de calor - diferente de outras usinas que sofrem com a intermitência - sendo possível, assim, gerar energia elétrica mesmo em dias nublados ou durante a noite.

Existem quatro configurações diferentes dos coletores de concentração solar: Torre Solar, Canal Parabólico, Linear Fresnel e Disco Parabólico, que diferem entre si em relação às estruturas físicas, o formato e dimensões dos espelhos, a movimentação em relação ao sol e, também, em relação à temperatura atingida pelo fluido de trabalho após o aquecimento.

O uso da energia solar, em suas diversas formas de aproveitamento, apresenta-se no cenário energético mundial como uma importante alternativa às fontes convencionais de geração de energia elétrica, mormente quando relacionada às perspectivas da aceleração dos processos de mudanças climáticas iminentes e



à necessidade de redução das emissões de gases de efeito estufa do setor energético. Todavia não se pode negligenciar os impactos ambientais que estão atrelados a este tipo de aproveitamento energético, que podem ser evidentes ou potenciais e de caráter temporal ou permanente, conforme os diversos processos de implantação de um empreendimento de geração por fonte solar, onde se destacam, para efeito deste estudo, as usinas heliotérmicas. É preciso, pois, avaliar tais impactos de forma ampla e sistematizada, de modo a minimizá-los ou atenuá-los.

Os impactos ambientais resultantes da implantação de sistemas heliotérmicos dependem e se caracterizam conforme os arranjos e diferentes tecnologias com as quais se configuram. Tais impactos são correlatos em grande parte a aqueles provenientes de aproveitamentos solares fotovoltaicos de grande escala, estando estreitamente relacionados à sua localização, às características físico-climáticas do local de implantação e às características dos ecossistemas locais.

Este estudo buscou identificar alguns dos principais impactos passíveis de ocorrência em empreendimentos deste modelo de geração, observados aqueles já em operação em várias localidades do mundo. Tais impactos estão estratificados em três agrupamentos específicos de fatores ambientais: meio físico, meio biótico e meio socioeconômico.

Os sistemas centralizados têm seu grau de confiabilidade no fornecimento de energia vinculado à capacidade de transmissão desta energia no SIN. Desta forma, sistemas descentralizados contribuem para o aumento da confiabilidade de fornecimento de energia local, uma vez que dispensam grandes e complexos sistemas de transmissão, caracterizados por perdas consideráveis, sejam elas efetivas ou potenciais.

Além disso, a flexibilidade das usinas heliotérmicas aumentaria a segurança energética e poderia prover serviços auxiliares necessários para o fornecimento de energia de maneira tão estável como os sistemas convencionais atuais.



Contudo, para que os sistemas heliotérmicos possam coexistir com os sistemas convencionais de geração de energia, são necessárias políticas públicas alinhadas com as particularidades operacionais daquelas plantas. Assim, esta nota técnica buscou chamar a atenção para conflitos normativos existentes na atual legislação que podem desestimular a utilização desta fonte, apesar de seu potencial papel estratégico no atendimento às demandas por serviços de energia da sociedade. Propõe-se, pois, a adoção de conceitos de “porte” e “potencial poluidor” específicos para esta fonte alternativa, por meio da elaboração de uma normativa estadual para seu licenciamento ambiental.

Desta forma, a implantação deste tipo de sistema e de fontes renováveis, contribuem para a diversificação das matrizes energéticas e caracterizam um fator de aumento da confiabilidade e segurança no fornecimento de energia elétrica.



8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[DOE US], U. S. D. O. E., 2006. *Concentrating Solar Power Commercial Application Study: Reducing Water Consumption of Concentrating Solar Power Electricity Generation*. s.l.:DOE US.

[FRAUNHOFER], E. & Y. A. F. I. F. S. E. S., 2011. *MENA Assessment of the Local Manufacturing Potential for Concentrated Solar Power (CSP) Projects: Final Report*. Washington, D.C.: The World Bank.

[IPCC], I. P. O. C. C., 2006. *PCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. s.l.:IPCC.

[LVMCIA], L. V. M. I. A., 2014. *Letter re Pilot Complaints of Visual Impacts from Ivanpah Solar Electric Generating System*. s.l.:Aviation Safety Reporting System - ASRS.

ABINEE, A. B. d. I. E. e. E., 2012. *Propostas para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira*. [Online] Available at: <http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/profotov.pdf> [Acesso em 27 maio 2015].

ABNT, A. B. d. N. T., 1987. *NBR 10.152: Níveis de Ruído para Conforto Acústico*. Rio de Janeiro: s.n.

ABNT, A. B. d. N. T., 2004. *NBR-10.004: Resíduos sólidos – Classificação*. Rio de Janeiro: ABNT.

