



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE  
CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE

**CAGFOT - MÉTODO DE CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS PARA A IMPLANTAÇÃO DE UNIDADES DE  
GERAÇÃO FOTOVOLTAICA**

**JOSÉ HUMBERTO SANT'ANNA DA SILVA**

**CAMPO GRANDE-MS  
2022**

**JOSÉ HUMBERTO SANT'ANNA DA SILVA**

**CAGFOT - MÉTODO DE CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS PARA A IMPLANTAÇÃO  
DE UNIDADES DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA.**

TCC do Mestrado Profissional apresentado na Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, para obtenção do título de Mestre em Eficiência Energética e Sustentabilidade, na área de concentração Eficiência Energética

Orientador Prof. Dr. Sandro Petry Laureano Leme.

**CAMPO GRANDE-MS**

**2022**

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Redação final do Trabalho de Conclusão Final de Curso defendida por **JOSÉ HUMBERTO SANT' ANNA DA SILVA**, aprovada pela Comissão Julgadora em 06 de setembro de 2022, na Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul para obtenção do título de Mestre em Eficiência Energética e Sustentabilidade.

---

Prof. Dr. Sandro Petry Laureano Leme – Orientador

FAENG/UFMS

---

Prof. Dr. Robert Schiaveto de Souza – Membro Titular

FAENG/UFMS

---

Prof. Dr<sup>a</sup>. Andréa T. Riccio Barbosa – Membro Titular

FAENG/UFMS



Dedico aos meus filhos e esposa pelo incentivo e principalmente pela compreensão pelos momentos que tive que me ausentar do convívio de ambos para realizar este projeto de mestrado.

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Ao Professor Dr. Júlio Alberto Peres Ferencz Junior.

Ao Professor Dr. Robert Schiaveto de Souza.

A Professora Dr<sup>a</sup>. Andréa T. Riccio Barbosa.

Ao Professor Dr. Sandro Petry Laureano Leme pelo auxílio e orientações no TCC deste Mestrado.

Aos colegas de curso pela paciência e caridade em tolerar os meus apontamentos no transcorrer das aulas ministradas.

*“A educação é simplesmente a alma de uma sociedade a passar de uma geração para a  
outra.”*

(Chesterton. G. K.)

## RESUMO

A presente dissertação versa sobre o desenvolvimento de um método inovador de classificação de áreas mais eficientes e sustentáveis para a aplicação fotovoltaica, atribuindo pontuações durante a avaliação. O método foi batizado com o nome de CAGFOT (Classificação de Áreas para Geração de Energia Fotovoltaica). O CAGFOT utiliza os indicadores, pontos e pesos desenvolvidos pelo Projeto Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018) e pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020), devidamente adaptados para a geração fotovoltaica, no intuito de incorporar os aspectos socioambientais, os quais, usualmente não são considerados pelos atores, responsáveis pelo Planejamento da Expansão da Geração Elétrica. Portanto, o Método CAGFOT é uma ferramenta especializada em uma só fonte renovável de geração de eletricidade, a fotovoltaica. O Método CAGFOT, foi aplicado na classificação de áreas disponíveis para geração de energia elétrica fotovoltaica, da Polícia Federal em Mato Grosso do Sul, que se encontram distribuídas nas cidades de Campo Grande, Dourados, Ponta Porã, Naviraí, Corumbá e Três Lagoas. A aplicação do Método CAGFOT, nas áreas da Polícia Federal em Mato Grosso do Sul, teve como resultado como área mais eficiente e sustentável a área da Delegacia de Polícia Federal na Cidade de Três Lagoas/MS, à qual obteve a pontuação de 9,94 pontos, dois quais 6,79 pontos por eficiência na produção de energia elétrica, e 3,15 pontos referentes à características de sustentabilidade. A área apesar de ser uma das menores disponíveis, devido a suas características e sua localização, apresentou potência total efetiva produzida de 1.114,07 Wh.dia/m<sup>2</sup>, o que vem a corroborar com os dados da região de Três lagoas/MS, que possui uma irradiação de 5,34 kWh.dia/m<sup>2</sup>, a maior irradiação por m<sup>2</sup> no Estado de Mato Grosso do Sul. O Método CAGFOT vem aprimorar a análise, pois se apresenta como mais uma ferramenta viável e útil aos analistas que trabalham no planejamento da expansão da geração de energia elétrica, sendo a primeira ferramenta a analisar e comparar, de forma eficiente e sustentável, as opções de áreas para o aproveitamento da luz do Sol.

**Palavras-chave:** Fotovoltaico. Indicadores. Eficiência. Sustentabilidade.

## ABSTRACT

This thesis deals with the development of an innovative method of classification, assigning scores to areas, to find, among the options analyzed, the most efficient and sustainable. The method was baptized with the name of CAGFOT (Classification of Areas for Photovoltaic Energy Generation). CAGFOT uses indicators, points and weights developed by Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018) and by Caruso Company (CARUSO, 2020), duly adapted for photovoltaic generation, in order to incorporate socio-environmental aspects, which are not considered by the actors responsible for the Electric Generation Expansion Planning, in the decision making of which area to be implemented in the photovoltaic electric energy generation. Therefore, The CAGFOT Method is a tool specialized in a single renewable source of electricity generation, photovoltaics. The CAGFOT Method was applied in the classification of areas available for the generation of photovoltaic electricity, by the Federal Police in Mato Grosso do Sul, which are distributed in the cities of Campo Grande, Dourados, Ponta Porã, Naviraí, Corumbá and Três Lagoas. The application of the CAGFOT Method, in the Federal Police areas in Mato Grosso do Sul, resulted in the area of the Federal Police Station in the City of Três Lagoas/MS as the most efficient and sustainable area, which obtained a score of 9.94 points, two of which 6.79 points for efficiency in the production of electric energy, and 3.15 points for sustainability. The area, despite being one of the smallest available, due to its characteristics and its location, added to the total effective power produced of 1,114.07 Wh.day/m<sup>2</sup>, which corroborates the data from the region of Três Lagoas/MS, which has an irradiation of 5.34 kWh.day/m<sup>2</sup>, the highest irradiation per m<sup>2</sup> in the state of Mato Grosso do Sul. The CAGFOT Method improves the analysis, as it is presented as another viable and useful tool for analysts who work in the planning of the expansion of electric energy generation, being the first tool to analyze and compare, in an efficient and sustainable way, the options of areas for the use of sunlight.

**Keywords:** Photovoltaic. Indicators. Efficiency. Sustainability.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Geração de Energia Elétrica Mundial por fonte .....	16
Figura 2 - Atlas Solarimétrico do Brasil .....	17
Figura 3 - Interação da radiação solar com a atmosfera e superfície terrestre .....	22
Figura 4 - Irradiação da Superfície Terrestre .....	22
Figura 5 - Total diário da irradiação global horizontal no Brasil – Média Anual .....	23
Figura 6 - Irradiação média anual no MS .....	23
Figura 7 - Geração Fotovoltaica em grande escala.....	25
Figura 8 - Painéis aplicados nas fachadas de edifícios.....	26
Figura 9 - Alteração do clima, gerando aquecimento e bolhas de calor.....	27
Figura 10 - Extração de minerais utilizados na fabricação dos painéis fotovoltaicos.....	28
Figura 11 - Morte de peixes por contaminação da água.....	30
Figura 12 - Retirada da cobertura vegetal do terreno .....	32
Figura 13 - Usina de Geração Fotovoltaica – Campo Grande/MS.....	33
Figura 14 - Análise e estudo da expansão da geração de energia elétrica.....	36
Figura 15 - Inserindo variáveis socioambientais no planejamento da expansão do setor elétrico .....	41
Figura 16 - Diagrama da metodologia de desenvolvimento do Método CAGFOT .....	44
Figura 17 - Resultado do cálculo da irradiação solar diária média [kWh/m <sup>2</sup> .dia], apresentado pelo software SunData na análise da área do estudo de caso .....	55
Figura 18 - Tela com o resultado do Software 3D-SUN-PATH para o estudo de caso .....	57
Figura 19 - Usina de Tauá/CE, instalada em 2011, primeira do Brasil.....	57
Figura 20 - Espaçamento entre as placas.....	58
Figura 21 - Posicionamento de instalação de uma placa fotovoltaica.....	59
Figura 22 - Determinação do espaçamento entre as linhas das placas .....	59
Figura 23 - Disposição das placas na área do estudo de caso.....	61
Figura 24 - Disposição das placas e espaçamentos dos corredores de acesso e manutenção do estudo de caso.....	63
Figura 25 - Área de demonstração - Latitude de 27,601° S e Longitude 48,549° W, na Ilha da Cidade de Florianópolis/SC.....	72
Figura 26 - Área da Delegacia de Polícia Federal em Campo Grande/MS – PF-CG - Latitude 20,4694275° S e Longitude 54,7278971° W .....	78
Figura 27 - Cálculo da Irradiação solar diária média [kWh/m <sup>2</sup> .dia]. Resultado apresentado pelo software SunData.....	79

Figura 28 - Área da Delegacia de Polícia Federal em Dourados/MS – PF-DRS - Latitude 22,2271934° S e Longitude 54,8278757° W .....	87
Figura 29 - Cálculo da Irradiação solar diária média [kWh/m2.dia]. Resultado apresentado pelo software SunData.....	88
Figura 30 - Cálculo da Irradiação solar diária média [kWh/m2.dia]. Resultado apresentado pelo software SunData.....	95
Figura 31 - Área da Delegacia de Polícia Federal em Ponta Porã/MS – PF-PPA - Latitude 22,5231957° S e Longitude 55,7269695° W .....	96
Figura 32 - Cálculo da Irradiação solar diária média [kWh/m2.dia]. Resultado apresentado pelo software SunData.....	104
Figura 33 - Área da Delegacia de Polícia Federal em Naviraí/MS – PF-NVI - Latitude 23,0759314° S e Longitude 54,2076889° W .....	105
Figura 34 - Área da Delegacia de Polícia Federal em Corumbá/MS – PF-CRA - Latitude 19,0104471° S e Longitude 57,6261835 ° W .....	114
Figura 35 - Cálculo da Irradiação solar diária média [kWh/m2.dia]. Resultado apresentado pelo software SunData.....	115
Figura 36 - Cálculo da Irradiação solar diária média [kWh/m2.dia]. Resultado apresentado pelo software SunData.....	122
Figura 37 - Área da Delegacia de Polícia Federal em Três Lagoas/MS – PF-TLS - Latitude 20,7976663° S e Longitude 51,6832514 ° W .....	123

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Emissões de CO <sub>2</sub> por kWh .....	34
Tabela 2 - Sistemas de indicadores do Projeto Sinapse e seus respectivos valores para Solar Fotovoltaica (SPV). .....	37
Tabela 3 - Projeto Sinapse - Pesos atribuídos aos tópicos, com indicadores de fonte primária e secundária .....	39
Tabela 4 - Variáveis adotadas e pesos atribuídos pela Empresa Caruso .....	41
Tabela 5 - Pontuação e peso das variáveis elaborados pela Empresa Caruso .....	43
Tabela 6 - Resultado de cálculo da constante k, para o estudo de caso.....	64
Tabela 7 - Resultado do Cálculo no Plano Inclinado do estudo de caso .....	65
Tabela 8 - Resultado dos valores de ISDMMk para o estudo de caso .....	65
Tabela 9 - Fator de Perdas de potência dos módulos instalados em %. .....	66
Tabela 10 - Índices do CAGFOT, conforme o Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018).....	69
Tabela 11 - Índices do CAGFOT conforme a Empresa Caruso (CARUSO, 2020). .....	70
Tabela 12 - Estudo de caso - Latitude de 27,601° S e Longitude 48,549° W, na Ilha da Cidade de Florianópolis/SC .....	73
Tabela 13 - Estudo de caso- pontuação alcançada - Latitude de 27,601° S e Longitude 48,549° W, na Ilha da Cidade de Florianópolis/SC .....	76
Tabela 14 - Resultado de cálculo da constante k da PF- CG.....	81
Tabela 15 - Resultado do Cálculo no Plano Inclinado da PF-CG .....	81
Tabela 16 - Resultado dos valores de ISDMMk da PF-CG .....	81
Tabela 17 - Aplicação do Método CAGFOT - PF-CG.....	82
Tabela 18 - Pontuação alcançada pela- PF-CG .....	85
Tabela 19 - Áreas totais disponíveis para instalação - PF-DRS .....	86
Tabela 20 - Cálculo da quantidades de placas fotovoltaicas - PF-DRS .....	89
Tabela 21 - Resultado de cálculo da constante k da PF-DRS .....	90
Tabela 22 - Resultado do Cálculo no Plano Inclinado da PF-DRS .....	90
Tabela 23 - Resultado dos valores de ISDMMk da PF-DRS .....	90
Tabela 24 - Aplicação do Método CAGFOT - PF-DRS .....	91
Tabela 25 - Pontuação alcançada - PF-DRS.....	94
Tabela 26 - Resultado de cálculo da constante k da PF-PPA.....	98
Tabela 27 - Resultado do Cálculo no Plano Inclinado da PF-PPA .....	99
Tabela 28 - Resultado dos valores de ISDMMk da PF-PPA.....	99
Tabela 29 - Aplicação do Método CAGFOT - PF-PPA.....	100
Tabela 30 - Pontuação alcançada - PF-PPA .....	103

Tabela 31 - Resultado de cálculo da constante k da PF-NVI.....	107
Tabela 32 - Resultado do Cálculo no Plano Inclinado da PF-NVI.....	107
Tabela 33 - Resultado dos valores de ISDMMk da PF-NVI.....	108
Tabela 34 - Aplicação do Método CAGFOT - PF-NVI.....	109
Tabela 35 - Pontuação alcançada - PF-NVI .....	112
Tabela 36 - Resultado de cálculo da constante k da PF-CRA.....	117
Tabela 37 - Resultado do Cálculo no Plano Inclinado da PF-CRA .....	117
Tabela 38 - Resultado dos valores de ISDMMk da PF-CRA.....	117
Tabela 39 - Aplicação do Método CAGFOT - PF-CRA.....	118
Tabela 40 - Pontuação alcançada - PF-CRA .....	121
Tabela 41 - Resultado de cálculo da constante k da PF-TLS .....	125
Tabela 42 - Resultado do Cálculo no Plano Inclinado da PF-TLS.....	125
Tabela 43 - Resultado dos valores de ISDMMk da PF-TLS.....	126
Tabela 44 - Aplicação do Método CAGFOT - PF-TLS .....	127
Tabela 45 - Pontuação alcançada - PF-TLS .....	130
Tabela 46 - Resultados do Método CAGFOT 1 .....	131
Tabela 47 - Resultados do Método CAGFOT 2.....	131

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2 OBJETIVO GERAL E OBJETIVO ESPECÍFICO. ....</b>	<b>18</b>
<b>3 JUATIFICATIVAS .....</b>	<b>19</b>
<b>4 DEFINIÇÕES TEÓRICAS .....</b>	<b>21</b>
<b>4.1 Irradiação solar .....</b>	<b>21</b>
<b>4.2 Impactos Ambientais da Energia Fotovoltaica .....</b>	<b>24</b>
<b>4.3 Sinapse .....</b>	<b>35</b>
<b>4.4 Empresa Caruso .....</b>	<b>39</b>
<b>5 METODOLOGIA.....</b>	<b>43</b>
<b>6 DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>53</b>
<b>6.1 Desenvolvimento do Método CAGFOT.....</b>	<b>53</b>
<b>6.2 Aplicação do Método CAGFOT nas Unidades da PF em MS.....</b>	<b>76</b>
<b>6.2.1 Área da Delegacia da PF em Campo Grande/MS -PF-CG.....</b>	<b>76</b>
<b>6.2.2 Área da Delegacia da PF em Dourados/MS – PF-DRS.....</b>	<b>85</b>
<b>6.2.3 Área da Delegacia da PF em Ponta Porã/MS – PF-PPA .....</b>	<b>94</b>
<b>6.2.4 Área da Delegacia da PF em Navirái/MS – PF-NVI .....</b>	<b>103</b>
<b>6.2.5 Área da Delegacia da PF em Corumbá/MS -PF- CRA .....</b>	<b>112</b>
<b>6.2.6 Área da Delegacia da PF em Três Lagoas/MS – PF-TLS.....</b>	<b>121</b>
<b>6.3 Resultado do Método CAGFOT.....</b>	<b>129</b>
<b>7 CONCLUSÃO.....</b>	<b>132</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>134</b>
<b>ANEXO A.....</b>	<b>137</b>
<b>ANEXO B .....</b>	<b>166</b>



# 1 INTRODUÇÃO

Segundo o Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018), a energia elétrica traz desenvolvimento, bem-estar, conforto e comodidade aos seus consumidores. No entanto, existe a dificuldade de armazená-la de uma forma economicamente viável, por isso o sistema elétrico deve ser dimensionado para atender a demanda máxima de energia. Neste aspecto, a longa distância entre os centros consumidores e os centros geradores, demanda vastos e complexos sistemas de transmissão e distribuição, os quais exigem grandes investimentos e ações permanentes de planejamento na operação e manutenção do sistema.

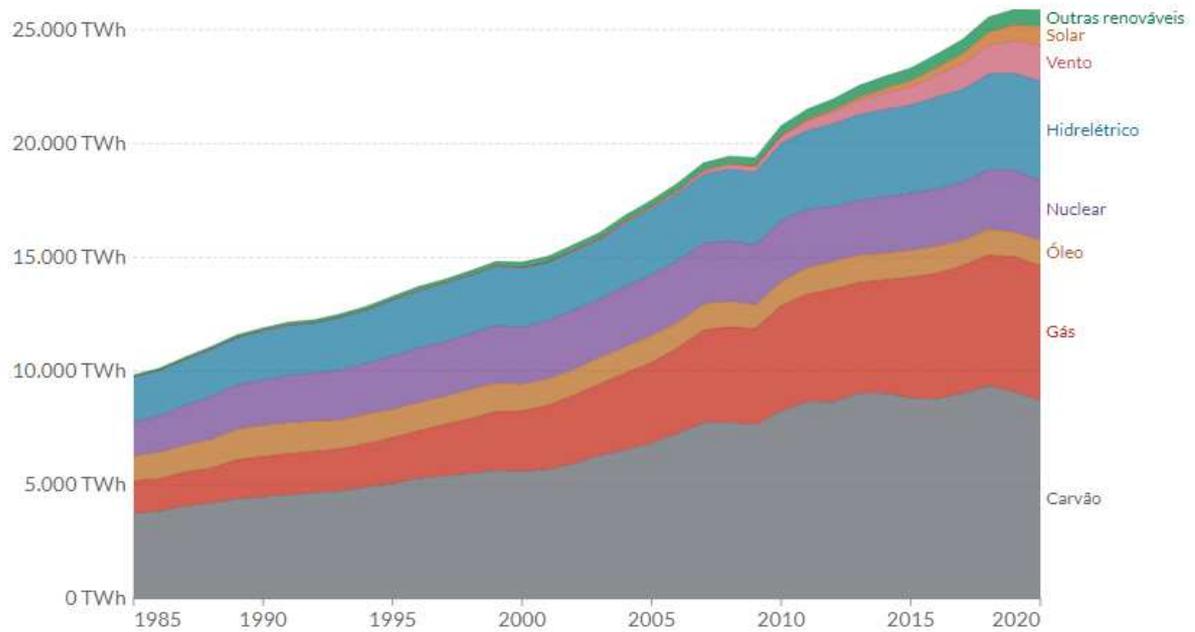
Conforme o Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018) o setor elétrico atualmente e principalmente na década de 1990, passou a ser operado de forma distinta, com a separação comercial dos segmentos da geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia, os quais passaram a ser operados por diferentes agentes, e daí vem a grande importância do planejamento energético, para garantir um funcionamento eficiente de novo modelo de operação.