ALMEIDA, G. S. M., 2013. *Pesquisa e Desenvolvimento de um Sistema Termoelétrico do tipo Linear Fresnel Reflector. Dissertação (Mestrado em Energias Renováveis - Universidade Nova de Lisboa)*. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa/Faculdade de Ciências e Tecnologia.

ANON, 1995. The description and classification of weathered rocks for engineering purposes. *Quartely Journal of Engineering*, Issue 28.

BARBOSA, W. P. F., AZEVEDO, A. C. S. d., COSTA, A. L. & PINHEIRO, R. B., 2014. *O Uso da Análise Hierárquica como Auxílio na Tomada de Decisão de Políticas Públicas em Energia Solar Considerando Aspectos de Sustentabilidade*. Florianópolis: s.n.

BARBOSA, W. P. F., AZEVEDO, A. C. S. d., COSTA, A. L. & PINHEIRO, R. B., 2015. Estudo para penetração de investimentos em Energia Solar Fotovoltaica no Estado de Minas Gerais. Em: *Energia e Direito*. Rio de Janeiro: Lumen Juris.



BARBOSA, W. P. F. et al., 2015. Expansão da Energia Solar Fotovoltaica no Brasil: Impactos Ambientais e Políticas Públicas. *Conferência Internacional LINKS 2015*.

BARRETO, A. M., 2010. *SGSO – Sistemas de Gerenciamento da Segurança Operacional*. [Online]

Available at: <http://www.pilotopolicial.com.br/sgso-sistemas-de-gerenciamento-da-seguranca-operacional/>

[Acesso em 19 03 2015].

BEERBAUM, S. & WEINREBE, G., 2000. Solar thermal power generation in Índia – a Techno-economic analysis. *Renewable Energy*, Issue 21, pp. 153-174.

BERTONI, J. & NETO, F. L., 2010. *Conservação do solo*. 7ª ed. São Paulo: Ícone.

BIANCHINI, H. M., 2013. *Avaliação Comparativa de Sistemas de Energia Solar Térmica*. Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica.

BIERREGAARD-JR, R. O. et al., 1992. The Biological Dynamics of Tropical Rainforest Fragments. *BioScience*, 42(nº 11).

BRASIL, 1991. *Lei Federal Nº 8.213*. Brasília: Diário Oficial da União.

BRASIL, A. N. d. E. E., 2008. *Atlas de energia elétrica do Brasil*. 3ª ed. Brasília: ANEEL.

BRASIL, A. N. D. E. E., 2012. *PRODIST - SEÇÃO 3.7 – Acesso de micro e minigeração distribuída*. Brasília: ANEEL.

BRASIL, A. N. d. E. E., 2012. *Resolução Normativa nº 482/2012*, s.l.: ANEEL.

BRASIL, A. N. D. E. E., 2015. *Resolução Normativa Nº 687/2015*. Brasília: ANEEL.

BRASIL, C. N. d. M. A., 1986. *RESOLUÇÃO CONAMA nº 001*. Brasília: DOU - Diário Oficial da União.

BRASIL, D. d. E. d. R. (. d. E. d. S. P., 2012. *Manual Básico de Estradas e Rodovias Vicinais*. São Paulo: DER/SP.

BRASIL, E. d. P. E., 2014. *Balanço Energético Nacional 2014: Ano base 2013*. Rio de Janeiro: EPE.

BRASIL, M. d. A., 1983. *Manejo e Conservação do Solo e da Água: informações técnicas*. Brasília: Secretaria Nacional de Produção Agropecuária.

BRASIL, M. d. M. A. (. - S. d. B. e. F., 2003. *Fragmentação de Ecossistemas - causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendação de políticas públicas*. Brasília: MMA/SBF.

BRASIL, M. d. M. A. & CONAMA, C. N. d. M. A., 1990. *Resolução CONAMA nº 003, de 28 de junho de 1990*. s.l.:s.n.



BRASIL, P. d. R., 2004. *Decreto Nº 5.163 de 30 de Julho de 2004*. Brasília: Casa Civil.

BRASIL, P. d. R. -. C. C., 2010. *LEI Nº 12.305*. Brasília: Subchefia para Assuntos Jurídicos.

BURGI, 2013. *Avaliação do potencial técnico de geração elétrica termossolar no Brasil a partir de modelagem em SIG e simulação de plantas virtuais*. Rio de Janeiro: PPE/COPPE/UFRJ.

CARNEIRO, A. P., CASSA, J. . C. S. & BRUM, I. A. S., 2001. *Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção – Projeto Entulho*. Salvador: EDUFBA.

CARTER, N. T. & CAMPBELL, R. J., 2009. *Water Issues of Concentrating Solar Power (CSP) Electricity in the US Southwest*. s.l.:Congressional Research Service.

CASTRO, G. M., 2015. *Avaliação do valor da energia proveniente de usinas heliotérmicas com armazenamento no âmbito do sistema interligado nacional*. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ.