De acordo com o Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018), surgiram as necessidades de se estabelecer um Planejamento Indicativo, que é aquele que sinaliza ao agente os empreendimentos de interesse para a expansão dos sistemas elétricos, e o Planejamento Determinativo, que é aquele em que o governo age para direcionar a implantação dos empreendimentos prioritários, havendo ou não, interesse dos agentes privados. A integração ao sistema existente, que é um grande desafio operacional, possui custos elevados, pois quanto maior a confiabilidade do suprimento, maior é a modicidade tarifária da energia.

Para contribuir na solução de toda esta problemática, nesta Dissertação de Mestrado o foco foi na maior fonte de energia que chega ao nosso planeta, a Energia Solar, à qual é ainda subutilizada pela humanidade, conforme demonstrado na Figura 1, pois a humanidade ainda está no caminho inicial de evolução dos sistemas de captação. Analisando o Atlas Solarimétrico do Brasil (2000, p. 59), Figura 2, constatou-se que o Estado do Mato Grosso do Sul possui um ótimo potencial de geração de fonte solar no território brasileiro, o que é ainda praticamente inexplorado em larga escala. Portanto ainda está sendo desperdiçado este potencial extraordinário de geração de energia limpa no planejamento para a ampliação da matriz energética.

Visando atender a necessidade de se estabelecer um planejamento indicativo, aliado ao aproveitamento do potencial do Estado de Mato Grosso do Sul, para a geração de energia de fonte solar, a dissertação irá desenvolver, um método de classificação de áreas através de pontuação atribuídas em diversas equações matemáticas.

Figura 1 – Geração de Energia Elétrica Mundial por fonte.



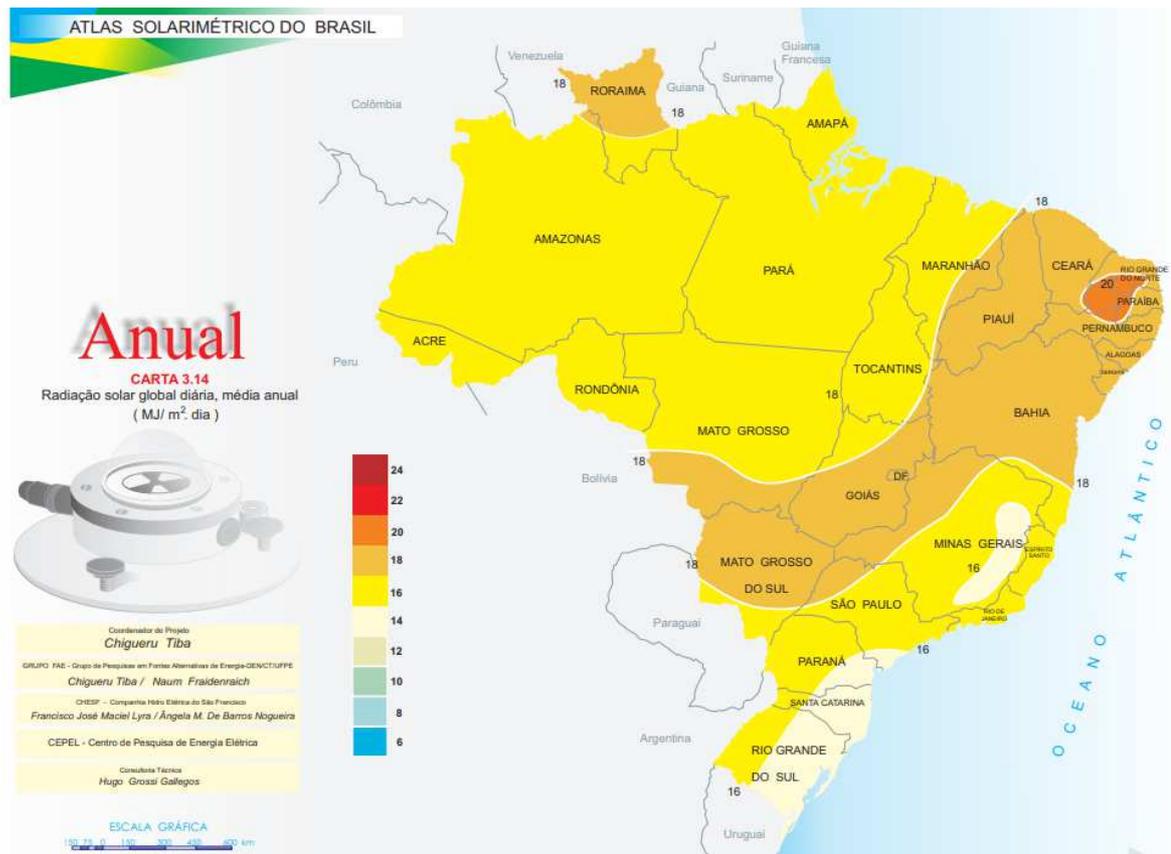
2020	
Outras renováveis	702,89 terawatt-hora
Solar	844,39 terawatts-hora
Vento	1.590,19 terawatts-hora
Energia hidrelétrica	4.355,04 terawatt-hora
Nuclear	2.616,61 terawatts-hora
Óleo	1.128,39 terawatts-hora
Gás	5.892,44 terawatt-hora
Carvão	8.735,8 terawatts-hora
<b>Total</b>	<b>25.865,75 terawatts-hora</b>

Fonte: Our World in Data, 2021, adaptado pelo Autor.

O método desenvolvido recebeu o nome de CAGFOT (Classificação de Áreas para Geração de Energia Fotovoltaica). O CAGFOT tem o objetivo de classificar áreas para o

planejamento e futura implantação de unidades de geração fotovoltaica no Brasil. Este método busca preencher uma lacuna, na implantação de unidades de geração fotovoltaicas, pois leva em consideração a incorporação, nas suas equações matemáticas, de indicadores de sustentabilidade e não apenas os indicadores de eficiência energética

Figura 2 – Atlas Solarimétrico do Brasil.



Fonte: Atlas Solarimétrico do Brasil, 2020, adaptado pelo Autor.

Diversos indicadores já foram desenvolvidos no Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018), para comparação de todos os tipos de fontes energéticas, tanto a de matriz renováveis como não renováveis, como também pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020), os quais foram utilizados na caracterização e análise socioambiental para implementação da Linha de Transmissão de 500 kV, entre a Cidade de Ponta Grossa a Assis, do Edital do Leilão nº 2/2021-ANEEL.

As áreas classificadas e comparadas pelo método CAGFOT receberam as suas respectivas pontuações, indicado, no final, através da maior pontuação alcançada a mais eficiente e sustentável, isto é, a área com a melhor eficiência na produção de energia fotovoltaica, com o menor impacto social e ambiental.

## **2 OBJETIVO GERAL E OBJETIVO ESPECÍFICO**

O objetivo geral da dissertação é desenvolver um método de pontuação e classificação, nominado com CAGFOT (Classificação de Áreas para Geração de Energia Fotovoltaica), utilizando os indicadores, pontos dos indicadores e pesos, desenvolvidos no Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018) e da Empresa Caruso (CARUSO, 2020), devidamente adaptados para geração fotovoltaica, para pontuação e classificação de áreas para o planejamento e futura implantação de unidades de geração fotovoltaica no Brasil.

O objetivo específico é aplicar o método CAGFOT, desenvolvido na dissertação, em áreas disponíveis para geração de energia fotovoltaica da Polícia Federal em Mato Grosso do Sul, nas unidades instaladas nas cidades de Campo Grande/MS, Ponta Porã/MS, Dourados/MS, Naviraí/MS, Três Lagoas e Corumbá/MS, segundo PF (2022) e indicar a mais eficiente e sustentável na produção de energia elétrica fotovoltaica. Isso no intuito de suprir as necessidades de demanda energética do referido Órgão Federal em Mato Grosso do Sul.

### 3 JUSTIFICATIVAS

Conforme Bercovici (2003, p. 191), o planejamento é absolutamente necessário para a promoção do desenvolvimento de qualquer atividade humana. Neste contexto, as atividades humanas devem ser coordenadas para o desenvolvimento econômico e social e esta coordenação se dá por meio do planejamento, que não se limita a definir diretrizes e metas, mas determina, também, os meios para a realização destes objetivos. Esta necessidade de planejamento é vital em todos os países, ganhando contornos ainda mais relevantes, nos ditos subdesenvolvidos, carentes de recursos financeiros e detentores de inúmeras necessidades estruturais, que demandam o estabelecimento de ordem de prioridade nas ações. O subdesenvolvimento exige uma política nacional de desenvolvimento contínua, planejada e de longo prazo, abrangendo todos os setores da vida da sociedade.

O planejamento deve ser compreendido dentro do contexto de legitimação do Estado pela capacidade de realizar objetivos pré-determinados, como os fixados pelo artigo 3º da constituição de 1988. O fundamento da ideia de planejamento é a perseguição de fins que alterem a situação econômica e social vivida naquele momento. É uma atuação do Estado voltada essencialmente para o futuro. (BERCOVICI, 2003, p. 192).

Esta dissertação justifica-se pela importância do tema para o desenvolvimento nacional, pois sem a energia elétrica confiável, limpa e abundante, é impossível se alcançar o crescimento econômico e social sustentável da Nação Brasileira.

Segundo o Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018), a atratividade econômica dos empreendimentos depende em grande parte das expectativas dos investidores, alimentados pelos resultados apresentados pelos planejadores energéticos e pelos resultados dos leilões de energia. Assim quanto maior a convergência entre a expansão planejada e a contratada, maior o nível de confiança dos investidores, o que acirra a competição nos leilões, beneficiando a modicidade tarifária e a segurança de suprimento.

De acordo com o Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018), uma das principais ferramentas de planejamento energético é o indicador de sustentabilidade, pois no passado os impactos da produção da energia elétrica ao meio ambiente não tinham lugar de destaque no processo decisório, e hoje isso é uma das preocupações fundamentais na escolha de novos empreendimentos elétricos. Daí a importância de se usar os indicadores de sustentabilidade, os

quais são ferramentas importantes no planejamento a longo prazo no setor elétrico, considerando tanto o meio ambiente como os aspectos sócio econômicos.

Conforme o Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018), o crescimento econômico corre junto com uma maior utilização de recursos naturais, o que tem como consequência maiores impactos sócio ambientais. Ao suprir a necessidade crescente por geração de energia elétrica, o operador necessita considerar e quantificar previamente o custo ambiental envolvido, incorporando no seu planejamento os custos de degradação ambiental e dos impactos sociais da geração da eletricidade. Atualmente os custos e riscos econômicos das fontes de geração de energia elétrica, incluindo aí a renováveis, como exemplo a geração fotovoltaica, contam com uma base de dados consistentes, já o mesmo não ocorre com os custos sócios ambientais.

O método CAGFOT, desenvolvido nesta dissertação, irá se tornar uma ferramenta especializada para a classificação e escolha de áreas para a geração de energia fotovoltaica, tendo como base no seu desenvolvimento, o uso dos indicadores já desenvolvidos pelo Projeto Sinapse e pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020), pois tais indicadores já incorporaram os custos sócios ambientais, vindo de encontro com uma utilização racional, eficiente e sustentável dessa grande fonte energética disponível em nosso país, que é o Sol.

## 4 DEFINIÇÕES TEÓRICAS

Nesta etapa apresentar-se-á algumas definições teóricas importantes, para o entendimento de alguns termos técnicos específicos, para a completa compreensão deste trabalho.

### 4.1 - Irradiação Solar

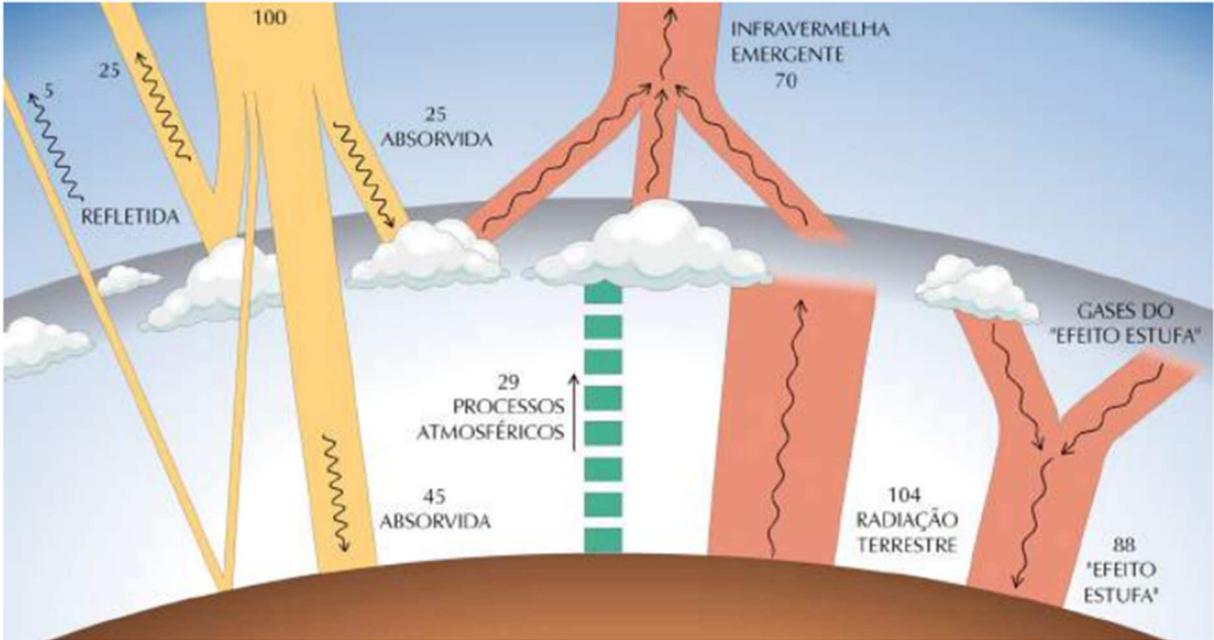
Segundo Vilas Boas (2019), a luz irradiada para o Planeta Terra em ano é 10.000 vezes maior do que a necessidade energética que a humanidade precisa para viver e desenvolver todas as suas atividades corriqueiras, dados indicam um valor médio de irradiação solar extraterrestre na ordem de  $1367 \text{ W/m}^2$  com erro de 1% e uma variação adicional de +/- 3% em decorrência da órbita elíptica da terra em torno do sol.

De acordo com Vilas Bôas (2019), uma fração muito pequena de toda esta irradiação atinge a superfície do nosso planeta, sendo que uma grande parte é refletida e absorvida em forma de calor na atmosfera terrestre. E esta parcela que atinge a superfície tem parte absorvida pelo solo, em forma de calor, e uma parcela que é refletida novamente para a atmosfera do nosso planeta. As condições atmosféricas, tipos de solo, tipos de vegetação, ausência de vegetação, topografia, ângulo de incidência, corpos de água e outras características, impactam diretamente nas proporções de irradiação que são efetivamente úteis para a humanidade.

A Figura 3 demonstra, com maiores detalhes, a interação da radiação solar com os principais constituintes atmosféricos e superfície de nosso planeta.

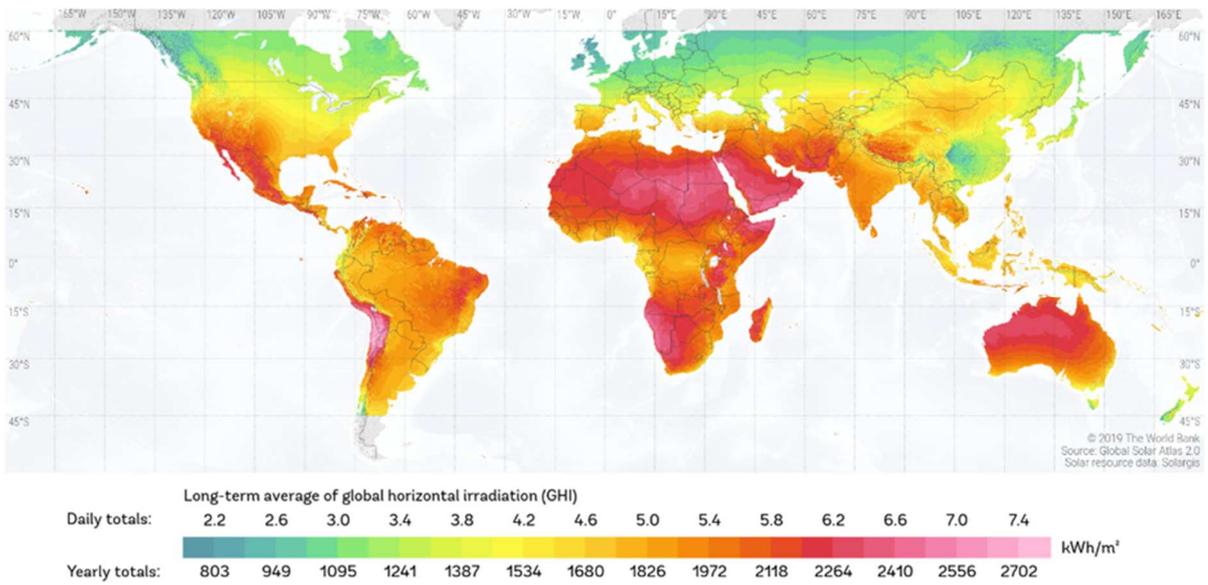
As Figuras 4, 5, e 6, a seguir, representam, respectivamente, a irradiação solar da Superfície Terrestre, do Brasil e do Estado de Mato Grosso do Sul, demonstrando o enorme potencial de utilização desta fonte de energia.