CEMIG, C. E. d. M. G., 2012. *Atlas Solarimétrico de Minas Gerais*. Belo Horizonte: CEMIG.

COGEN, A. d. I. d. C. d. E., 2012. *GT COGEN Solar - Inserção da Energia Solar no Brasil*. São Paulo: COGEN/PSR.

COSTA, R. C. d. & PRATES, C. P. T., 2005. O Papel das Fontes Renováveis de Energia no Desenvolvimento do Setor Energético. *BNDES Setorial*, março. Issue 21.

CREPANI, E. et al., 2001. *Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico econômico e ao ordenamento territorial*. São José dos Campos: INPE.

CSPWord, 2016. *CSP Worl Map*. [Online] Available at: <http://www.cspworld.org/cspworldmap> [Acesso em 16 junho 2016].

DIENSTMANN, G., 2009. *Energia Solar: Uma comparação de tecnologias..* Porto Alegre: Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

DUFFIE, J. A. & BECKMAN, W. A., 2006. *Solar Engineering of Thermal Processes*. 3ª ed. Nova York: Wiley.

DUNHAM, M. T. & IVERSON, B. D., 2014. High-efficiency thermodynamic power cycles for concentrated solar power systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, fevereiro, Volume 30, p. 758–770.



EA, E. S., 2015. *Solar Térmica alta temperatura*. s.l.:EA.

FERREIRA, A. B. d. H., 2010. *Dicionário da língua portuguesa*. 5ª ed. Curitiba: Positivo.

FILHO, O. A., 1994. *Cartas de risco de escorregamento: uma proposta metodológica e sua aplicação no município de Ilhabela, SP*. São Paulo: Universidade de São Paulo.

FILHO, V. C. P., 2013. *Análise experimental de um sistema solar com concentrador cilindro parabólico*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica - UFSC). Florianópolis: UFSC.

GEOCONSULT, C. G. e. M. A. L., 2012. *Relatório de Impacto Ambiental - RIMA - Central Geradora Solar Fotovoltaica Tauá*, Fortaleza: s.n.

Gray, G. L. & Leiser, A. J., 1982. *Role of vegetation in stability and protection of slopes. Biotechnical slope protection and erosion control*. New York: Van Nostrand Reinhold Company.

GREENPEACE, 2013. *Revolução energética: A caminho do desenvolvimento limpo*. s.l.:GREENPEACE.

GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B., 2011. *Impactos ambientais urbanos no Brasil*. 8ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

GUERRA, A. T., 2008. *Novo dicionário geológico-geomórfico*. 6ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

GUIDICINI, G. & NIEBLE, C. M., 1983. *Estabilidade de taludes naturais e de escavação*. São Paulo: Editora Blücher.

HTHA, H. H. & A., 2015. *Ivanpah Solar Electric Generating System Avian & Bat Monitoring Plan - 2013-2014 Annual Report (Revised)*. Fresno: California Energy Commission.

IBICT, I. B. d. I. e. C. e. T., 2014. *Thermal storage CSP technology - State of the art and market overview*. Brasília: MCTI - Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação.

IBICT, I. B. d. I. e. C. e. T., 2015. *Análise do artigo publicado pelo Wall Street Journal*. [Online]

Available at: <http://energiaheliotermica.gov.br/pt-br/noticias/473-analise-do-artigo-publicado-pelo-wall-street-journal>

[Acesso em 02 maio 2016].

IEA, I. E. A., 2014. *Technology Roadmap - Solar Thermal Electricity*. Paris: IEA.

IEA, I. E. A., 2014. *Technology Roadmap: Solar Thermal Electricity*. s.l.:IEA.



IRENA, I. R. E. A., 2012. *Renewable Energy. Renewable technologies: Cost Analysis Series - Concentrating Solar Power*. s.l.:IRENA.

IRENA, I. R. E. A., 2013. *Concentrating Solar Power - Technology Brief*. s.l.:IEA-ETSAP / IRENA.

JÚNIOR, F. A., 1992. *Manual de Pavimentação Urbana*. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT).

KALOGIROU, S., 2009. *Solar energy engineering: processes and systems*. s.l.:Academic Press.

LIDDLE, M. J. & SCORGIE, R. A., 1980. The effects of recreation on freshwater plants and animals: A review. *Journal Biological Conservation*, 17(3º).

LODI, C., 2011. *Perspectivas para a Geração de Energia Elétrica no Brasil utilizando a Tecnologia Solar Térmica Concentrada*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro.

MACKNICK, J. & al., e., 2011. *A Review of Operational Water Consumption and Withdrawal Factors for Electricity Generating Technologies*. s.l.:NREL.

MALAGUETA, D. C., 2013. *Avaliação de Alternativas para Introdução da Geração Elétrica Termossolar na Matriz Energética Brasileira*. Rio de Janeiro: UFRJ/ COPPE.