Figura 3 – Interação da radiação solar com a atmosfera e superfície terrestre.



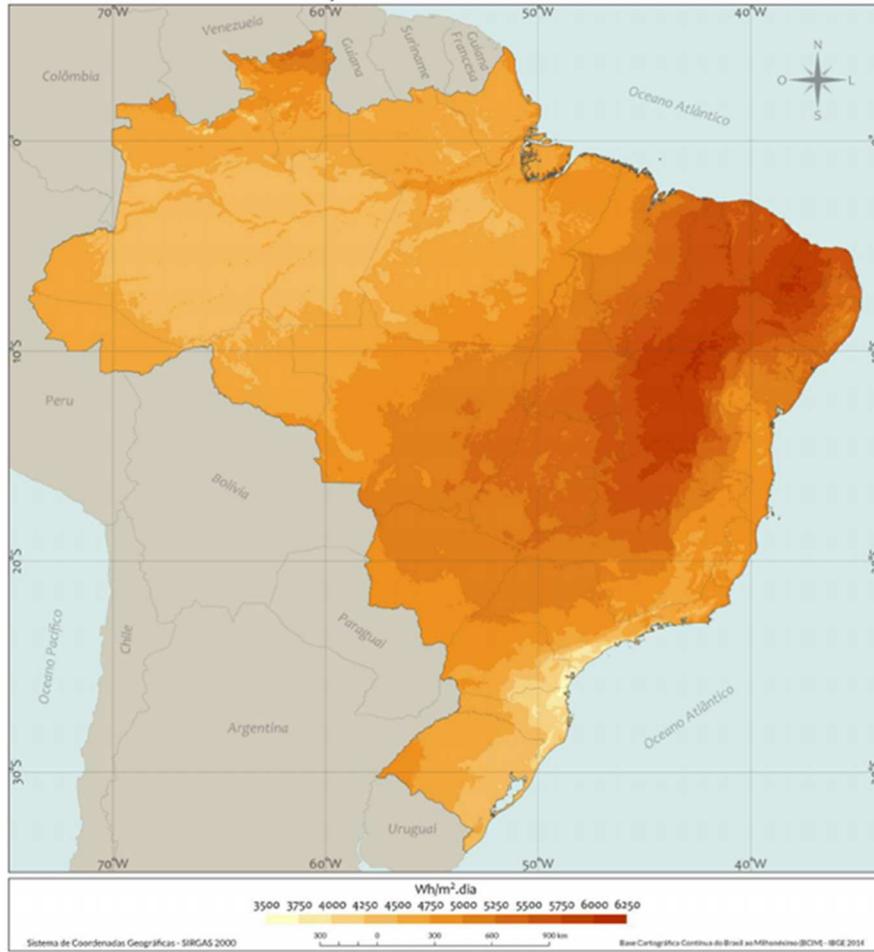
Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar – 2ª Edição, 2017.

Figura 4 – Irradiação da Superfície Terrestre.



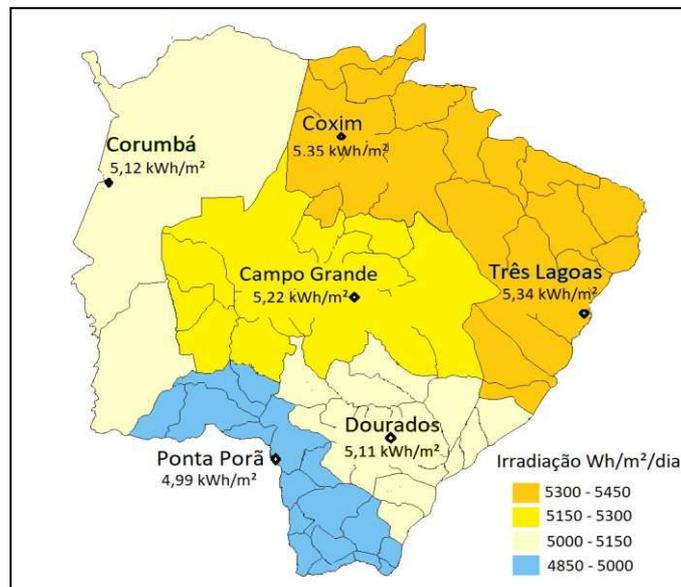
Fonte: Global Solar Atlas - 2021.

Figura 5 – Total diário da irradiação global horizontal no Brasil – Média Anual.



Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar – 2ª Edição, 2017.

Figura 6 – Irradiação média anual no MS.



Fonte: Vilas Bôas (2019).

## 4.2 - Impactos Ambientais da Energia Fotovoltaica

Conforme Baumann e Hill (1994) já é de conhecimento que a geração de eletricidade é uma das principais fontes de poluição ambiental. Isso não é só uma verdade apenas aos sistemas convencionais de energia, mas também, é uma verdade para produção de energia com o uso de tecnologias renováveis, principalmente quando se considera o ciclo de vida completo dessas tecnologias. Durante os vários estágios do ciclo de vida de cada tecnologia, incluindo extração de combustível, preparação, transporte, conversão, operação, distribuição, utilização, processamento de resíduos e descarte, as emissões são geradas e dispersadas no meio ambiente, impondo um impacto sobre os sistemas vivos do planeta. Esses impactos ao ambiente são físicos e biológicos, e afetam diretamente a saúde humana. Como esses impactos impõem custos significativos à sociedade, decisões relativas ao planejamento e a seleção de sistemas de energia deve basear-se em uma análise comparativa de várias tecnologias e suas atividades.

Segundo Baumann e Hill (1994) o uso da energia solar fotovoltaica foi classificado, no início dos anos 80, como uma fonte de energia renovável muito promissora para o futuro. Atualmente o custo para gerar eletricidade através da tecnologia fotovoltaica está se tornando mais barata que dos combustíveis fósseis, onde a tecnologia fotovoltaica está em franca ascensão em seu desempenho e cada vez mais seus custos vêm sendo minimizados. Mas como qualquer outra tecnologia, a fotovoltaica, não é totalmente livre de impactos, principalmente quando se analisa seu ciclo de vida completo. No entanto, comparado com os sistemas de geração de energia convencionais, seus principais impactos ambientais não ocorrem na fase de construção e operação, e sim em quase inteiramente durante a produção dos painéis e na fabricação das células. Após o fim da vida útil dos painéis e módulos ou mesmo quando são danificados eles podem ser reciclados, o que minimiza a questão da eliminação dos resíduos.

De acordo com Baumann e Hill (1994) as preocupações ambientais estão emergindo como uma poderosa força motriz por trás do desenvolvimento de energias renováveis destinadas a substituir, por quase completo, os sistemas de geração energia classificadas como não renováveis, a fim de ajudar a aliviar e reduzir a poluição do meio ambiente, tornando a geração de energia mais eficiente sustentável. As preocupações ambientais estão impoonto uma avaliação completa do ciclo de vida completo de todos os tipos de energias concorrentes. No intuito de se realizar uma análise de ciclo de vida é essencial estabelecer os impactos ambientais relevantes associados aos sistemas fotovoltaicos.

Os tipos de impactos ambientais, positivos e negativos, listados e discutidos seguir, referem-se aos vários estágios do ciclo de vida de uma planta de geração de energia elétrica fotovoltaica:

#### 4.2.1 - Uso da terra

Baumann e Hill (1994) citam que os impactos no uso da terra na instalação de sistemas fotovoltaicos serão diferentes para os sistemas descentralizado (micro e mini geração) e centralizado (geração em média e grande escala). A micro ou mini geração, que engloba as residências, os estabelecimentos comerciais e os industriais de pequeno porte, são compostos de dispositivos descentralizados, que podem ser usados como revestimento nas paredes e vidros ou instalados nos telhados de edifícios e residências, onde a utilização de solo não se faz necessária. No entanto, a produção de energia em média e grande escala, com tecnologia fotovoltaica, agrega vários fatores, incluindo o possível uso de terra agricultável, conforme apontado na Figura 7, o que não é ideal, principalmente em um país como Brasil, onde existem muitas famílias abaixo da linha da miséria. Outro aspecto é o desmatamento de áreas com vegetação nativa, tornando-se mais grave quando esta mata nativa faz parte de um bioma já quase extinto. Essas ações trazem inúmeras consequências ambientais, como um exemplo a formação de erosões em terreno íngremes. Uma maneira de corrigir esse problema da erosão é a utilização de plantas de geração fotovoltaicas para a recuperação de áreas já degradadas, o que vem atuar de forma positiva para a recuperação do ambiente.

Figura 7 – Geração Fotovoltaica em grande escala.



Fonte: Canva, 2020.

#### 4.2.2 - Impactos visuais

Conforme Baumann e Hill (1994) uma grande quantidade de painéis fotovoltaicos certamente pode ter impactos visuais adversos, se instalados em áreas de beleza naturais ou outros locais de interesse científico. Assim como os impactos no uso da terra, os impactos visuais variam por tipo de sistema utilizado. Até que ponto os sistemas fotovoltaicos aplicados nos envoltórios dos edifícios, por exemplo, os revestimentos de parede, são percebidos como aceitáveis ou não, isso depende muito da maneira como os planejadores conseguem integrar os elementos fotovoltaicos como parte das características específicas do local, conforme mostrado na Figura 8. Assim como nos valores estéticos, a percepção do público em geral sobre novas tecnologias reflete os valores mantidos em um momento sociedade. Impactos negativos também podem ser gerados para aviões e pássaros, pois a reflexão dos painéis pode gerar desorientação de ambos.

Figura 8 – Painéis aplicados nas fachadas de edifícios.



Fonte: Fontes Renováveis, 2015.

#### 4.2.3 - Influência no clima local

Segundo Baumann e Hill (1994) os impactos negativos no clima local devido ao uso de tecnologias fotovoltaicas só podem ocorrer com a implantação de grandes centrais

fotovoltaicas, quando uma grande área coberta com painéis fotovoltaicos mudaria o reflexo da luz solar recebida, formando com isso as bolhas de calor nas proximidades da unidade de geração, principalmente em áreas sem boa incidência de ventilação natural, alcançando temperaturas desconfortáveis conforme a Figura 9. No Saara, por exemplo, a mesma situação poderia influenciar o clima local de maneira positiva, ajudando a criar uma área verde embaixo dos painéis e aumentar o volume de chuvas.

Figura 9 – Alteração do clima, gerando aquecimento e bolhas de calor.



Fonte: Canva, 2020.

#### **4.2.4 - Uso de matéria prima fabricação dos componentes e a emissão de gases do efeito estufa**

De acordo com Baumann e Hill (1994) a primeira etapa do processo na produção de qualquer ambiente fotovoltaico é a mineração, exemplificada na Figura 10, realizada para se obter os minerais utilizados na fabricação dos componentes. Esta operação possui riscos associados aos trabalhadores, insumos para extração dos minerais, utilização de combustíveis fósseis, utilização de equipamentos, alto consumo de energia elétrica e outros insumos. Por exemplo, o silício metalúrgico é fabricado em grandes quantidades para a indústria siderúrgica, com uma pequena fração sendo aplicada na indústria de semicondutores, sua principal emissão

é a poeira de sílica, que pode causar doença pulmonar, durante o processo de fabricação o silício precisa passar por um processo de purificação, que pode envolver o uso de materiais como silano, que são explosivos altamente tóxicos. A dopagem de silício envolve produtos químicos tóxicos, como diborano e fosfina, que embora utilizados em pequenas quantidades podem causar sérios danos ao ambiente, estes materiais são utilizados em larga escala na indústria microeletrônica e eles já provaram ser capazes de monitorar e controlar com segurança o seu uso, apesar de sua grande toxicidade. Outro componente suplementar, necessário para a fabricação de células fotovoltaicas, é o vidro, a fabricação de vidro plano requer uma contribuição substancial de materiais e energia, e isso depende diretamente da espessura das placas de vidro. Os outros materiais para construção de um sistema fotovoltaico completo, exceto os módulos fotovoltaicos, são aço, alumínio, equipamentos de cobre, concreto e eletrônicos, os quais já estão associados ao padrão industrial existente, causando diversas emissões de gases do efeito estufa.

Figura 10 – Extração de minerais utilizados na fabricação dos painéis fotovoltaicos.



Fonte: Quem Inova, 2019.

#### **4.2.5 -Consumo de energia e água, erosão, impacto no manancial aquático e a outros seres vivos**

Segundo Baumann e Hill (1994) a energia utilizada na fabricação dos módulos fotovoltaicos e outros componentes, do sistema fotovoltaico, já deriva do portfólio de combustíveis utilizados comumente pela sociedade. Portanto, está também associada a emissões de gases do efeito estufa e dos gases ácidos, que tanto afetam nosso planeta.

Já Hernandez, Hoffacker, Murphy e Allen (2015) dizem que o desmatamento de áreas, ou mesmo o uso de herbicidas para o controle da vegetação, que irá crescer no local onde se encontram instaladas as placas, podem acabar poluindo os mananciais aquáticos e também contaminando o solo, somando a isso pode ocorrer a erosão e o assoreamento decorrente de uma preparação ineficaz do solo na contenção das águas pluviais, no local de instalação das unidades de geração de energia fotovoltaica. Para a manutenção do sistema de geração é necessário o uso de grande quantidade de água para o resfriamento e limpeza dos painéis, o que pode impactar diretamente nos recursos hídricos de uma região, principalmente se eles já forem escassos. No caso da limpeza dos painéis os supressores de poeira vêm sendo usados em vez da água, podendo gerar impactos ambientais relevantes, na contaminação do solo e dos mananciais aquáticos.

O uso de lagos e represas parece à primeira vista uma solução, para a indisponibilidade de terras agricultáveis e como uma maneira de diminuir a evaporação de grandes volumes de água nos reservatórios. Geralmente este tipo de parque fotovoltaico é utilizado para grandes e médias gerações, no entanto, existe uma série de problemas resultantes destas instalações. Como a contaminação da água pelos supressores de poeira, a diminuição de incidência solar no meio subaquático, surgimentos de algas, resultando na morte de peixes e insetos, conforme a Figura 11, portanto, os painéis podem acabar funcionando como “armadilhas ecológicas”. A morte de pássaros, em média escala, também vem ocorrendo e vem sendo observada, provavelmente por colisão e pelo calor gerado, no entanto, ainda vem sendo estudada em várias plantas de geração de energia fotovoltaica, de grande e médio porte, tanto em solo como em ambiente aquático, e ainda não se chegou a resultados conclusivos do porquê de sua ocorrência e como evitá-las.

Figura 11 – Morte de peixes por contaminação da água.



Fonte: Canva, 2020.

#### **4.2.6 - Impactos socioeconômicos e ambiental as comunidades circundantes as instalações**

De acordo com Filho, Ferreira, Azevedo, Costa e Pinheiro (2015) o impacto ambiental pode ser entendido como sendo qualquer alteração das características do sistema ambiental, seja esta física, química, biológica, social ou econômica, as quais são causadas por ações antrópicas. E estas ações afetam direta ou indiretamente o comportamento dos parâmetros que compõem os meios físico, biótico e/ou socioeconômico do sistema ambiental na sua área de influência. Tudo isso agindo diretamente na resiliência ambiental, que é a capacidade de um sistema se recuperar após uma perturbação de um agente externo, ou seja, a capacidade de um sistema retornar a um estado de equilíbrio depois de uma perturbação temporária.

Segundo Filho, Ferreira, Azevedo, Costa e Pinheiro (2015) os sistemas fotovoltaicos não emitem poluentes durante sua operação e são muito promissores como uma alternativa energética sustentável, entretanto geram impactos ambientais e sociais a serem considerados, e estes fatores de estresse podem ser além da capacidade de suporte do meio, gerando inúmeros desequilíbrios. O impacto ambiental mais significativo do sistema fotovoltaico para geração de eletricidade é provocado durante sua fabricação dos componentes,

e montagem do sistema. Portanto, os impactos relacionados a questões da área de implantação podem ser positivos ou negativos, a maioria dos impactos negativos previstos para a fase de implantação do empreendimento tem efeito temporário e praticamente não ultrapassa as fronteiras dele. Ao passo que, grande parte dos impactos positivos tem seus efeitos postergados após a fase implantação e se consolidam durante a fase de operação. No entanto, é preciso uma análise criteriosa da área prevista para o empreendimento, de modo a propiciar a adoção de medidas preventivas e mitigadoras quanto à efetivação destes impactos ambientais. Para tal, faz-se necessária a criação e aplicação de Programas de Controle e Monitoramento Ambiental, que se constituem de elementos básicos de planejamento e de gerenciamento, visando não apenas a minimização de possíveis degradações, como também a compensação dos impactos ambientais adversos, os quais são resultantes da implantação e operação de uma Usina Solar Fotovoltaica.

Ainda conforme Filho, Ferreira, Azevedo, Costa e Pinheiro (2015) os impactos ambientais, gerados em empreendimentos de aproveitamento solar fotovoltaico, estão estreitamente relacionados à sua localização, presença ou não infraestrutura, como linhas de transmissão e via de acesso, às características físico-climáticas do local de implantação e às características dos ecossistemas locais. Contudo, sob uma análise generalizada, os impactos negativos apresentados por sistemas fotovoltaicos são bastante reduzidos quando comparados com os impactos positivos e as vantagens de sua implantação. No entanto, há modificações paisagísticas e muita movimentação de recursos humanos, riscos de acidentes de trabalho, uso intensivo de maquinário, equipamentos e de materiais, que não compõem o meio onde o empreendimento será alocado. Tais impactos devem ser monitorados durante todo o processo de construção, pois a geração de poeiras/gases e alterações na qualidade do ar, os quais gerados com o alto fluxo de veículos e o manuseio de máquinas e equipamentos na área do canteiro, bem como, com a deposição de materiais diversos e o manejo de materiais terrosos, os quais podem causar durante o andamento das obras, o lançamento de poeiras fugitivas (material particulado) e a emissão dos chamados gases de efeito estufa, como o CO<sup>2</sup>, alterando o padrão da qualidade do ar local. As poeiras também 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 sociedade local.