MARANHÃO, I. M., 2014. *Estudo sobre a tecnologia heliotérmica e sua viabilidade no Brasil*. Brasília: UnB/FGA.

MEA, M. E. A., 2003. *Ecosystem and human well-being: a framework for assessment*. Washington, DC: Island Press.

MERTEN, G. H. et al., 1995. *El uso del SIG del modelo EUPS para determinar mapas de erosión potencial y actual en las micrucuencas pilotos de Água Grande y Córrego do Pensamento, Momborê, Paraná, Brasil*. Santiago: Proeto Regional GCP/RLA/107/JPN.

NASS, D. P., 2002. O Conceito de Poluição. *Revista Eletrônica de Ciências*, novembro. Issue Nº 13.

NEVES, E., 2013. Obras de infraestrutura representam possibilidades e riscos ao patrimônio histórico, dizem arqueólogos: depoimento. *Agência Brasil - Empresa de Comunicação - on line. Entrevista concedida a Flávia Villela*, 14 setembro.

NREL, N. R. E. L., 2016. *Solar Power And Chemical Energy Systems - SolarPACES*. s.l.:NREL.

ONUUDI, O. d. E. R. p. a. A. I. e. C., 2014. *Energia Solar Fotovoltaica*. s.l.:Programa de Capacitação em Energias Renováveis.



ONU, O. d. N. U., 1992. *Agenda 21 - CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E*. Rio de Janeiro: UN.

PEREIRA, E. M. D., CHARBEL, A., AROREIR, I. & MESQUITA, L. C. d. S., 2014. *Mapeamento Básico das Precondições Gerais para Tecnologias Heliotérmicas no Brasil*. Brasília: Projeto Energia Heliotérmica.

PIATTI, L. et al., 2012. *Anurans of a disturbed area in Jarú, Rondônia, Brazil*.
[Online]
Available at: <http://www.checklist.org.br/getpdf?SL049-11>
[Acesso em 23 04 2015].

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, S. d. V. e. d. M. A., 2007. *Fauna Silvestre: Quem são e onde vivem os animais na metrópole paulista*. São Paulo: Secretaria do Verde e do Meio Ambiente.

PY, X., AZOUMAH, Y. & OLIVES, R., 2013. Concentrated solar power: Current technologies, major innovative issues and applicability to West African countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, fevereiro, Volume 18, p. 306–315.

REIS, D. d. C., UTURBEY, W., CARDOSO, S. N. & LOPES, B. M., 2014. Análise técnico-jurídica dos impactos ambientais presentes no processo de fabricação de painéis fotovoltaicos. *1º Congresso Brasileiro de Energia Solar*, 03 04.

RESENDE, M. & ALMEIDA, J. R., 1985. *Modelos de predição de perda de solo: uma ferramenta para manejo e conservação do solo*. Belo Horizonte: Informe Agropecuário.

RODRIGUES, S. G., 2002. Energia solar. *Revista Eletrônica de Ciências*, junho. Issue 08.

SANTOS, F. F. d., 2011. *Utilização de Energia Fotovoltaica para a eficiência energética de uma moradia*, Porto: FEUP.

SANTOS, S. R., 2011. *Segurança e confiabilidade em sistemas fotovoltaicos*.
[Online]
Available at: <http://www.osetoreletrico.com.br/web/component/content/article/57-artigos-e-materias/757-seguranca-e-confiabilidade-em-sistemas-fotovoltaicos.html>
[Acesso em 19 03 2015].

SAUER, I. L., 2002. *Um novo modelo para o setor elétrico brasileiro*, São Paulo: USP - Universidade de São Paulo.

SAUER, O., 1998. *A morfologia da paisagem*. In: CORRÊA; ROZENDAHL (Orgs.). *Paisagem tempo e cultura*. Rio de Janeiro: EdUERJ.



SEDIGAS, A. E. d. G., 2013. *Guía sobre aplicaciones de la energía solar térmica*. Barcelona: SEDIGAS.

SHAEFER, H. & HAGERDON, G., 1991. Hidden energy and correlated environmental characteristics of PV generation. *Renewable Energy*, 2(2), pp. 159-166.

SILVA, R., 2011. *Geração de energia elétrica a partir da concentração solar*. Guaratinguetá: USP.

SILVEIRA, L. F. & UEZU, A., 2011. *Checklist das aves do Estado de São Paulo, Brasil*. [Online]

Available at: http://www.ib.usp.br/~lfsilveira/pdf/a_2011_avessp.pdf
[Acesso em 23 04 2015].

TANSLEY, A., 1935. *The use and abuse of vegetational concepts and terms*. [Online]

Available at: <http://links.jstor.org/sici?sici=0012-9658%28193507%2916%3A3%3C284%3ATUAAOV%3E2.0.CO%3B2-P>

[Acesso em 23 abril 2015].