Segundo Filho, Ferreira, Azevedo, Costa e Pinheiro (2015) podem também ocorrer a geração ou acirramento de processos erosivos e alterações do comportamento hídrico e do fluxo hidrológico superficial, com o desmate e os destocamentos do terreno, conforme Figura

12, poderão ocorrer perdas da camada superficial do solo, pois as raízes carregam volumes de solo superficiais, deixando a superfície mais susceptível a agentes erosivos. Por conseguinte, os processos naturais de transporte e migração de sedimentos arenosos podem intensificar-se no local de implantação do sistema para direções mais baixas como vales de pequenos cursos d'água, podendo ocorrer assoreamento de cursos de drenagens naturais, chegando até a afetar o comportamento hídrico local, principalmente se o terreno da instalação do sistema for de grande inclinação. Já quando as via de acesso estiverem efetivamente implantadas e ativas, poderão ocorrer processos erosivos em seus leitos durante o período chuvoso, se tais vias não forem devidamente pavimentadas e possuírem adequados projetos de coleta e escoamentos dos fluxos pluviométricos. Ainda nesta etapa de implantação do sistema poderão 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, e à compactação do solo e à redução de sua permeabilidade. Na Figura 13 pode-se ver uma usina de geração de energia fotovoltaica, que foi implantada em local de erosão, com fins de recuperar a área degradada, um exemplo de um impacto positivo no uso da tecnologia.

Figura 12– Retirada da cobertura vegetal do terreno.



Fonte: Canva, 2021.

Figura 13– Usina de Geração Fotovoltaica – Campo Grande/MS.



Fonte: ANEEL, 2021.

Filho, Ferreira, Azevedo, Costa e Pinheiro (2015) ainda alertam que a construção de uma usina solar fotovoltaica pode modificar os ciclos de desenvolvimento da fauna e da flora, tanto durante a fase de construção quanto durante a permanência do empreendimento. Uma das consequências é a mortes de diversos seres vivos, principalmente com a perda de cobertura vegetal, afugentamento e fuga da fauna local, que traz a diminuição do potencial ecológico e aumenta o risco de acidentes causados aos seres humanos com animais em fuga.

No entanto Filho, Ferreira, Azevedo, Costa e Pinheiro (2015) citam como impactos positivos, a geração de emprego e renda da localidade, crescimento da economia local e aumento da arrecadação tributária, aumento da eficiência dos equipamentos, com a disponibilidade de uma energia de melhor qualidade na localização, melhorando a segurança, confiabilidade e oferta de energia elétrica local.

#### **4.2.7 - Emissões de gases do efeito estufa**

De acordo com Planete Energies (2016) a geração de eletricidade é responsável por 42,5% das emissões globais de CO<sub>2</sub>. E desse total 73% podem ser atribuídos às usinas que tem

sua matriz o carvão. No entanto, usinas que funcionam com energias renováveis, como hídrica, eólica, solar fotovoltaica e solar térmica, a quase totalidade das emissões de CO<sub>2</sub> é atribuível à elaboração dos materiais utilizados e a sua construção. Na Tabela 1 a seguir, verifica-se a emissão de CO<sub>2</sub> por kWh para cada tipo de matriz utilizada.

Tabela 1 – Emissões de CO<sub>2</sub> por kWh.

<b>Tipos de Matriz</b>	<b>Gramas de CO<sub>2</sub> para cada kWh de eletricidade produzido</b>
Carvão	950
Solar	60
Solar Térmica	150
Eólica	22
Hidrelétrica	4
Nuclear	6
Gás	350

Fonte: Planete Energies (2016), adaptado pelo autor.

Dentre as fontes de energia renováveis, apesar da fotovoltaica não ser a de menor índice de emissão de CO<sub>2</sub>, conforme demonstrando na Tabela 1, dentre as apresentadas é a que menor apresenta problemas de implementação, pois a hidráulica necessita de grandes reservatórios e quedas de água, isso sem levarmos em consideração a crise hídrica que o Mundo vem passando; a eólica os locais com incidência de ventos satisfatórios para a sua geração não são tão abundantes; as nucleares tem um grande problema no armazenamento dos resíduos gerados e risco de acidentes.

Tudo isso reforça que a utilização do sol como fonte de geração elétrica, como a melhor aposta entre as fontes de energia renováveis, pesando para a fotovoltaica, pois conforme salienta Helioscsp (2019), apesar da solar térmica ser mais eficiente e superar os problemas de intermitência, pois a energia térmica é mais fácil de se armazenar, elas ainda requerem maiores investimentos, maiores áreas e emitem mais CO<sub>2</sub> kWh produzido, portanto, a aplicabilidade da fotovoltaica é substancialmente maior e oferece menor risco.

### 4.3 - Sinapse

De acordo com o Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018), este melhor se define como sendo a Inclusão de Variável Ambiental no Planejamento Elétrico, no âmbito do programa de Pesquisa e Desenvolvimento regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Portanto, foi desenvolvido com o objetivo de aprimorar a sistemática de inserção ambiental no planejamento da expansão da geração de energia elétrica no Brasil, conforme ilustra a Figura 14, com ênfase em diversas fontes geradoras, planejadas no âmbito do Sistema Interligado Nacional (SIN). Os principais produtos desenvolvidos no Sinapse foram:

- a. A metodologia para análise integrada de aspectos técnico-econômicos e socioambientais associados ao planejamento da geração no Sistema Interligado Nacional em médio (PDE) e longo (PNE) prazos, considerando a competitividade e sustentabilidade de cada fonte de geração de energia elétrica;
- b. Um sistema computacional para análise multicritério de projetos e tecnologias de geração, com base em indicadores de competitividade e de sustentabilidade das fontes geradoras de energia elétrica;
- c. Um documento “Sistemática para Inserção Ambiental no Planejamento Estratégico e de Longo Prazo do Sistema Elétrico Brasileiro”, que consolidará a metodologia desenvolvida, incluindo critérios, procedimentos e estudos de caso;
- d. Conjunto de cadernos temáticos, destinados ao público em geral, para divulgar o trabalho e estabelecer referências sobre inserção ambiental na matriz elétrica nacional;
- e. O livro técnico sobre a estrutura e evolução prevista da matriz energética nacional, o sistema de planejamento energético e a sistemática (existente e proposta) de inserção da variável ambiental no processo de planejamento energético.

Segundo o Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018), a motivação para o seu desenvolvimento baseia-se no fato do setor elétrico brasileiro possuir forte participação de fontes renováveis em sua matriz energética. Esta característica vem se mantendo, graças aos incentivos pela implementação de fontes alternativas, as quais em geral são mais caras do que as convencionais, tais como, as pequenas centrais hidrelétricas com cogeração a bagaço de cana-de-açúcar.

Figura 14 – Análise e estudo da expansão da geração de energia elétrica.



Fonte: Projeto Sinapse, 2018.

Portanto, um planejamento energético baseado somente em análise de custo puramente econômico, tende a subestimar o valor (em termos de benefícios) e os custos associados à dimensão socioambiental dessas fontes. Daí vem a necessidade do desenvolvimento de um sistema de indicadores tecno-econômicos e socioambientais, criando uma metodologia para avaliar o nível de sustentabilidade de fontes de geração de energia elétrica, centrada em índices que sintetizaram um conjunto de indicadores. Metodologia esta que foi desenvolvida com base em conceitos de sustentabilidade, desenvolvimento econômico e tecnológico e desenvolvimento social. No intuito de medir a sustentabilidade de cada fonte de geração e estabelecer um custo socioambiental para cada tipo de fonte.

Do Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018), obtive como resultado, para a fonte de produção de energia utilizando a matriz Solar Fotovoltaica (SPV), as Tabelas 2 e 3. Onde a Tabela 2 apresenta os indicadores elaborados a fonte SPV e seus respectivos valores numéricos, e a Tabela 3 os pesos atribuídos a cada um dos indicadores da fonte SPV.

Tabela 2 – Sistemas de indicadores do Projeto Sinapse e seus respectivos valores para Solar Fotovoltaica (SPV).

Dimensão/Tópico	Indicadores de SPV
<b>1. Dimensão Ambiental</b>	<b>0,89</b>
<b>1.1 Tópico: Solo</b>	<b>0,848</b>
1.1.1 Ind.: Área ocupada pela geração de energia (km <sup>2</sup> / TWh)	15,30
1.1.2 Ind.: Potencial redução da biodiversidade de espécies da flora e fauna nativas (1 a 5)	4,0
1.1.3 Ind.: Possibilidade de ocorrência de Unidades de Conservação em áreas com geração potencial (1 a 5)	4,00
<b>1.2 Tópico: Água</b>	<b>0,972</b>
1.2.1 Ind.: Volume de água consumida / energia gerada (m <sup>3</sup> / MWh)	0,00
1.2.2 Ind.: Potencial redução da biodiversidade da ictiofauna nativa (1 a 5)	4,33
1.2.3 Ind.: Grau de transformação do ambiente lótico em lêntico por energia geração (km <sup>2</sup> / MWh / ano) (1 a 5)	5,00
1.2.4 Ind.: Aumento de doenças causadas por vetores de água ou por mudança na qualidade da água por geração anual de energia (% / MWh / ano) (1 a 5)	5,00
<b>1.3 Tópico: Ar</b>	<b>0,988</b>
1.3.1 Ind.: Toneladas de CO <sub>2</sub> e emissão por geração anual de energia (tCO <sub>2</sub> e / MWh / ano)	0,03
1.3.2 Ind.: Toneladas de emissões de partículas por geração anual de energia (Mt / GWh / ano)	0,00
1.3.3 Ind.: Toneladas de emissões de óxidos nitrosos por geração anual de energia (MtNO <sub>x</sub> / GWh / ano)	0,00
1.3.4 Ind.: Toneladas de emissões de dióxido de enxofre por geração anual de energia (tSO <sub>2</sub> / GWh / ano)	0,00
1.3.5 Ind.: Aumento de doenças respiratórias por geração anual de energia (% / MWh / ano) (1 a 5)	5,00
<b>1.4 Tópico: Riscos</b>	<b>0,75</b>
1.4.1 Ind.: Riscos potenciais de perda de geração devido a erro humano (1 a 5)	4,00
1.4.2 Ind.: Riscos potenciais de perda de geração devido a eventos naturais (1 a 5)	4,00
1.4.3 Ind.: Riscos potenciais de perda de geração de eventos tecnológicos (1 a 5)	4,00
<b>2. Dimensão Social</b>	<b>0,578</b>
<b>2.1 Tópico: População Local e Trabalhadores</b>	<b>0,407</b>
2.1.1 Ind.: População diretamente afetada durante as obras (1 a 5)	3,63
2.1.2 Ind.: População diretamente afetada durante a operação (1 a 5)	3,88
2.1.3 Ind.: Número de funcionários no horário de pico da construção por / MW	3,55
<b>2.2 Tópico: Terra Indígenas e Comunidades Tradicionais</b>	<b>0,750</b>
2.2.1 Ind.: Possibilidade de ocorrência de povos indígenas em áreas com viabilidade potencial de geração (1 a 5)	4,00
2.2.2 Ind.: Possibilidade de ocorrência de comunidades tradicionais em áreas de viáveis para de geração (1 a 5)	4,00
<b>2.3 Tópico: Patrimônio Cultural, Histórico e Arqueológico</b>	<b>0,579</b>
2.3.1 Ind.: Nível de danos ao patrimônio cultural, histórico e arqueológico em áreas de potencial de geração (1 a 5)	3,25
2.3.2 Ind.: Nível de dano à identidade cultural local em áreas de geração viável potencial (1 a 5)	3,38
<b>3. Dimensão econômica</b>	<b>0,525</b>
<b>3.1 Tópico: Geração de Emprego</b>	<b>1,00</b>
3.1.1 Ind.: Geração de empregos (considerando toda a cadeia produtiva) / MW	33,33
<b>3.2 Tópico: Geração de Renda</b>	<b>0,357</b>
3.2.1 Ind.: Aumento da atividade turística local (1 a 5)	2,13
3.2.2 Ind.: Aumento do comércio local e atividade de serviços (1 a 5)	2,38
3.2.3 Ind.: Menor potencial de impacto na produção agrícola local (1 a 5)	2,00
3.2.4 Ind.: Aumento da atividade industrial local (1 a 5)	2,63
3.2.5 Ind.: Receita com cessão de terreno para geração de energia (1 a 5)	3,00
<b>3.3 Tópico: Receita Pública</b>	<b>0,219</b>
3.3.1 Ind.: Compensação financeira anual paga a estados e municípios pela geração de energia (Sim/Não)	Não
3.3.2 Ind.: Imposto Anual sobre Serviços (ISS) gerado na instalação /MWh ano (1 a 5)	2,75
<b>4. Dimensão Política e Institucional</b>	<b>0,544</b>
<b>4.1 Tópico: Licença Ambiental</b>	<b>0,604</b>
4.1.1 Ind.: Flexibilidade na escolha da localização do empreendimento (1 a 5)	3,00
4.1.2 Ind.: Simplicidade dos Estudos Ambientais exigidos pelo licenciamento ambiental (1 a 5)	3,63
4.1.3 Ind.: Potencial envolvimento de menos órgãos no processo de licenciamento ambiental (1 a 5)	3,00
4.1.4 Ind.: Potencial para cumprimento do prazo regulatório para licenciamento ambiental (1 a 5)	3,50
4.1.5 Ind.: Potencial menor risco de judicialização do processo de licenciamento ambiental (1 a 5)	3,75
<b>4.2 Tópico: Aceitação Pública</b>	<b>0,485</b>
4.2.1 Ind.: Nível de aceitação pública da fonte na área diretamente afetada municípios (1 a 5)	3,88
4.2.2 Ind.: Potencial de geração de benefícios locais (1 a 5)	2,00
<b>4.3 Tópico: Política Energética e Acordos Internacionais</b>	<b>0,542</b>
4.3.1 Ind.: Fonte renovável ou não renovável (Sim / Não)	Sim
4.3.2 Ind.: Disponibilidade nacional de recursos energéticos alcançáveis (MW / anos estudados)	195,45
4.3.3 Ind.: Grau de expertise nacional na tecnologia (1 a 5)	3,50

Fonte: JUNIOR, MORAES, TAVARES, FILHO e FURTADO, 2020, adaptado pelo autor.

Tabela 3 – Projeto Sinapse - Pesos atribuídos aos tópicos, com indicadores de fonte primária e secundária.

<b>Tópicos / Indicadores</b>	<b>Pesos</b>
<b>1.1 Tópico: Solo</b>	
1.1.1 Ind: Área ocupada pela energia gerada (km <sup>2</sup> / MWh)	0,50
1.1.2 Ind: Potencial redução da biodiversidade da flora e fauna nativas espécies (1-5)	0,25
1.1.3 Ind: Possibilidade de ocorrência de Unidades de Conservação em áreas com potencial de geração (1-5)	0,25
<b>1.2 Tópico: Água</b>	
1.2.1 Ind: Volume de água consumida / geração de energia (m <sup>3</sup> / MWh)	0,33
1.2.2 Ind: Potencial de redução da biodiversidade nativa da ictiofauna (1-5)	0,16
1.2.3 Ind: Grau de transformação do ambiente lótico em lêntico (km <sup>2</sup> /MWh / ano) (1-5)	0,17
1.2.4 Ind: Aumento de doenças causadas por vetores de água ou por alteração na qualidade da água por geração anual de energia (% / MWh / ano) (1-5)	0,33
<b>1.3 Tópico: Ar</b>	
1.3.1 Ind: Toneladas de CO <sub>2</sub> e emissões por geração anual de energia (tCO <sub>2e</sub> /MWh / ano)	0,50
1.3.2 Ind: Toneladas de emissões de partículas por geração anual de energia (t /GWh / ano)	0,13
1.3.3 Ind: Toneladas de óxidos nitrosos emitidos pela geração anual de energia (tNO <sub>x</sub> / GWh / ano)	0,13
1.3.4 Ind : Toneladas de dióxido de enxofre por geração anual de energia (tSO <sub>2</sub> /GWh / ano)	0,12
1.3.5 Ind: Aumento de doenças respiratórias por geração anual de energia (% / MWh / ano) (1-5)	0,12
<b>1.4 Tópico: Riscos</b>	
1.4.1 Ind: Riscos potenciais de perda de geração devido a erro humano (1-5)	0,25
1.4.2 Ind: Riscos potenciais de perda de geração devido a eventos naturais (1-5)	0,25
1.4.4 Ind: Riscos potenciais de perda de geração de eventos tecnológicos (1-5)	0,50
<b>2.1 Tópico: População local e trabalhadores</b>	
2.1.1 Ind: População diretamente afetada durante as obras (1-5)	0,25
2.1.2 Ind: População diretamente afetada durante a operação (1-5)	0,25
2.1.3 Ind: Número de funcionários no horário de pico da construção por instalada capacidade (número de funcionários / MW)	0,50
<b>4.1 Tópico: licença ambiental (EL)</b>	
4.1.1 Ind: Flexibilidade para escolher a localização do empreendimento (1-5)	0,17
4.1.2 Ind: Simplicidade de Estudos Ambientais exigidos por órgãos de licenciamento ambiental (1-5)	0,15
4.1.3 Ind: Potencial de envolvimento do menor número de corpos envolvidos no processo de licenciamento ambiental (1-5)	0,16
4.1.4 Ind: Potencial para cumprir o prazo regulamentar para questões ambientais licenciamento (1-5)	0,26
4.1.5 Ind: Potencial para menor risco de judicialização do meio ambiente processo de licenciamento (1-5)	0,26

Fonte: JUNIOR, MORAES, TAVARES, FILHO e FURTADO, 2020, adaptado pelo autor.

#### 4.4 - Empresa Caruso

Diante da dificuldade de ter acesso a todos os índices, pesos, dados e softwares de cálculos, não públicos usados e desenvolvidos no âmbito do Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018), no desenvolvimento do método CAGFOT foi necessário agregar outros projetos que fizessem uso da sistemática de inserção ambiental no planejamento da expansão da geração de energia elétrica.

Em consulta ao *site* da ANEEL (ANEEL, 2021), especificamente no manual R3, elaborado pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020), anexo ao Edital de Licitação da Linha de Transmissão de 500 kV, entre as Cidades de Ponta Grossa/PR a Assis/SP, estas necessidades foram plenamente alcançadas.

De acordo com a Empresa Caruso (CARUSO, 2020) buscou-se levantar os aspectos mais importantes acerca dos componentes social, econômico e cultural da região de interesse. Tendo a estrutura inspirada nas Diretrizes para a elaboração dos relatórios técnicos para a licitação de novas obras da rede básica da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), no caso específico a Linha de Transmissão entre as Cidades de Ponta Grossa/PR a Assis/SP. Os resultados, especificamente para o meio socioeconômico, foram contemplados com os seguintes itens: Aspectos demográficos; Estrutura fundiária; Assentamento e áreas de conflitos; Patrimônio cultural, arqueológico, histórico-cultural e natural; Terras indígenas, Territórios Quilombolas e Faxinais; e Incidência e potencial malarígeno.