THOMAS, I., 1941. *Greek Mathematical Works, Volume II: Aristarchus to Pappus*. Cambridge: Loeb Classical Library.

TIBA, C. (. e. a., 2000. *Atlas Solarimétrico do Brasil: Banco de dados solarimétricos*. Recife: Ed. Universitária da UFPE.

TURNER, R. & DAILY, G., 2007. *The Ecosystem Services Framework and Natural Capital Conservation*. [Online]

Available at: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10640-007-9176-6#page-1>
[Acesso em 24 abril 2015].

TURNEY, D. & FTHENAKIS, V., 2011. Environmental impacts from the installation and operation of large-scale solar power plants. *Journal Elsevier*, agosto, Volume 15, p. 3261–3270.

VAN ROOY, P. T. J. C. & STUMPEL, A. H. P., 1995. Ecological impact of economic development on sardinian herpetofauna. *Journal Conservation Biology*, 9(nº 2).

VARGAS, P. R., 2005. *Artigos Jurídicos*. [Online]

Available at: <http://www.advogado.adv.br/artigos/2005/pabloricardovargas/prevencao.htm>

[Acesso em 19 março 2015].

ZAHER, H. et al., 2011. *Artigo: Répteis do Estado de São Paulo: conhecimento atual e perspectivas*. [Online]

Available at:



<http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1a/pt/fullpaper?bn0051101a2011+pt>

[Acesso em 23 04 2015].



9. ANEXOS

ANEXO I

NOME	PROPRIETÁRIO	STATUS	POTÊNCIA (MW)	TECNOLOGIA	PAÍS
Cameo	Xcel Energy	Descomissionada	2,00	Calha Parabólica	EUA
Planta Termosolar Pedro de Valdivia	Iberecoica	Em Desenvolvimento	360,00	Calha Parabólica	Chile
Delingha Solar Thermal Plant	China Guangdong Nuclear Power Group	Em Desenvolvimento	50,00	Calha Parabólica	China
Kom Ombo CSP project	NREA	Em Desenvolvimento	100,00	Calha Parabólica	Egito
Ashalim CSP plant 2	Abengoa, Shikun & Binui Renewable Energy	Em Desenvolvimento	120,00	Calha Parabólica	Israel
Al Abdaliyah Integrated Solar Combined Cycle (ISCC)		Em Desenvolvimento	60,00	Calha Parabólica	Kuwait
Ouarzazate 3	MASEN	Em Desenvolvimento	200,00	Calha Parabólica	Marrocos
Ilanga CSP 1	Ilangalethu Solar Power	Em Desenvolvimento	100,00	Calha Parabólica	África do Sul
Xina Solar One	Abengoa, Industrial Corporation, KaXu Community Trust, Public Investment Corporation	Em Desenvolvimento	100,00	Calha Parabólica	África do Sul
Kathu CSP plant	GDF Suez	Em Desenvolvimento		Calha Parabólica	África do Sul
Hassi R'mel ISCC	Abengoa, NEAL, Sonatrach	Operando	25,00	Calha Parabólica	Argélia
Medicine Hat ISCC		Operando	1,00	Calha Parabólica	Canadá
Minera El Tesoro Termosolar	Minera El Tesoro	Operando		Calha Parabólica	Chile
Kuraymat ISCC	NREA	Operando	20,00	Calha Parabólica	Egito



Godawari Green Energy	Hira group	Operando	50,00	Calha Parabólica	Índia
Yazd ISCC		Operando	17,00	Calha Parabólica	Irã
MicroCSP Process Heat at Tokyo		Operando		Calha Parabólica	Japão
Aïn Beni Mathar ISCC	Office Nationale de l'Electricite	Operando	20,00	Calha Parabólica	Marrocos
Petroleum Em Desenvolvimento Oman EOR plant	Petroleum Em Desenvolvimento Oman	Operando		Calha Parabólica	Omã
Alvarado 1 (La Risca)	Acciona Energia, Mitsubih Corp	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha
Andasol 1	Antin, Cobra, RREEF	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha
Andasol 2	Antin, Cobra, RREEF	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha
Andasol 3	Ferrostaal, RWE, Rhein E, SWM, Solar Millenium	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha
Arcosol 50 (Valle 1)	Torresol Energy	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha
Arenales	OHL, RREEF, STEAG	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha
Aste 1A	Aries, Eiser, Elecnor	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha
Aste 1B	Aries, Eiser, Elecnor	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha
Astexol II	Aries, Eiser, Elecnor	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha
Caceres	Cobra	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha
Casablanca	Cobra	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha
Enerstar Villena	FCC Energia	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha
Extresol 1	Cobra	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha
Extresol 2	Cobra, GE, KGAL	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha
Extresol 3	Cobra	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha



Guzman (Termosolar Soluz Guzman)	FCC, Mitsui	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha
Helioenergy 1	Abengoa Solar, EON	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha
Helioenergy 2	Abengoa Solar, EON	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha
Helios 1	Abengoa Solar	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha
Helios 2	Abengoa Solar	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha
Ibersol Puertollano	IDAE, Iberdrola	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha
La Africana	Grupo Ortiz, Magtel, TSK	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha
La Dehesa (Samcasol 2)	Renovables SAMCA	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha
La Florida (Samcasol 1)	Renovables SAMCA	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha
Lebrija 1	Siemens, Valoriza	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha
Majadas	Acciona Energia, Mitsubih Corp	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha
Manchasol 1	Cobra	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha
Manchasol 2	Cobra	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha
Moron	Iberecoica	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha
Olivenza 1	Iberecoica	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha
Orellana	Acciona Energia	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha
Palma del Rio I	Acciona Energia, Mitsubih Corp	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha
Palma del Rio II	Acciona Energia	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha
Solaben 1	Abengoa Solar	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha
Solaben 2	Abengoa Solar, Itochu	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha



Solaben 3	Abengoa Solar, Itochu	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha
Solaben 6	Abengoa Solar	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha
Solacor 1	Abengoa Solar, JGC	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha
Solacor 2	Abengoa Solar, JGC	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha
Solnova 1	Abengoa Solar	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha
Solnova 3	Abengoa Solar	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha
Solnova 4	Abengoa Solar	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha
Termesol 50 (Valle 2)	Torresol Energy	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha
Termosol 1	NextEra Energy	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha
Termosol 2	NextEra Energy	Operando	50,00	Calha Parabólica	Espanha
Termosolar Borges	Abantia, Comsa Emte	Operando	22,50	Calha Parabólica	Espanha
TSE1 - PT	Thai Solar Energy	Operando	5,00	Calha Parabólica	Tailândia
Shams 1	Abengoa Solar, Masdar, Total	Operando	100,00	Calha Parabólica	UAE
MicroCSP Solar Cooling at Masdar	Masdar	Operando		Calha Parabólica	UAE
Solana	Abengoa Solar	Operando	280,00	Calha Parabólica	EUA
SEGS IX	NextEra	Operando	80,00	Calha Parabólica	EUA
SEGS VIII	NextEra	Operando	80,00	Calha Parabólica	EUA
Nevada Solar One	Acciona Energia	Operando	64,00	Calha Parabólica	EUA
SEGS II	Cogentrix	Operando	30,00	Calha Parabólica	EUA
SEGS III	NextEra	Operando	30,00	Calha Parabólica	EUA
SEGS IV	NextEra	Operando	30,00	Calha Parabólica	EUA



SEGS V	NextEra	Operando	30,00	Calha Parabólica	EUA
SEGS VI	NextEra	Operando	30,00	Calha Parabólica	EUA
SEGS VII	NextEra	Operando	30,00	Calha Parabólica	EUA
SEGS I	Cogentrix	Operando	14,00	Calha Parabólica	EUA
Holaniku at Keahole Point	Keahole Solar Power	Operando	2,00	Calha Parabólica	EUA
Saguaro	Arizona Public Service	Operando	1,00	Calha Parabólica	EUA
MicroCSP Solar Cooling at Fort Bliss		Operando		Calha Parabólica	EUA
Martin Next Generation Solar Energy Center	Florida Power & Light	Operando	75,00	Calha Parabólica	EUA
Salta CSP plant	Harbine Turbine Company, Heilongjiang Zhongjing New Energy, SolarNoa	Planejada	20,00	Calha Parabólica	Argentina
Coremas	Abantia, Braxenergy	Planejada	50,00	Calha Parabólica	Brasil
Huadian Jinta Solar Thermal Power Plant	China Huadian	Planejada	50,00	Calha Parabólica	China
Huludao CSP plant	Huludao Ruixinda Industry	Planejada	50,00	Calha Parabólica	China
Tibet Solar Thermal Power Plant	China Huaneng Group	Planejada	50,00	Calha Parabólica	China
Rajasthan Solar One	Entegra Limited	Planejada	10,00	Calha Parabólica	Índia
Shneur Solar Thermal Power Plant	Shikun & Binui Renewable Energy	Planejada	120,00	Calha Parabólica	Israel
Two Sigma CSP plant	Two Sigma	Planejada	60,00	Calha Parabólica	Israel
Flumini Mannu	Flumini Mannu	Planejada	50,00	Calha Parabólica	Itália
Giave Bonorva	Sunwise Capital	Planejada	50,00	Calha Parabólica	Itália
Gonnosfanadiga	Gonnosfanadiga	Planejada	50,00	Calha Parabólica	Itália



Lentini		Planejada	50,00	Calha Parabólica	Itália
Campu Giavesu	Campu Giavesu	Planejada	30,00	Calha Parabólica	Itália
Zeenni Trading Agency CSP plant Bsarma El Koura	Zeenni Trading Agency	Planejada	2,80	Calha Parabólica	Líbano
TN-STEG Concentrated Solar Power plant	STEG	Planejada	50,00	Calha Parabólica	Tunísia
Hyder Valley Solar Energy Project	Iberdrola	Planejada	325,00	Calha Parabólica	EUA
Palmdale Hybrid Power Plant	City of Palmdale	Planejada	50,00	Calha Parabólica	EUA
Victorville 2 Hybrid Power Plant	City of Victorville	Planejada	50,00	Calha Parabólica	EUA
Cascades Rackam		Em Construção		Calha Parabólica	Canadá
CPI Golmud Solar Thermal Power Plant	China Power Investments Corporation	Em Construção	100,00	Calha Parabólica	China
Ningxia ISCC	Hanas New Energy Group	Em Construção	92,00	Calha Parabólica	China
Diwakar	Lanco Infratech	Em Construção	100,00	Calha Parabólica	Índia
KVK Energy	KVK Energy, Lanco Solar Energy	Em Construção	100,00	Calha Parabólica	Índia
Abhijeet	Corporate Ispat Alloys	Em Construção	50,00	Calha Parabólica	Índia
Megha Engineering	Megha Engineering & Infrastructure	Em Construção	50,00	Calha Parabólica	Índia
Gujarat Solar One	Cargo Power & Infrastructure	Em Construção	25,00	Calha Parabólica	Índia
Gujarat	Aurum Renewable Energy	Em Construção	20,00	Calha Parabólica	Índia
MicroCSP Solar Cooling at Holcim		Em Construção		Calha Parabólica	México
Agua Prieta II ISCC	Comision Federal de Electricidad	Em Construção	14,00	Calha Parabólica	México
Ouarzazate	ACWA, Aries, MASEN, TSK	Em Construção	160,00	Calha Parabólica	Marrocos



MicroCSP Process Heat at Frabelle		Em Construção		Calha Parabólica	Papua Nova Guiné
Kaxu Solar One	Abengoa, Industrial Em Desenvolvimento Corporation	Em Construção	100,00	Calha Parabólica	África do Sul
Bokpoort	ACWA, Solafrica	Em Construção	50,00	Calha Parabólica	África do Sul
Genesis Solar	NextEra	Em Construção	250,00	Calha Parabólica	EUA
Mojave Solar	Abengoa Solar	Em Construção	250,00	Calha Parabólica	EUA
MicroCSP Solar Cooling at Davis- Monthan Air Force Base		Em Construção		Calha Parabólica	EUA
Beacon Solar Energy Project	NextEra Energy	Retirado	250,00	Calha Parabólica	EUA
Helios Power		Em Desenvolvimento	50,76	Disco Parabólico Stirling	Chipre
Maximus Dish project		Em Desenvolvimento	75,00	Disco Parabólico Stirling	Grécia
Whyalla Solar Oasis	NP Power, Sustainable Power Partners, Wizard Power	Planejada	40,00	Disco Parabólico Stirling	Austrália
HelioFocus Ramat Hovav		Planejada	1,00	Disco Parabólico Stirling	Israel
HelioFocus China Orion Project	TaiQing	Em Construção	60,00	Disco Parabólico Stirling	China
Tooele Army Depot Dish Stirling CSP plant		Em Construção	1,50	Disco Parabólico Stirling	EUA
Casa del Angel Termosolar (Casas de los Pinos)	Renovalia	Retirado	1,00	Disco Parabólico Stirling	Espanha
Centrale Solaire Thermodynamique Llo	CNIM	Em Desenvolvimento	9,00	Linear Fresnel	França