A Empresa Caruso (CARUSO, 2020) procurou desenvolver o traçado da futura linha de transmissão com menor impacto socioeconômico e ambiental atrelado à melhor condição técnica para implantação. Para alcançar tal objetivo a Empresa Caruso (CARUSO, 2020) buscou considerar as variáveis socioambientais referentes aos meios físico, biótico e socioeconômico, além de aspectos técnicos e legais.

A partir dos dados levantados a Empresa Caruso (CARUSO, 2020) aplicou o Índice de Dificuldade Ambiental do Projeto (IDAP), que é uma metodologia desenvolvida pela empresa para auxílio à proposição da diretriz preferencial do traçado da linha de transmissão. Esta metodologia desenvolvida pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020), baseia-se na análise espacial dos multiparâmetros obtidos (que são variáveis), com a utilização por meio de ferramentas de geoprocessamento em um ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), permitindo o cálculo de índices que indicam as áreas com menores influências de intervenções.

Foram atribuídos diversos pesos às inúmeras variáveis, a depender de suas interrelações com os aspectos socioambientais, técnicos, econômicos e legais. Tal trabalho contou com a expertise de uma equipe multidisciplinar, da Empresa Caruso (CARUSO, 2020), Soluções Ambientais Inovadoras. Os pesos elaborados variam de 0 até 2, sendo atribuído peso 2 às variáveis consideradas mais críticas, e 0, para onde não encontrada restrição, e podem ser vislumbrados na Tabela 4.

Tabela 4 – Variáveis adotadas e pesos atribuídos pela Empresa Caruso.

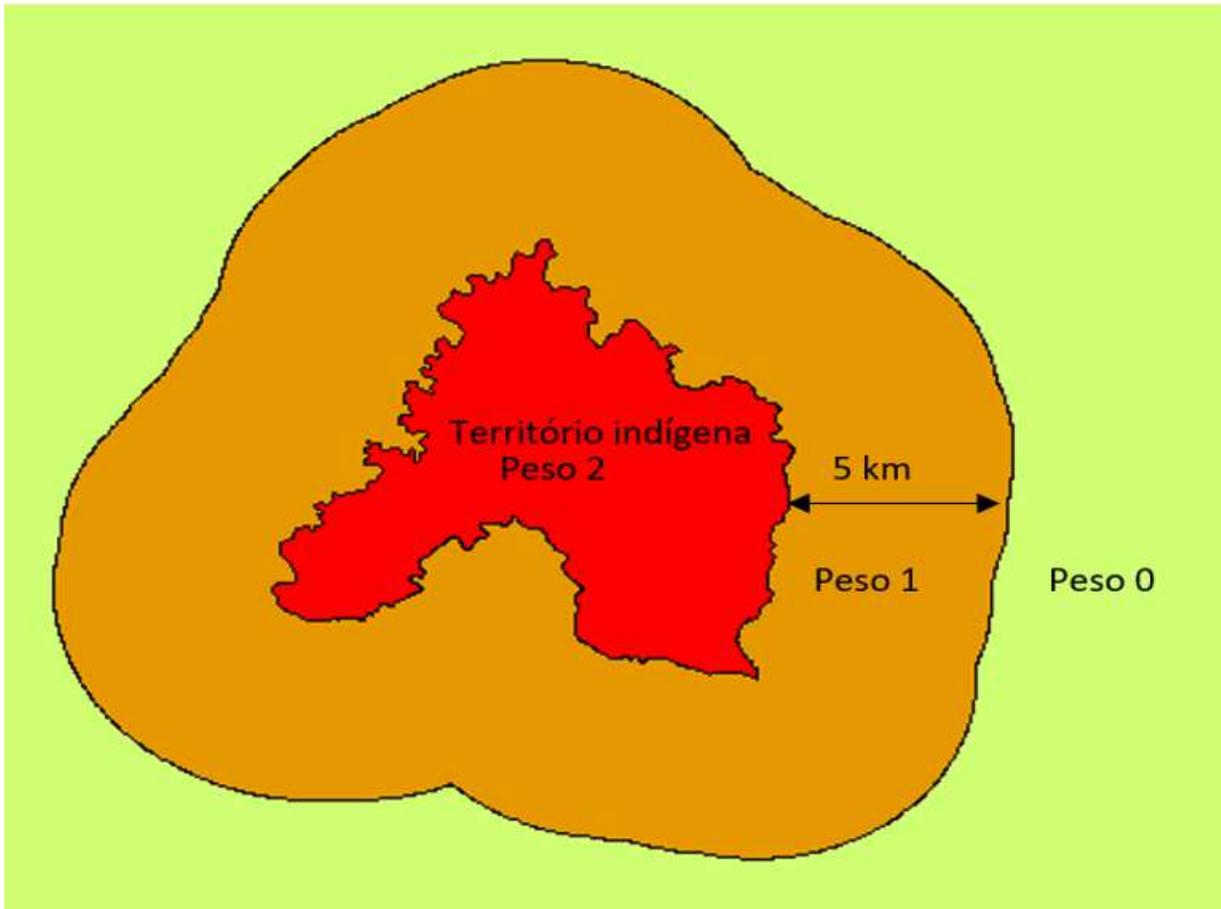
<b>Variáveis</b>	<b>Peso</b>
Território indígena	2
Território indígena não demarcado	2
Unidades de Conservação	2
Aeródromos	2
Potencial espeleológico	1,5
Cavidades Naturais Subterrâneas	1,5
Sítios arqueológicos (Localização)	1,5
Sítio paleontológicos (ocorrências fossilíferas)	1,5
Uso e Cobertura do Solo	1,5
Processos Minerários	1,5
Áreas Urbanas	1,5
Usinas hidrelétricas existentes e planejadas	1,5
Pequenas Centrais Hidrelétricas	1,5
Usinas Termelétricas	1,5
Assentamentos rurais – consolidados e planejados	1
Zonas de Amortecimento de Unidades de Conservação	1
Remanescentes Florestais	1
Declividade	1
Eixo rodoviário	1
Litologia	0,5
APPs Hídricas	0,5
Áreas Prioritárias à Conservação da Biodiversidade	0,5
Linhas de Transmissão existentes e planejadas	2,0
Eixo ferroviário	0,5

Fonte: CARUSO, 2020, adaptada pelo Autor.

De acordo com a Empresa Caruso (CARUSO, 2020) após a análise da importância individual de cada variável, frente aos aspectos socioambientais, técnicos, econômicos e legais, foi definida uma pontuação de 0 a 2 para determinar a zona de influência dessas variáveis sobre a área em estudo.

A Figura 15, a seguir, apresenta como exemplo a classificação considerada para um dos parâmetros, no caso específico “território indígena”, servida para ilustrar com foi realizada a aplicação prática do método utilizado pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020).

Figura 15 – Inserindo variáveis socioambientais no planejamento da expansão do setor elétrico.



Fonte: CARUSO, 2020.

A pontuação da área de influência de cada variável adotada pela Equipe Multidisciplinar da Empresa Caruso (CARUSO, 2020) foi definida na Tabela 5, à qual associa-se aos pesos, anteriormente apresentados na Tabela 4. Uma vez definidas todas as variáveis, e suas respectivas áreas de influência, seus pesos, essas informações são integradas para se chegar ao resultado do IDAP, fazendo uso de ferramentas disponíveis em ambiente SIG, por meio de diversas operações matemáticas. E no fim, os dados foram integrados utilizando a ferramenta matemática “Análise Multicritério”. E o produto gerado ao final da metodologia, é a espacialização do IDAP ao longo do corredor a ser implantado a linha de transmissão.

Tabela 5 – Pontuação e peso das variáveis elaborados pela Empresa Caruso.

Parâmetros	Pontuação				Peso
	0	1	1,5	2	
Territórios indígenas e territórios indígenas não demarcados	Ausência	Distância de até 5km dos territórios indígenas		Presença de território indígena	2
Unidades de conservação	Ausência	Distância até 5km das UCs	Presenças de UCs de Uso Sustentável	Presenças de UCs de Proteção Integral	2
Aeródromos	Ausência			Presença	2
Espeleologia	Ocorrência improvável de cavidades	Baixa probabilidade de cavidades	Média probabilidades de cavidades	Alta e muito alta probabilidades de cavidades	1,5
Cavidades	Ausência			Presença de cavidades a uma distância de até 500m	1,5
Sítios arqueológicos	Ausência			Presença de sítios arqueológicos	1,5
Sítios paleontológicos (ocorrências fossilíferas)	Ausência			Presença de sítios a uma distância de até 500m	1,5
Uso do Solo	Áreas antropizadas e pastagem	Vegetação herbácea	Culturas e água	Ocupação de baixa densidade, urbano, mineração, silvicultura, pivô de irrigação, florestal e campestre	1,5
Processos minerários	Ausência de processos minerários e áreas em disponibilidade	Presença de processos minerários em fase de autorização e requerimento de pesquisa	Presença de processos minerários em fase de requerimento de licenciamento	Presença de processos minerários em fase de concessão de lavra, lavra garimpeira, registro de extração, requerimento de lavra, lavra garimpeira e registro de extração.	1,5
Áreas Urbanas	Ausência			Presença	1,5
UHE existentes, PCHs e Usinas Termoeletricas	Ausência	Presença a menos de 500 m			1,5
Assentamentos rurais – consolidados e planejados	Ausência	Presença de assentamentos			1
Remanescentes de Mata Atlântica	Ausência	Presença			1
Presença de infraestrutura - Vias	Presença de estradas e acessos a menos de 500 m	Presença de estradas e acessos a menos de 01km		Presença de estradas e acessos a mais de 1Km	1
Declividade	Baixa declividade (0 a 6°)	Média declividade (6° a 12°)	Alta declividade (12° a 30°)	Muito alta declividade (<30°)	1
Litologia	Baixa suscetibilidade	Média suscetibilidade		Muito alta suscetibilidade	0,5
APPs Hídricas				Presença de APPs hídricas	0,5
Áreas Prioritárias	Ausência	Alta	Muito Alta	Extremamente Alta	0,5
LTs existentes e LTs planejadas	Ausência	Presença a menos de 100 m			0,5
Eixo ferroviário	Ausência	Presença a menos de 100 m			0,5
<b>RISCOS</b>	<b>PONTOS</b>				<b>PESO</b>
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>		
Pedologia	Latossolo	Argissolo e Nitossolo		Cambissolo, Neossolos, Gelissolos e Organossolo	1,5

Fonte: CARUSO, 2020, adaptada pelo Autor.

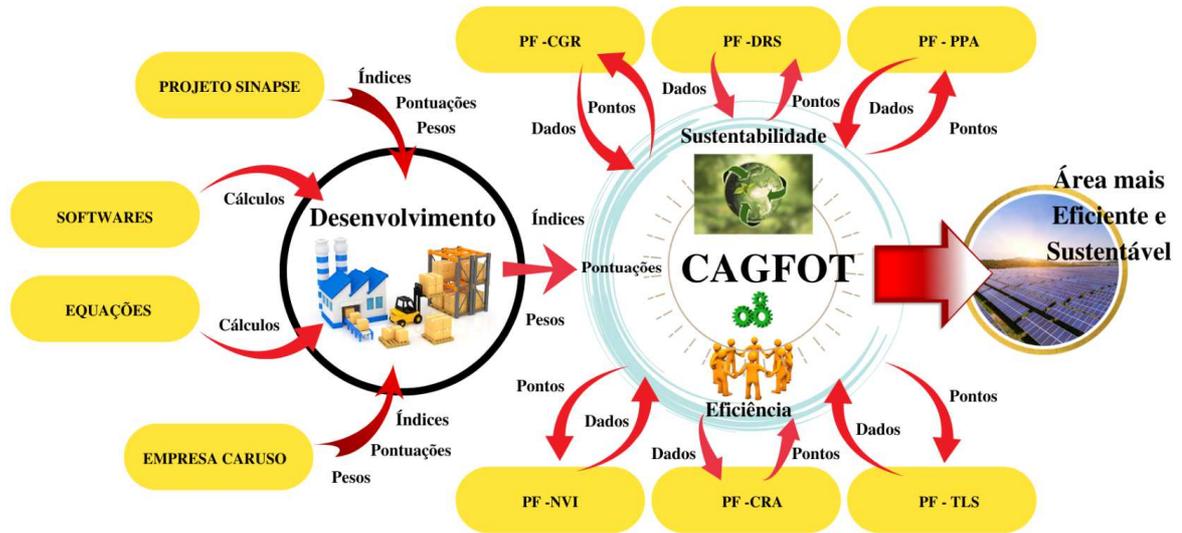
## 5 METODOLOGIA

O Método CAGFOT foi desenvolvido tendo como base os índices, pontuações e pesos que do Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018), representados pelas Tabelas 2 e 3, e os desenvolvidos pela da Empresa Caruso (CARUSO, 2020), representados pelas Tabelas 4 e 5.

Tais índices, pontuações e pesos foram adaptados, especificamente para a geração fotovoltaica, buscando enquadrá-los a especialidade. Foram adaptados 28 índices no total, onde o Índice 1, que representa a Eficiência na produção de energia elétrica no Método CAGFOT, tem a pontuação mais representativa, em termo de valores numéricos, pois quem irá fazer uso do Método CAGFOT, tem como objetivo produzir energia elétrica fotovoltaica de forma eficiente. No tocante ao impacto social, que faz parte da sustentabilidade, como o Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018), desenvolveu seus índices de impacto social relacionados diretamente a eficiência na produção de energia elétrica, no Método CAGFOT tal representatividade ficou totalmente inserida no Índice 1, sem a necessidade índices específicos do impacto social, devido ao alto valor numérico alcançado pelo Índice 1 frente aos demais 27 índices. Os outros 27 índices do Método CAGFOT representam a Sustentabilidade, sendo os índices de 2 a 6, específicos da licença ambiental, os índices de 7 ao 27, ambientais, e o Índice 28, representa os riscos do empreendimento.

No total, 5 equações foram elaboradas, e utilizados alguns *softwares* de acesso livre, como exemplo, para a elaboração da Tabela K, Anexo A. Depois com os dados coletados, calculou-se as pontuações das áreas em análise, os resultados foram centralizados em uma tabela, para fins de comparação, análise dos resultados e indicação da área mais eficiente e sustentável. A Figura 16 traz o Diagrama da metodologia de desenvolvimento usado na criação do Método CAGFOT.

Figura 16 – Diagrama da metodologia de desenvolvimento do Método CAGFOT.



Fonte: Autor, 2022.

As principais equações desenvolvidas/utilizadas para o Método CAGFOT são as Equações (1), (2), (3), (4) e (5).

$$\text{Pontuação da Área} = (\text{Valor do Índice 1} + \text{Valor do Índice 2} + \text{Valor do Índice 3} + \dots + \text{Valor do Índice 27} + \text{Valor do Índice 28}) / 10 \quad (1)$$

Onde:

$$\text{Valor do Índice } n = \text{Pontuação do Índice } n \times \text{Peso do Índice } n \quad (2)$$

$$\text{Potência Efetiva média diária produzida} = \text{ISDMMk médio (W)} \times (\text{Potência Instalada (W)} / 1000) \times (1 - \text{Fator de Perdas adotado}) \quad (3)$$

Sendo:

ISDMMk - Média Mensal da Irradiação Solar Diária média mensal corrigida pela constante k (kWh/m<sup>2</sup>. dia), k é uma constante relacionada ao posicionamento do sol em relação a instalação da placa no local.

Fator de Perdas adotado - Fator de Perdas de potência dos módulos de instalados em %.

Fator de Perdas - É o que realmente é entregue de potência pelas placas, refere-se à potência especificada com a retirada da equação as perdas totais durante a geração.

Pontuação do Índice 1 = Potência Efetiva média produzida dia x Constante Eficiência da Instalação (4)

Onde:

Constante Eficiência da instalação = Potência Efetiva média diária produzida. m<sup>2</sup> / Potência Total média da área diária disponível. m<sup>2</sup> (5)

A escolha do Índice 1 foi baseado no item 1.1.1 Ind.: Área ocupada pela geração de energia (km<sup>2</sup>/ TWh), Tópico Solo, Dimensão Ambiental âmbito do Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018), representados pelas Tabelas 2 e 3.

Estes termos foram escolhidos para compor o Método CAGFOT, pois têm uma relação direta com a área utilizada e a potência gerada. Fornecendo parâmetro importante relacionado à eficiência, pois quanto maior a potência produzida por m<sup>2</sup>, maior sua eficiência. No entanto, no Método CAGFOT a relação área ocupada por potência produzida foi invertida e para a relação de potência produzida por área ocupada, e as unidades foram adaptadas de km<sup>2</sup> / MWh, do Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018), para kWh / m<sup>2</sup>.

Os outros índices do Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018), em sua grande maioria, excetuando os de Licença Ambiental, têm relação direta com a potência de geração de energia, mostrando-se mais relevantes em usá-los, quando compara-se diferentes matrizes de geração.

No caso do Método CAGFOT a potência já está bem representada pelo Índice 1, acrescentar mais índices relacionados à potência, iria aumentar a pontuação, na proporção da potência gerada, sem criar uma diferença substancial na classificação final.

Todas as áreas cresceriam em valores de pontos de acordo com suas potencialidades de geração. Portanto, o próximo passo foi se concentrar na utilização dos índices desenvolvidos pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020).

Os Índices 2, 3, 4, 5 e 6 da Dimensão Política e Institucional, Licença Ambiental, da Tabela 2 do Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018), foram escolhidos e usados integralmente,

com o valor do índice atrelado ao peso adotado, sendo extremamente necessários, pois a licença ambiental está presente em todas as fases de qualquer estudo de expansão do sistema elétrico, e isso não poderia ser diferente no Método CAGFOT.

Os índices de 2 à 6 se foram especificados conforme segue:

- Índice 2 - Flexibilidade na escolha da localização do empreendimento é importante pois, caso contrário, pode-se ficar restrito a áreas de pouca eficiência e com alto impacto ambiental. Manteve-se a pontuação e pesos atribuídas pelo Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018);
- Índice 3 - Simplicidade dos Estudos Ambientais exigidos pelo licenciamento ambiental, diminuindo os custos e o prazo do projeto. Manteve-se a pontuação, pesos e classificações atribuídas pelo Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018);
- Índice 4 - Potencial envolvimento de menos órgãos no processo de Licenciamento Ambiental, diminuindo os prazos e possibilidade de legislações confrontantes. Manteve-se a pontuação, pesos e classificações atribuídas pelo Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018);
- Índice 5 - Potencial para cumprimento do prazo regulatório para licenciamento ambiental, também está relacionado ao prazo e viabilidade do projeto acontecer efetivamente e impacta diretamente nos custos do empreendimento. Manteve-se a pontuação, pesos e classificações atribuídas pelo Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018);
- Índice 6 – Potencial para cumprimento do prazo regulatório para licenciamento ambiental, caso este item não se cumpra todo o projeto estaria em risco. Manteve-se a pontuação, pesos e classificações atribuídas pelo Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018).

Os outros 22 índices restantes do Método CAGFOT, de 7 a 28, foram inspirados nos índices desenvolvidos pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020), para o Projeto de construção de uma Linha de Transmissão de 500 kV, entre as Cidades de Ponta Grossa/PR à Assis/SP.

Os índices foram adaptados para o Método CAGFOT, sendo que alguns tiveram classificações acrescentadas, alguns mantiveram a pontuação atribuída, outros foram

acrescentados novas pontuações e, os pesos, em sua grande parte, foram modificados, procurando adaptá-los mais a condição de uma unidade de geração fotovoltaica.

Os índices de 7 à 28 foram especificados conforme segue:

- Índice 7 - Territórios indígenas e territórios indígenas não demarcados – A importância deste índice ocorre porque estes territórios são também reservas ambientais, tornando a licença ambiental mais onerosa e demorada. E, durante o processo de construção das usinas, o impacto ambiental e social pode ser e grande monta, conforme detalhado no item 4.2.6. A classificação Proximidade de até 10 km, foi atribuída a pontuação 0. Manteve-se a pontuação atribuída pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020) a classificação Ausência de reservas indígenas. As pontuações foram ampliadas de 3 para 7 valores, incluindo três valores negativos o -1, -1,5 e o -2. Novas classificações com distâncias foram inseridas a tabela original, e quanto mais perto da reserva, maior tornaram-se os valores dos pontos negativos. Manteve-se o peso original atribuído pela Empresa Caruso;
- Índice 8 - Unidades de conservação – Pelos mesmos motivos do Índice 7, no entanto, manteve-se o ponto zero para a classificação Ausência, atribuído originalmente pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020), as pontuações foram ampliadas de 3 para 7 valores, incluindo três valores negativos o -1, -1,5 e o -2. Novas distancias foram inseridas a tabela original, e quanto mais perto da unidade de conservação, maior tornaram-se os valores dos pontos negativos. Manteve-se o peso original atribuído pela Empresa Caruso;
- Índice 9 - Aeródromos – Este índice foi inserido pois a concentração de painéis fotovoltaicos em determinado área, com média ou grande concentração, pode causar impactos negativos aos aviões pela reflexão da luz solar, conforme detalhado no item 4.2.2. Manteve-se o ponto 0 para a classificação Ausência, atribuído originalmente pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020), as pontuações foram ampliadas de 3 para 7 valores, incluindo três valores negativos o -1, -1,5 e o -2. Novas distancias foram inseridas a tabela original, e quanto mais perto do aeródromo, maior tornaram-se os valores dos pontos negativos. O peso foi diminuído de 2 para 1,5;
- Índice 10 - Espeleologia (formação geológica de cavernas) – Estas características estão relacionadas com o tipo de formação do solo onde a unidade de geração será instalada, pois locais com possibilidade de ocorrência

de cavernas subterrâneas, são sujeitos ao aluimento de seus tetos. Como exemplo, pode-se apontar os cenotes no México, o que viria a pôr em risco todo o projeto. A ocorrência improvável de cavidades foi atribuída a pontuação um, modificando a pontuação atribuída originalmente pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020). As pontuações foram ampliadas de 3 para 7 valores, incluindo três valores negativos o -1, -1,5 e o -2. Outras classificações foram inseridas a tabela original, e quanto maior a classificação de Possibilidade de ocorrência, maior tornaram-se os valores dos pontos negativos. Manteve-se o peso original atribuído pela Empresa Caruso;

- Índice 11 - Sítios arqueológicos – A presença e possível destruição, parcial ou total, de um sítio arqueológico pelo empreendimento, seria algo irreparável, e poderia causar perdas inestimáveis para toda a humanidade. A ausência foi atribuída a pontuação um, modificando a pontuação atribuída originalmente pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020). As pontuações foram ampliadas de 3 para 7 valores, incluindo três valores negativos o -1, -1,5 e o -2. Foi inserida a classificação Presença de sítio arqueológico a uma distância de até 500 m, e quanto menor a distância, maior tornaram-se os valores dos pontos negativos. O peso teve um aumento de 1,5 para 3;
- Índice 12 - Sítios paleontológicos (ocorrências fossilíferas) – Pelo mesmo motivo elencado no Índice 11. A ausência foi atribuída a pontuação um, modificando a pontuação atribuída originalmente pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020). As pontuações foram ampliadas de 3 para 7 valores, incluindo três valores negativos o -1, -1,5 e o -2. Foi inserida a classificação Presença de sítio paleontológicos a uma distância de até 500 m, e quanto menor a distância, maior tornaram-se os valores dos pontos negativos. O peso teve um aumento de 1,5 para 3;
- Índice 13 - Uso do Solo – A questão do uso do solo está diretamente relacionada a segurança alimentar, a utilização de solo fértil não deve ser incentivada, no entanto, a recuperação de solos degradadas traz benefícios, tudo já bem detalhado nos itens 4.2.1 e 4.2.6. Diversas classificações foram acrescentadas às elaboradas originalmente pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020). As pontuações foram ampliadas de 3 para 7 valores, incluindo três valores negativos o -1, -1,5 e o -2. O peso teve um aumento de 1,5 para 2;
- Índice 14 - Processos minerários – A presença de processos minerários no local de geração pode acarretar um grande índice de partículas suspensas no ar, com a movimentação de caminhões, ou mesmo o uso de explosivos, as quais

acabariam depositando-se nos painéis, afetando diretamente a sua eficiência, aumento o consumo de água ou produtos químicos em sua manutenção. Manteve-se as classificações originais adotadas pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020), no entanto, o sinal de suas pontuações foi invertido para o negativo, enquadrando-os três valores negativos inseridos, o -1, -1,5 e o -2. As pontuações foram ampliadas de 3 para 7 valores. O peso teve um aumento de 1,5 para 2;

- Índice 15 - Áreas Urbanas – A questão de a instalação ser realizada em áreas urbanas em si é benéfica, pela proximidade do centro de demanda por consumo de eletricidade, mas especificamente o índice, em questão, vem de encontro com os problemas gerados com as bolhas de calor, as quais foram detalhadas no item 4.2.3. Diversas classificações foram acrescentadas às elaboradas originalmente pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020). As pontuações foram ampliadas de 3 para 7 valores, incluindo três valores negativos o -1, -1,5 e o -2. Manteve-se o peso original atribuído pela Empresa Caruso;
- Índice 16 - Usina Hidro existentes, PCHs (Pequenas Centrais Hidroelétricas), Usinas Termoelétricas e Subestações – A presença de usinas e subestação deve ser pontuada positivamente, pois viabiliza o projeto, diminuindo os investimentos, pois a unidade fotovoltaica pode compartilhar a mesma infraestrutura existente dessas unidades de geração e distribuição elétricas, diminuindo os custos e o uso de novos materiais, conforme detalhado no item 4.2.4. Diversas classificações foram acrescentadas às elaboradas originalmente pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020), a classificação Ausência foi retirada. As pontuações foram ampliadas de 3 para 7 valores, incluindo três valores negativos o -1, -1,5 e o -2, no entanto, somente a classificação Distancias superiores a 10.000 recebeu a pontuação negativa. Manteve-se o peso original atribuído pela Empresa Caruso;
- Índice 17 - Assentamentos rurais – consolidados e planejados – A presença ou planejamento de assentamentos próximos a área de instalação é salutar, pois a unidade pode vir a ser uma opção de atendimento a essas comunidades carentes de energia limpa e barata. Foi acrescentado uma classificação às elaboradas originalmente pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020), separando as distâncias de existência de assentamentos em até 500 e uma superior a 500 até 1.000 metros. A classificação Distância de até 500 metros recebeu pontuação máxima positiva. Manteve-se o peso original atribuído pela Empresa Caruso;
- Índice 18 - Remanescentes de Mata Atlântica – Neste caso, a destruição de mata ameaçada de extinção, seja qual for, segue a mesma motivação dos índices 11 e 12. As pontuações foram ampliadas de 3 para 7 valores, incluindo três valores

negativos o -1, -1,5 e o -2. A classificação Presença de remanescentes de Mata Atlântica recebeu a pontuação máxima negativa, a classificação Ausência permaneceu com pontuação zero. O peso teve um aumento de 1 para 3;

- Índice 19 - Presença de infraestrutura – Vias – Este índice está relacionado a diminuição de custos para implantação e sua justificativa pode ser encontrada nos itens 4.2.4 e 4.2.6. Diversas classificações foram acrescentadas às elaboradas originalmente pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020). As pontuações foram ampliadas de 3 para 7 valores, incluindo três valores negativos o -1, -1,5 e o -2. O peso teve um aumento de 1 para 2;
- Índice 20 – Declividade – A declividade do terreno interfere nos aspectos técnicos de funcionamento do sistema, em algumas vezes agindo positivamente, mas no caso do índice em questão, está diretamente relacionada ao potencial erosivo do terreno, locais planos são menos susceptíveis a processos erosivos. A justificativa do uso do índice pode ser encontrada em 4.2.5. As pontuações foram ampliadas de 3 para 7 valores, incluindo três valores negativos o -1, -1,5 e o -2. A classificação Alta declividade e Muito alta declividade receberam pontuações negativas. O peso teve um aumento de 1 para 3;
- Índice 21 – Litologia (descrição das rochas) – A presença de rochas foi positivamente pontuada, e sua justificativa vem no intuito de que solos com maior presença de rochas não são suscetíveis a erosão e dificilmente tem aptidão agropastoril. As classificações elaboradas originalmente pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020) foram mantidas, as pontuações foram ampliadas de 3 para 7 valores, incluindo três valores negativos o -1, -1,5 e o -2. A classificação Baixa suscetibilidade foi mantida com a pontuação 0, a classificação Média suscetibilidade foi passada de 1 para 1,5, e a classificação Muito alta suscetibilidade foi mantida como dois. O peso teve um aumento de 0,5 para 1;
- Índice 22 – APPs Hídricas (Área de Preservação Permanente) – A presença de áreas de preservação permanentes hídricas podem gerar uma série de problemas ao ambiente, e foram amplamente tratadas em 4.2.5. Foram acrescentadas duas classificações à elaborada originalmente pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020). As pontuações foram ampliadas de 3 para 7 valores, incluindo três valores negativos o -1, -1,5 e o -2. A todas foram atribuídas valores negativos, atribuindo o valor 0 para a classificação de Ausência. O peso teve um aumento de 0,5 para 3;
- Índice 23 – Áreas Prioritárias – A questão de áreas prioritária, pode ser com relação direta com a questão social, questão técnica, como a carência de suprir a demanda de energia em determinada localidade. Foram mantidas as

classificações e pontuações atribuídas originalmente pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020). O peso teve um aumento de 0,5 para 3;

- Índice 24 – LTs existentes e LTs planejadas (LT – Linhas de Transmissão de Energia) – Questão de infraestrutura existente vem não só de encontro com as questões dos custos e, menor tempo de execução, mas também estão relacionadas com a menor utilização de matéria-prima para o funcionamento da unidade de geração, o que foi amplamente tratada no item 4.2.4. Diversas classificações foram acrescentadas às elaboradas originalmente pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020). As pontuações foram ampliadas de 3 para 7 valores incluindo três valores negativos o -1, -1,5 e o -2. A classificação Ausência passou do valor 0 para o valor máximo negativo. O peso teve um aumento de 0,5 para 3;
- Índice 25 – Eixo ferroviário/rodoviário – Este índice está diretamente relacionado à questão de manutenção dos painéis, pois a ferrovia, como também a rodovia, costuma transportar minérios, grãos e outros produtos. O movimento intenso destas cargas pode sobrecarregar o ar com partículas de poeiras e outros elementos. Foi acrescentado uma classificação às elaboradas originalmente pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020). As pontuações foram ampliadas de 3 para 7 valores incluindo três valores negativos o -1, -1,5 e o -2. A classificação Ausência manteve-se a pontuação 0 e as demais foram atribuídos valores negativos. Manteve-se o peso original atribuído pela Empresa Caruso;
- Índice 26 – Contaminação do Lençol freático, rios e riachos – A contaminação das águas pode ocorrer de diversas formas e foi amplamente tratada nos itens 4.2.4 e 4.2.5. Este índice não faz parte aos elaborados originalmente pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020). As pontuações foram criadas com 7 valores, incluindo três valores negativos o -1, -1,5 e o -2, um valor 0 e três valores positivos, o 1, 1,5 e o 2. A classificação Ausência foi atribuída a pontuação 0, a classificação Muito pouca possibilidade recebeu a pontuação 1, e a pequena, média e grande possibilidade receberam as pontuações -1, -1,5 e -2, respectivamente. O peso atribuído ao índice foi o de valor 3;
- Índice 27 – Exposição a salinidade marítima poeira e partículas – A exposição a salinidade acarreta o aumento do uso de água, para limpeza dos painéis, e está relacionada a corrosão das estruturas e componentes, o que foi tratado nos itens 4.2.4 e 4.2.5. Este índice não faz parte aos elaborados originalmente pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020). As pontuações foram criadas com 7 valores, incluindo três valores negativos o -1, -1,5 e o -2, um valor 0 e três valores positivos, o 1, 1,5 e o 2. A classificação Ausência foi atribuída a pontuação 0, a classificação Muito pouca possibilidade recebeu a pontuação 1,

e a pequena, média e grande possibilidade receberam as pontuações -1, -1,5 e -2, respectivamente. O peso atribuído ao índice foi o de valor 1,5;

- Índice 28 – Pedologia (estudo dos solos) – Este índice agrega junto com o Índice 20, a questão de declividade e a possível ocorrência de erosão. No, entanto, ele especificamente está ligado a tipologia do solo onde o projeto será implementado, e verifica a questão do risco do empreendimento, pois dependendo do tipo de solo, pela sua composição, é mais suscetível a erosão, o que pode ocasionar prejuízos financeiros e ambientais. Foram acrescentadas duas classificações às elaboradas originalmente pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020), as quais receberam as pontuações 1 e 0, passando as pontuações de 3 valores para 5 valores. Os valores originais tiveram seus sinais invertidos de positivo para negativo. Manteve-se o peso original atribuído pela Empresa Caruso.

A Equação 1 foi construída somando-se os 28 valores dos índices escolhidos para compor o Método CAGFOT. Alguns desses valores somam-se positivamente, agregando pontos no valor final, e outros negativamente, subtraindo pontos ao valor final.

O valor final, resultado da soma de todos os valores de índices é dividido por 10, buscando deixá-lo em um intervalo de resultados entre 1 e 10. O valor do índice 1 é o mais representativo em valores numéricos, pois ele representa a capacidade direta de geração de energia fotovoltaica, ligado assim diretamente a eficiência energética.

No desenvolvimento do Método foi escolhida uma área para a realização de um estudo de caso, para melhor exemplificação e entendimento, sendo tal área escolhida propositalmente no litoral do sul do Brasil. Isso no intuito de demonstrar que o método desenvolvido pode ser aplicado em qualquer região, pois no objetivo específico da dissertação as seis áreas analisadas estão todas no Estado de Mato Grosso do Sul.

De todas as sete áreas analisadas foram levantados dados e características específicas, calculando para cada uma o seu Índice 1 e enquadrando nas Tabela 10 e 11 os demais 27 Índices desenvolvidos. Ao final, após chegar à pontuação geral de cada área, os resultados foram comparados para indicar a área mais eficiente e sustentável para a geração fotovoltaica.

O Método CAGFTO não foi criado para habilitar ou desabilitar o uso de determinada área, para fins de uso de geração fotovoltaica, e sim para classificar áreas habilitadas, indicando qual é a mais eficiente e sustentável.

## 6 DESENVOLVIMENTO

O objetivo geral da dissertação é desenvolver um método de pontuação e classificação, nominado CAGFOT (Classificação de Áreas para Geração de Energia Fotovoltaica), adaptando os indicadores desenvolvidos no Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018) e pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020), com a finalidade de pontuação, classificação e indicação de áreas para o planejamento e futura implantação de unidades de geração fotovoltaica no Brasil, e depois atendendo o objetivo específico é aplicar o método CAGFOT, desenvolvido na dissertação, em áreas disponíveis para geração de energia fotovoltaica da Polícia Federal em Mato Grosso do Sul.

### 6.1 – Desenvolvimento do Método CAGFOT

Inicialmente partiu-se do desenvolvimento do índice 1, que representa a eficiência na produção de energia fotovoltaica, e criação e adaptação dos 27 Índices restantes do Método CAGFOT, que representam a sustentabilidade, com a utilização de um estudo de caso na Cidade de Florianópolis no Estado de Santa Catarina.

#### 6.1.1 – Definição do Índice 1 do Método CAGFOT - Obtenção do valor de Irradiação solar diária média mensal do estudo de caso

Para a desenvolvimento do Índice 1, o primeiro passo é a realização do cálculo de irradiação solar em um plano inclinado de uma área a ser avaliada. Para tal, define-se a localidade que se pretende analisar como estudo de caso. Foi escolhida uma área de 10.000 m<sup>2</sup>, de área de aterro, na Praia do Saco dos Limões, ao lado do Terminal de Ônibus, na Ilha da Cidade de Florianópolis/SC, contendo a Latitude de 27,601° S e Longitude 48,549° W, conforme informações constantes no Google Earth (2022).

Através dessas coordenadas é possível calcular, com o *software* SunData, no site da Cresesb (CRESESB, 2022), a inclinação do plano de menor irradiação solar mensal. Deve ser levado em consideração nos resultados apresentados pelo *SunData*, a Estação de Medição cuja distância for a menor em km, da área a ser avaliada. No caso a estação escolhida está a 3,2 km de distância.