Sundt Solar Boost	Tucson Electricity Power	Em Desenvolvimento	5,00	Linear Fresnel	EUA
Liddell Solar Thermal Station	Macquarie Generation	Operando	6,00	Linear Fresnel	Austrália
KGDS Narippaiyur desalination CSP plant	KGDS Renewable Energy Private Limited	Operando		Linear Fresnel	Índia
MTN CSP cooling plant		Operando	0,33	Linear Fresnel	África do Sul
Puerto Errado 2	Novatec Solar	Operando	30,00	Linear Fresnel	Espanha
Puerto Errado 1	Novatec Solar	Operando	1,40	Linear Fresnel	Espanha
Collinsville Hybrid CSP-gas project	RATCH Australia	Planejada	30,00	Linear Fresnel	Austrália
Mejillones	GDF Suez, Solar Power Group	Planejada	5,00	Linear Fresnel	Chile
!Xun and Khwe solar power facility		Planejada	100,00	Linear Fresnel	África do Sul
Metsimatala CLFR Power Plant		Planejada	30,00	Linear Fresnel	África do Sul
Kogan Creek	cs energy	Em Construção	44,00	Linear Fresnel	Austrália
Alba Nova 1	Solar Euromed	Em Construção	12,00	Linear Fresnel	França
Rajasthan Sun Technique - Dhursar	Reliance Power	Em Construção	100,00	Linear Fresnel	Índia
Solar Dawn	Areva	Retirado	250,00	Linear Fresnel	Austrália
Ashalim CSP plant 1	Alstom, BrightSource Energy	Em Desenvolvimento	121,00	Torre Solar	Israel
Mazara Solar		Em Desenvolvimento	50,00	Torre Solar	Itália
Ouarzazate 2	MASEN	Em Desenvolvimento	100,00	Torre Solar	Marrocos
Redstone CSP project	ACWA	Em Desenvolvimento		Torre Solar	África do Sul
TuNur	Glory Clean Energy, Nur Energie, TOP Oilfield Services	Em Desenvolvimento	2.000,00	Torre Solar	Tunísia
Hidden Hills SEGS	BrightSource Energy	Em Desenvolvimento	500,00	Torre Solar	EUA
Palen SEGS	BrightSource Energy	Em Desenvolvimento	500,00	Torre Solar	EUA
Rice Solar Energy Project	SolarReserve	Em Desenvolvimento	150,00	Torre Solar	EUA



Gemasolar	Torresol Energy	Operando	20,00	Torre Solar	Espanha
PS20	Abengoa Solar	Operando	20,00	Torre Solar	Espanha
PS10	Abengoa Solar	Operando	11,00	Torre Solar	Espanha
Ivanpah SEGS	BrightSource Energy, Google, NRG Energy	Operando	377,00	Torre Solar	EUA
Coalinga	Chevron	Operando	29,00	Torre Solar	EUA
North Midlands Solar					
Thermal Power Project (Solastor Western Australia)	Carbon Reduction Ventures, Solastor	Planejada	3,00	Torre Solar	Austrália
Planta Termosolar Maria Elena	Ibereolica	Planejada	400,00	Torre Solar	Chile
Solastor Mejillones	Safe Earth Energy, Solastor	Planejada	5,00	Torre Solar	Chile
EOS Cyprus	Alfa Mediterranean Enterprises, Vimentina	Planejada	25,00	Torre Solar	Chipre
TAQA Concentrated Solar Power Plant	TAQA Arabia	Planejada	250,00	Torre Solar	Egito
Eskom CSP plant		Planejada	100,00	Torre Solar	África do Sul
Gaskell Sun Tower	eSolar	Planejada	245,00	Torre Solar	EUA
Saguache Solar Energy Project	SolarReserve	Planejada	200,00	Torre Solar	EUA
Crossroads Solar Energy Project	SolarReserve	Planejada	150,00	Torre Solar	EUA
Quartzsite	SolarReserve	Planejada	100,00	Torre Solar	EUA
Planta Solar Cerro					
Dominador (Atacama 1)	Abengoa	Em Construção	110,00	Torre Solar	Chile
Planta Solar Cerro					
Dominador (Atacama 2)	Abengoa	Em Construção	110,00	Torre Solar	Chile
Delingha Supcon Tower Plant	Zhejiang SUPCON Solar Energy Technology	Em Construção	50,00	Torre Solar	China
Khi Solar One	Abengoa, Industrial Em Desenvolvimento Corporation	Em Construção	50,00	Torre Solar	África do Sul
Crescent Dunes	SolarReserve	Em Construção	110,00	Torre Solar	EUA
Cloncurry Solar Thermal Plant	Lloyd Energy Systems	Retirado	10,00	Torre Solar	Austrália



Termosolar Alcazar	Preneal, SolarReserve	Retirado	50,00	Torre Solar	Espanha
Rio Mesa SEGS	BrightSource Energy	Retirado	500,00	Torre Solar	EUA
El Borma ISCC	SITEP, STEG	Planejada	5,00	Tower - ISCC	Tunísia
Bhadla Solar Park		Planejada	100,00	Não Declarado	Índia
Catalyst Private Equity Jordan CSP plant		Planejada	50,00	Não Declarado	Jordânia
EJRE Maan CSP plant	EJRE	Planejada	50,00	Não Declarado	Jordânia
Evolution Solar Jordan CSP plant		Planejada	50,00	Não Declarado	Jordânia
Mitsubishi Jordan CSP plant	Mitsubih Corp	Planejada	50,00	Não Declarado	Jordânia
Abengoa Solar Jordan CSP plant	Abengoa	Planejada	25,00	Não Declarado	Jordânia
Zeenni's Trading Agency 50 MW CSP plant	Zeenni Trading Agency	Planejada	50,00	Não Declarado	Líbano

Fonte: (CSPWord, 2016)