A inclinação adotada para a instalação das placas é a de menor irradiação solar mensal, porque é a situação mais crítica, e se essa condição é respeitada com o intuito de garantir um fornecimento contínuo de energia elétrica. Isso não significa que o analista não possa adotar outras opções, como ângulo igual a latitude ou a maior média anual, a única restrição é que se adotar um dos métodos para uma das áreas, deverá aplicar o mesmo para as outras áreas que estão sendo comparadas e analisadas. Inclinação de instalação da placa escolhida foi de  $\alpha = 40^\circ$ .

Após o resultado do cálculo, conforme demonstra a Figura 17, o resultado do valor da Irradiação Solar diária média anual foi de 4,31 [kWh/m<sup>2</sup>.dia], a inclinação de instalação da placa adotada é  $\alpha = 40^\circ$ . Resultado foi baseado em uma estação localizada a 3,2 km de distância, do local escolhido para classificação do estudo de caso usado na elaboração do Índice 1.

Figura 17 – Resultado do cálculo da irradiação solar diária média [kWh/m<sup>2</sup>.dia], apresentado pelo software SunData na análise da área do estudo de caso.

**Cálculo no Plano Inclinado**

Estação: Florianópolis  
Município: Florianópolis, SC - BRASIL  
Latitude: 27,601° S  
Longitude: 48,549° O  
Distância do ponto de ref. (27,59° S; 48,518845° O): 3,2 km

#	Angulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m <sup>2</sup> .dia]												Media	Delta
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano Horizontal	0° N	5,87	5,45	4,71	3,77	3,05	2,57	2,70	3,41	3,56	4,36	5,54	6,01	4,25	3,44
<input checked="" type="checkbox"/>	Ângulo igual a latitude	28° N	5,23	5,20	4,93	4,42	3,98	3,52	3,60	4,17	3,82	4,27	5,02	5,26	4,45	1,74
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior média anual	22° N	5,44	5,32	4,95	4,34	3,84	3,36	3,45	4,06	3,82	4,34	5,20	5,49	4,47	2,12
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior mínimo mensal	40° N	4,72	4,83	4,76	4,46	4,16	3,74	3,79	4,27	3,74	4,02	4,57	4,71	4,31	1,09

Irradiação Solar no Plano Inclinado –Florianópolis–Florianópolis, SC-BRASIL  
27,601° S; 48,549° O

Fonte: CRESESB, 2022, adaptada pelo Autor.

### 6.1.2 – Definição do Índice 1 do Método CAGFOT - Escolha do tipo e modelo de placa fotovoltaica a ser utilizada na área

Importante salientar que a placa fotovoltaica escolhida poderá ser qualquer modelo ou marca que atenda tecnicamente a instalação, a única restrição é que a escolhida deverá ser a mesma em todos os locais, objetos de comparação. Esta medida é muito importante, pois ao diversificar o tipo de placa nas localidades em comparação, insere-se uma variável que prejudica o principal objetivo do Método CAGFOT, que é compará-las em termos de eficiência. Essa medida, não impede que arranjos individuais de distribuição das placas sejam feitos, isto

é claro, de acordo com as características específicas do local, buscando uma eficiência intrínseca de um determinado local.

A placa fotovoltaica escolhida para o estudo de caso foi a BiHiKu7\_CS7N-MB-AG\_v2.4, monocristalina, de potência de 665 Wp, da Empresa Canadian (CANADIAN, 2022), à qual possui as seguintes dimensões: 1,303 m de largura por 2,384 m de comprimento, com área total de 3,106 m<sup>2</sup>. Tal escolha foi aleatória, no entanto, procurou-se escolher a marca de referência com as características e potências de geração mais recentes e mercado.

### **6.1.3 – Definição do Índice 1 do Método CAGFOT -Calcular a quantidade de placas que poderão ser instaladas**

O estudo de caso, apresentado no item 6.1.1, possui uma área total de 10.000 m<sup>2</sup>, com 100m de comprimento por 100 m de largura. Para calcular a quantidade de placas que poderão ser instaladas no local, o primeiro obstáculo é definir o espaçamento entre as linhas do arranjo de instalação dos módulos fotovoltaicos, denominado “d”.

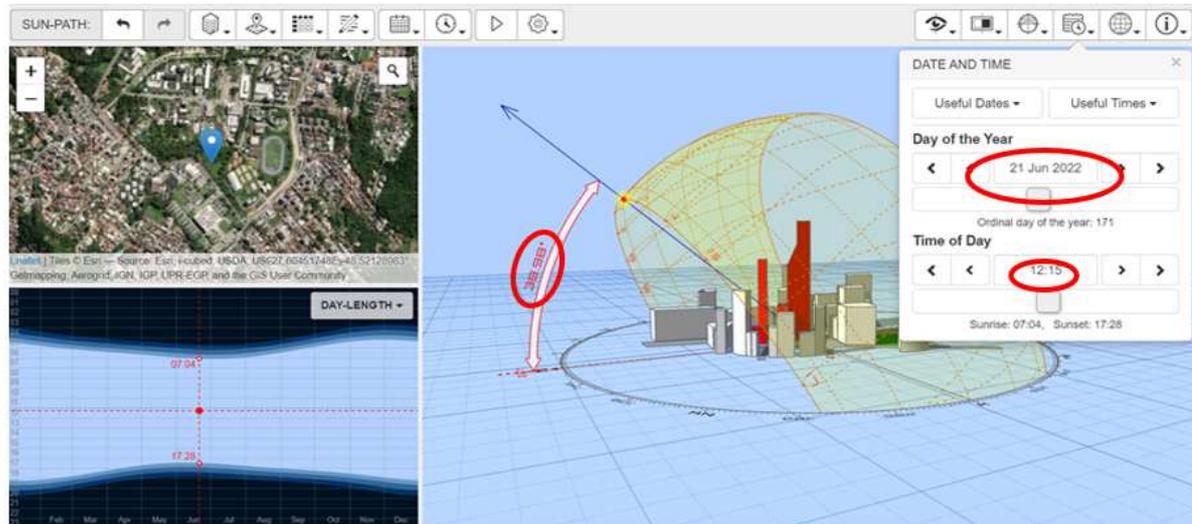
Tais espaçamentos interferem diretamente sobre a eficiência na conversão de energia solar elétrica, indicando a quantidade total de placas que poderão ser instaladas na área escolhida, o que irá impactar diretamente na eficiência da instalação.

Na análise da Figura 17 fica notório que o mês de menor irradiação solar é o mês de junho, pois o resultado do *software* SunData, no site da Cresesb (CRESESB, 2022), vem com a irradiação solar diária média destacada em vermelho, chamando a atenção para o mês mais crítico para a geração fotovoltaica em questão.

Então, com a utilização de mais um *software*, o 3D-SUN-PATH do site do Dr. Masch (MASCH, 2022), colocando as coordenadas do item 6.1.1, nota-se que o horário de 12 h:15 min é o horário em que os pontos do Norte Geográfico coincidem com o Norte Magnético, este ponto é o que possui o menor ângulo de inclinação do sol.

Após isso, percorrendo todos os dias do mês de junho, dia a dia, até e encontrar o dia de junho, que possui a menor ângulo do Sol com relação ao plano horizontal, no horário de 12 h:15 min, nota-se que o ângulo se estabiliza, isto é, ou o ângulo após esse dia ou antes dele a crescer ou diminuir. Isto pode melhor ser representado e entendido na Figura 18. Tais características foram observadas no 3D-SUN-PATH, procurando o menor ângulo de inclinação do sol e o dia mais crítico do mês mais crítico.

Figura 18 – Tela com o resultado do *Software 3D-SUN-PATH* para o estudo de caso.



Fonte: MASCH, 2022, adaptada pelo Autor.

No caso específico como a posição mais baixa do Sol, o dia 21 de junho às 12 h 15 min, para o ano de 2022 em que o estudo de caso está sendo realizado. Como resultado o menor ângulo de inclinação do sol encontrado foi o do ângulo  $\beta = 38.98^\circ$ , destacado em vermelho na Figura 18. Com o  $\beta = 38.98^\circ$  verifica-se a situação mais crítica, para a incidência de sombreamento entre as linhas do arranjo da unidade geradora.

As placas em uma unidade de geração fotovoltaica são dispostas no terreno em várias linhas e colunas, conforme pode ser exemplificado nas Figuras 6, 12 e na Figura 19 a seguir:

Figura 19 – Usina de Tauá/CE, instalada em 2011, primeira do Brasil.



Fonte: Portal Solar, 2022, adaptada pelo Autor.

De acordo com Solar View (SOLAR VIEW, 2022), o espaçamento mínimo entre as linhas de placas é a distância “d”, que vem representada pela Figura 20, seu cálculo, evita a incidência de sombreamento entres as linhas de placas do sistema.

Figura 20 – Espaçamento entre as placas.



Fonte: Solar View, 2022, adaptada pelo Autor.

Segundo Solar View (SOLAR VIEW, 2022) “d” é calculado através da equação:

$$d = (3,5 \times h) - D$$

Sendo:

h: valor da haste de fixação, calculado a partir de  $h = L \times \text{sen. } \alpha$ ;

D: a distância da base, calculado a partir de  $D = L \times \text{cos. } \alpha$ ;

L: tamanho do módulo solar;

$\alpha$ : ângulo de inclinação.

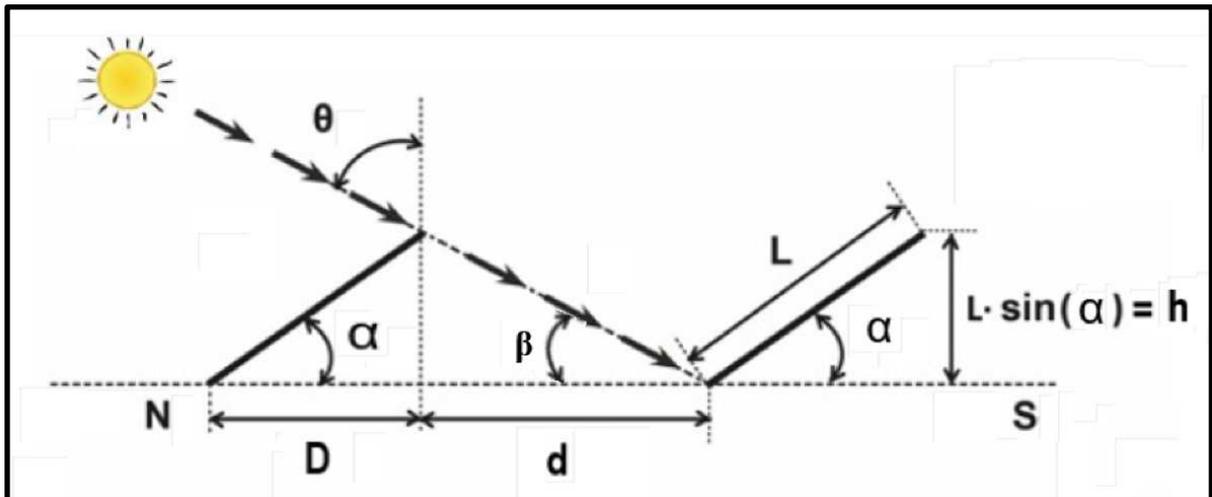
Tais valores e distâncias, ficam ainda melhores exemplificados através das Figuras 21 e 22.

Figura 21 – Posicionamento de instalação de uma placa fotovoltaica.



Fonte: Solar View, 2022, adaptada pelo Autor.

Figura 22 – Determinação do espaçamento entre as linhas das placas.



Fonte: Solar View, 2022, adaptada pelo Autor.

Onde  $\alpha = 40^\circ$  é o ângulo de inclinação de instalação das placas e  $L = 2,384$  m é o comprimento da placa escolhida.

Portanto, de acordo com as razões trigonométricas, da Figura 21, define-se:

$$h = L \times \text{sen. } \alpha = 2,384 \times \text{sen. } 40 = 2,384 \times 0,6428 = 1,532 \text{ m,}$$

$$D = L \times \text{cos. } \alpha; = 2,384 \times \text{cos. } 40 = 2,384 \times 0,7660 = 1,826 \text{ m,}$$

$$d = (3,5 \times h) - D = (3,5 \times 1,532) - 1,826 \text{ m} = 3,536 \text{ m,}$$

Segundo o triângulo da Figura 22;

$$\beta + \alpha + 90^\circ = 180^\circ, \text{ sendo } \alpha = 40^\circ, \text{ tem-se que } \beta + 40^\circ + 90^\circ = 180^\circ, \beta = 180^\circ - 130^\circ = 50^\circ, \text{ e} \\ \Theta = 40^\circ.$$

O valor mínimo de  $\beta$ , do ângulo de inclinação do sol, para não dar sombreamento é de  $50^\circ$ , na configuração do estudo de caso.

No entanto, como evidenciado no *software* o 3D-SUN-PATH do Mach (MASCH, 2022), a data de 21 junho, obteve-se um  $\beta = 38.98^\circ$ , o que representa na pior situação do ano de 2022. A  $\text{tang. } 38.98^\circ = h / d$  mínimo, onde  $0,8092 = 1,532 / d$  mínimo, portanto,  $d$  mínimo  $= 1,532/0,8092 = 1,8932$  m.

Comparando os dois resultados de  $d$ , o  $d$  calculado segundo Solar View (SOLAR VIEW, 2022) tem o valor de 3,536 m e o  $d$  mínimo, evidenciado através do *software* o 3D-SUN-PATH, cujo valor é valor de 1,8932 m, ficou evidenciado uma diferença entre eles de 1,67 m. Esta diferença pode ser trabalhada pelo analista na hora de definir o valor exato do espaçamento entre as linhas do arranjo das placas, o único cuidado que o analista tem que notar é que a distância escolhida deve ser superior ao  $d$  mínimo. Para o estudo de caso o valor de  $d$  adotado será de 3,5 m, valor próximo ao definido em fórmula por Solar View (SOLAR VIEW, 2022), que atende plenamente o valor de  $d$  mínimo de 1,8932 m e possibilita a passagem de veículos de manutenção com segurança.

A área do estudo de caso possui o tamanho de  $10.000 \text{ m}^2$ . Área definida em 100 m de largura por 100 m de comprimento. Em volta de toda a área, formando uma borda, reserva-se uma distância livre de 2,5 m de distância. Espaço suficiente para passagem de um veículo tipo picape média, à qual tem a largura aproximada de 1,85 m, de acordo com a empresa Toyota (Toyota, 2022).

Para o arranjo do exemplo foi feita uma segmentação central nas linhas de placas, inicialmente com 2,5 m, criando-se um corredor central de acesso e manutenção, conforme evidenciado na Figura 24.

A largura de 100 m lineares, descontando os  $3 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} = 7,5 \text{ m}$  (2,5 metros de cada extremidade e da largura do terreno e 2,5 m do corredor central), tem-se uma área útil para a instalação de placas fotovoltaicas de 92,5 m. Tal espaçamento comporta duas colunas de 46,25 m de largura cada uma, uma à esquerda ou à direita.

Ao se dividir a largura de uma das colunas pelo tamanho da placa escolhida para o exemplo, que foi de 1,303 m, tem-se  $46,25 / 1,303 = 35,4950$  placas. Aproximando, para o número de 35 placas. Portanto, tem-se 35 placas x 1,303 m (largura de cada placa), o que corresponde a 45,605 m no total, permanecendo uma sobra de 0,645 m, a ser distribuída em ambos os lados da coluna esquerda, sendo que 0,322 m serão somados a um lado de 2,5 m, dando um valor de 2,822 m, no lado esquerdo da coluna esquerda, e os outros 0,322 m serão somados ao lado direito da mesma coluna, formando assim, parcialmente, a largura do corredor central do arranjo.

Na outra coluna, a da direita, tal procedimento também ocorrerá em espelho ao que ocorreu na da esquerda. Tem-se na extremidade direita com 2,822 m, após a soma do 0,322 m, e os outros 0,322 m serão somados ao corredor central, o qual ficará definitivamente com as seguintes dimensões totais,  $2,5 \text{ m} + 0,322 \text{ m} + 0,322 \text{ m} = 3,144 \text{ m}$ .

Figura 23 – Disposição das placas na área do estudo de caso.



Fonte: Autor, 2022.

O comprimento da área possui 100 metros linear no total. Deste comprimento o qual apresenta um espaço ocupado pela placa em solo de 1,826 m, somados a um distanciamento de 3,5 m, já definido. Somando-se estes dois valores o resultado será 5,326 m. Da mesma forma descontando os 2,5 metros iniciais de borda, aos quais foram definidos como área de afastamento para manutenção, tem-se  $100 \text{ m} - 2,5 \text{ m} = 97,5 \text{ m}$ .

Os 97,5 m divididos por 5,326 m dará o resultado de 18,3 linhas de placas. Aproximando então para 18 linhas de placas no total, ficará o sistema. Ao multiplicar as 18 linhas de placas por 5,326 m, tem-se um total de 95,868 m de comprimento linear de ocupação (compostos de espaço de placas com 1,826 m e afastamento de 3,5 m).

Tal ocupação em solo de 95,868 m ao ser subtraído dos 97,5 m, dá como resultado um espaçamento de 1,622 m (espaço sobrando, e que não comporta mais uma linha de placa). Ao dividir estes 1,622 m por 2, o resultado será 0,816 m.

Um dos 0,816 m será somado com os 3,5 metros, de afastamento por sombreado da última linha de placas, onde tem-se  $3,5 \text{ m} + 0,816 \text{ m} = 4,316 \text{ m}$ , e este é o espaçamento do limite superior do terreno. No início, logo na primeira linha, os outros restantes 0,816 m serão somados aos 2,5 m iniciais, totalizando  $2,5 \text{ m} + 0,816 \text{ m} = 3,316 \text{ m}$ .

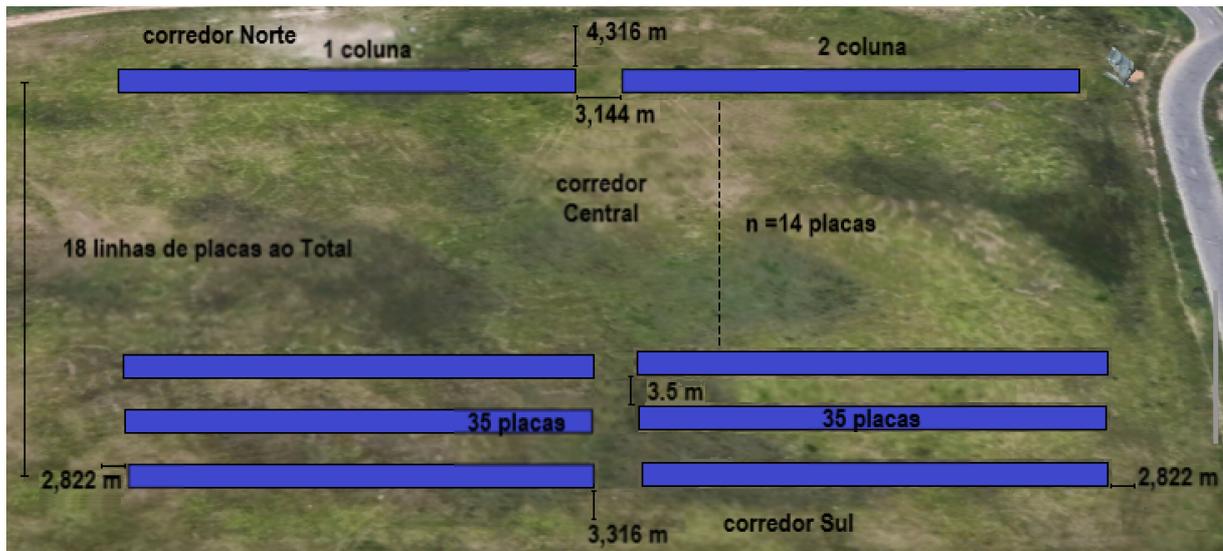
Dos cálculos, resultou, que o primeiro corredor, ao lado esquerdo da coluna da esquerda, ficou com 2,822 m. O corredor do lado direito, da coluna da direita também ficou com 2,822 m. O corredor central, entre as duas colunas, ficou com 3,144 m.

O primeiro corredor de linha, batizado como corredor sul, ficou com 3,316 m. Os espaçamentos entre as placas ficaram com 3,5 m. O último corredor de linha, batizado como corredor norte, ficou com 4,316 m, tudo conforme evidenciado na Figura 24.

Portanto, através dos cálculos de ocupação do estudo de caso, resultou duas colunas, contendo cada coluna 18 linhas, onde cada linha possui 35 placas fotovoltaicas de 665 Wp de potência da marca Canadian (CANADIAN, 2022), com as seguintes dimensões 1,303 m de largura por 2,384 m de comprimento, isto é com 3,106 m<sup>2</sup>.

Portanto, tem-se 35 placas x 18 linhas x 2 colunas, dando um total de 1.260 placas fotovoltaicas de 665 Wp, com um total de 837,9 kWp de Potência instalada. Lembrando, o que evidencia a Figura 22, que a área ocupada pelas placas em solo, é igual à largura da placa x D, ou seja,  $1,303 \text{ m}$  (largura) x  $1,826 \text{ m}$  (D) =  $2,37928 \text{ m}^2$ , que ao ser multiplicado pela quantidade de placas, 1.260, dá um total de 2.997,89 m<sup>2</sup> de área ocupada efetivamente no solo.

Figura 24 – Disposição das placas e espaçamentos dos corredores de acesso e manutenção do estudo de caso.



Fonte: Autor, 2022.

Portanto a Potência Total instalada = Potência individual de cada placa x total de placas instaladas =  $1260 \times 665 = 837,9 \text{ kWp}$

Taxa de ocupação da área (Tx ocup) =  $100\% \times (\text{Área efetivamente ocupada pelas placas} / \text{Área disponível para ocupação}) = (2.997,89/10.000) = 0,2998$  ou  $29,98 \%$ .

#### 6.1.4 – Definição do Índice 1 do Método CAGFOT

Cálculo da Potência Efetiva média diária produzida, em kWh.dia.

A do estudo de caso, consegue comportar 1.260 placas de 665 Wp, da Canadian (CANADIAN, 2022). Ao aplicar a Equação (3) tem-se o seguinte:

$$\text{Potência Efetiva média diária produzida} = \text{ISDMMk médio (W)} \times (\text{Potência Instalada(W)} / 1000) \times (1 - \text{Fator de Perdas adotado}) \quad (3)$$

Para tal, primeiro ao calcular os valores de uma constante denominada como k, onde possui um k para cada mês do ano e um k médio, que é a soma aritmética dos k mensais. O k é a correção por inclinação, para cada mês do ano, conforme a posição do Sol.

Todo os resultados de k foram calculados previamente, utilizando-se o *software* PVSyst (PVSYST, 2022), preenchidos em uma Tabela K, no Anexo A.

A constante k está diretamente relacionada a posição do Sol, relacionada ao posicionamento da placa, isto é, ao seu azimute e sua inclinação de instalação.

Na Tabela K os resultados foram inseridos um a um, linha por linha. Cada linha de resultado recebeu uma codificação que vai de 0,00 a 44,90, com intervalos de 5 a 5. A Tabela K ficou no total com 856 linhas e 16 colunas. As 856 linhas são preenchidas com valores de latitudes, que vão de 0 a 44°, e as inclinações de instalação da placa fotovoltaica, que vai de 0° a 90°, aumentando em intervalos de 5° em 5°. Ainda nas respectivas colunas foram distribuídos os 12 meses do ano, e na coluna final, a média simples da soma dos resultados de k mensais dos 12 meses do ano.

O código de localização do estudo de caso na Tabela K foi o de 28,40. Para efetuar o cálculo desse código pega-se o valor dor da Latitude da área (aproximado sempre para cima o valor, quando este for quebrado), depois soma-se ao resultado do valor da inclinação real da placa dividida por 100, conforme cálculo a seguir:

$$\text{Código de posição de k na Tabela K} = \text{latitude do local} + \alpha/100$$

$$\text{Código de posição de k na Tabela K} = 28 + 40/100 = 28 + 0,04 = 28,40$$

$$\text{Código de posição de k na Tabela K} = 28,40$$

O resultado do cálculo do valor do Código de posição de k, pode dar um valor exatamente igual a um existente na Tabela K. Caso não dê, é só adotar como código o valor mais próximo dos códigos existentes na Tabela K.

Tabela 6 – Resultado de cálculo da constante k, para o estudo de caso.

Latitude do Projeto	28	Fator de Correção por inclinação (k) para a Tabela K												
Inclinação Real da Placa	40	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Média
Código Lat. x Incl	28,40	0,84	0,93	1,06	1,21	1,30	1,30	1,24	1,15	1,04	0,92	0,84	0,80	1,05

Fonte: Autor, 2022.

Tal posição representa a inclinação adotada no estudo de caso, onde  $\alpha = 40^\circ$  (Figura 17), na Cidade de Florianópolis, conforme Tabela 7 a seguir, com valores de ISDMM extraídos da Figura 17.

Tabela 7 – Resultado do Cálculo no Plano Inclinado do estudo de caso.

Ângulo	Inclinação	ISDMM - Irradiação solar diária média mensal (kWh/m <sup>2</sup> . dia)												
		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Média
Maior Mínimo Mensal	40° N	4,72	4,85	4,76	4,46	4,16	3,74	3,79	4,27	3,74	4,02	4,57	4,71	4,32

Fonte: Autor, 2022.

Para realizar a correção dos valores de cada mês do ISDMM, pega-se cada valor de k, do mês do ano correspondente da Tabela 6, e multiplicasse pelo valor de ISDMM, ao mês correspondente da Tabela 7, obtendo o ISDMMk, de cada mês, e o ISDMMk médio (soma aritmética dos valores de ISDMMk mensais dividido por 12), os quais os resultados estão representados na Tabela 8 a seguir:

Tabela 8 – Resultado dos valores de ISDMMk para o estudo de caso.

Ângulo	Inclinação	ISDMMk - Irradiação solar diária média mensal corrigido pela constante k (kWh/m <sup>2</sup> . dia)												
		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Médio
Maior Mínimo Mensal	40° N	3,96	4,51	5,05	5,40	5,41	4,86	4,70	4,91	3,89	3,70	3,84	3,77	4,50

Fonte: Autor, 2022.

Para a definição do Fator de Perdas das placas foi adotado como padrão, para o estudo de caso e para uso em todas as áreas analisadas no desenvolvimento, os valores constantes na Tabela 9.

Os valores adotados e calculados, como referência para as perdas de potência gerada, indicados na Tabela 9, principalmente o Fator de Temperatura nos Módulos, levaram em consideração uma série de informações apresentadas por Souza (SOUZA, 2019) e dados coletados junto ao INMET (INMET, 2022). Segundo os dados extraídos do INMET (INMET, 2022), as duas localidades com maior e menor extremo de temperatura média, são as cidades de Boa Vista, no Estado de Roraima, e São Joaquim, no Estado de Santa Catarina.

Tabela 9 – Fator de Perdas de potência dos módulos instalados em %.

Estágio	Coefficiente de perda por	Símbolo	Descrição	Valor Adotado
Antes dos Módulos	Sombreamento	Korg	Possibilidades de folhas pássaros e insetos	1%
	Sujeira	Klimp	Considerando a limpeza regular	2%
Nos Módulos	Fator de Temperatura	Ktemp	Perdas de Temperatura da localidade, média mensal	6,6%
Depois dos Módulos	Cabeamento CC	Kcc	Valor adimensional considerado para os projetos	1%
	Conversão CC/CA	Kinv	Valor referente à eficiência média (Neutro) do inversor: 95%	5%
	Cabeamento CA	Kca	Valor adimensional considerado para os projetos	1%
Fator de Perdas Total				16,6%

Fonte: Souza, 2019, adaptada pelo Autor.

Boa Vista apresenta uma média anual de temperatura na casa dos 27,7° C, e perdas na geração fotovoltaica, por temperatura, de acordo com Souza (SOUZA, 2019) de 3,7 %. São Joaquim apresenta uma média anual de temperatura na casa dos 12,5° C, e perdas na geração fotovoltaica, por temperatura, de acordo com Souza (SOUZA, 2019) de 9,5 %. A Cidade de Florianópolis, objeto do exemplo de demonstração, apresenta uma média anual de temperatura na casa dos 19,6° C, e perdas na geração fotovoltaica, por temperatura, de acordo com Souza (SOUZA, 2019) em torno de 6,5 %.

Como as perdas nas placas por temperatura, nos dois extremos, estão em 3,7 % e 9,5 %, sendo que grande parte de todas as outras localidades, segundo Souza (SOUZA, 2019), estão em um intervalo compreendido entre 6% e 7% de perdas por temperatura, foi adotado, para todo o território nacional, uma média simples entres os dois extremos de perdas, que é de 6,6 %. Outros valores, adotados de perdas, foram escolhidos, levando-se em consideração os dados apresentados por Souza (SOUZA, 2019).

O Fator de Perdas adotado para o exemplo, e para compor todas as avaliações feitas através do Método CAGFOT nesta dissertação, para fins de cálculo, ficará padronizada em 16,6%, podendo o usuário do Método adequá-lo conforme a necessidade, ou a característica específica da localidade, ou mesmo a uma característica da placa usada ou do método de instalação.

Ao realizar a substituição os valores calculados e adotados, na Equação (3) tem-se o seguinte resultado:

$$\text{Potência Efetiva média diária produzida} = \text{ISDMMk médio} \times (\text{Potência Instalada} / 1000) \times (1 - \text{Fator de Perdas adotado}) = 4,50 \times 1000 \times (837,9 \times 1000 / 1000) \times (1 - 0,166) = 3144,64 = 3,144 \text{ MWh.dia.}$$

### 6.1.5 – Definição do Índice 1, Pontuação e Peso do Método CAGFOT.

Portanto, o Índice 1 do Método CAGFOT é definido como a Energia Gerada na área ocupada. kWh.dia por m<sup>2</sup>, semelhante, e inspirado, ao Índice 1.1.1 Ind.: Área ocupada pela geração de energia (km<sup>2</sup>/ TWh) do Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018), no entanto, de forma invertida e em kWh e em m<sup>2</sup> em vez de TWh e km<sup>2</sup>.

$$\text{Índice 1 (Método CAGFOT)} = \text{Energia Gerada na área ocupada kWh.dia por m}^2$$

Sendo o Índice 1 do Método CAGFOT, dentre todos, o mais representativo em relação a pontuação, pois além de alcançar pontuação expressiva, como será demonstrado a seguir, ele é a base, para o qual todos os outros índices serão somados ou subtraídos. A Potência fez compor diversos índices do Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018), no caso do Método CAGFOT acrescentar mais índices relacionados a potência, só iria aumentar a pontuação numérica, sem agregar valor ao método, pois todas as áreas cresceriam em valores de pontos de acordo com suas potencialidades de geração. No caso do Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018), o abundante uso de índices de potência fez-se necessário, pois a objeto era o de comparar matrizes diferentes de geração de energia.

Portanto, com o valor da Potência Efetiva média diária produzida, que foi calculada em 3,144 MWh.dia, e aplicando na Equação (4) tem-se:

$$\text{Potência Efetiva média diária produzida/ m}^2 = \text{Potência Efetiva média diária produzida/ área total ocupada pelas placas em solo (projeção) m}^2.$$

Como a área ocupada pelas placas em solo (projeção) é de 2.997,89 m<sup>2</sup>.

$$\text{Potência Efetiva média diária produzida/ m}^2 = 3,144 \text{ MWh.dia}/2.997,89 \text{ m}^2 = 1048,74 \text{ Wh.dia/m}^2.$$

Da mesma forma ao multiplicar o ISDMMk médio, da Tabela 8, por esta área de 10.000 m<sup>2</sup>, a Potência Total média diária disponível será:

$$\text{Potência Total média diária disponível} = \text{ISDMMk médio} \times \text{área total da área em m}^2$$

Tem-se então,

$$\text{Potência Total média diária disponível} = 4,50 \times 1.000 \times 10.000 = 45 \text{ MWh.dia. m}^2.$$

A Constante Eficiência da instalação conseguida na produção de energia, no exemplo, pode ser calculada da seguinte forma:

$$\text{Constante Eficiência da instalação} = \text{Potência Efetiva média diária produzida/m}^2 / \text{Potência Total média da área diária disponível.m}^2$$

$$\text{Constante Eficiência da instalação} = 1.048,74 \text{ Wh.dia/m}^2 / 45.000.000 \text{ Wh.dia.m}^2 = 0,0000233$$

Portanto, a pontuação do primeiro índice adotado para o CAGFOT, Índice 1, será definida pela Equação (4), a seguir:

$$\text{Pontuação do Índice 1} = \text{Potência Efetiva média produzida dia} \times \text{Constante Eficiência da Instalação} \quad (4)$$

$$\text{Pontuação do Índice 1} = 3144000 \times 0,0000233 = 73,25$$

O valor do Peso do Índice 1 do Método CAGFOT, será o mesmo do valor do Peso do Índice 1.1.1 Ind.: Área ocupada pela energia gerada, adotado pelo Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018), que consta na Tabela 3, cujo valor é igual a 0,5.

Portanto, definida a Pontuação e seu Peso, e aplicando a Equação 2, o valor calculado para o Índice 1, será dado pela Equação (2) a seguir:

$$\text{Equação 2 - Valor do Índice 1} = \text{Pontuação do Índice 1} \times \text{Peso do índice 1}$$

$$\text{Valor do Índice 1} = 73,25 \times 0,5 = 36,63.$$

### 6.1.6 – Definição dos outros índices do método CAGFOT

A Tabela 10, apresenta todos os índices do Método CAGFOT, valores de pontuação e pesos, onde as pontuações e pesos dos Índices 2, 3, 4, 5 e 6, Licença Ambiental, são exatamente os mesmos adotados pelo Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018).

Tabela 10 - Índices do CAGFOT, conforme o Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018).

Índices	Parâmetros	Pontuação		Peso
<b>Índice 1</b>	<b>A Energia Gerada na área ocupada. kWh.dia por m<sup>2</sup></b>	Potência Efetiva média diária produzida x Eficiência da Instalação da área		<b>0,5</b>
<b>Licença Ambiental</b>		<b>Sim</b>	<b>Não</b>	
<b>Índice 2</b>	Flexibilidade na escolha da localização do empreendimento	3,00	0	<b>0,17</b>
<b>Índice 3</b>	Simplicidade dos Estudos Ambientais exigidos pelo licenciamento ambiental	3,63	0	<b>0,15</b>
<b>Índice 4</b>	Potencial envolvimento de menos órgãos no processo de Licenciamento Ambiental	3,00	0	<b>0,16</b>
<b>Índice 5</b>	Potencial para cumprimento do prazo regulatório para licenciamento ambiental	3,50	0	<b>0,26</b>
<b>Índice 6</b>	Potencial menor risco de judicialização do processo de licenciamento ambiental	3,75	0	<b>0,26</b>

Fonte: JUNIOR, MORAES, TAVARES, FILHO e FURTADO, 2020, adaptado pelo Autor.

A Tabela 4, pontuação e peso das variáveis, elaborada pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020), foi analisada, desmembrada e adaptada, para abrigar os índices de 7 a 28 do Método CAGFOT. Atribui-se pontuações positivas ou negativas aos índices, acrescentando-se detalhes, e mais opções de classificação, para após serem incorporadas à Tabela 11.

Tabela 11 – Índices do CAGFOT conforme a Empresa Caruso (CARUSO, 2020).

Índices	Parâmetros	Pontuação							Peso
		2	1,5	1	0	-1	-1,5	-2	
Índice 7	Territórios indígenas e territórios indígenas não demarcados			Ausência	Distância de até 10.000 m dos territórios indígenas	Distância de até 5.000 m dos territórios indígenas	Distância de até 3.000 m dos territórios indígenas	Presença de território indígena ou limítrofe	2,0
Índice 8	Unidades de conservação				Ausência	Distância de até 5.000 m	Distância de até 3.000 m s	Presença ou limítrofe	2,0
Índice 9	Aeródromos		Presença a uma distância acima de 5000 m	Presença a uma distância acima de 1001 m a 5000 m	Ausência	Presença a uma distância acima de 300 m a 1000 m	Presença a uma distância de 101 m a 200 m	Presença ou uma distância abaixo de 100 m	1,5
Índice 10	Espeleologia			Ocorrência improvável de cavidades		Baixa probabilidade de cavidades	Média probabilidades de cavidades	Alta e muito alta probabilidades de cavidades	1,5
Índice 11	Sítios arqueológicos			Ausência			Presença de sítios a uma distância de até 500 m	Presença de sítios arqueológicos	3,0
Índice 12	Sítios paleontológicos (ocorrências fossilíferas)			Ausência			Presença de sítios a uma distância de até 500 m	Presença de sítios a uma distância de até 200 m	3,0
Índice 13	Uso do Solo	Área com presença de processo erosivo	Área com início de processo erosivo	Áreas antropizadas e pastagem em solo de baixa fertilidade	Área sem cobertura vegetal, estável sem possibilidade de uso agrícola	Vegetação herbácea em terra com potencial agrícola	Culturas agropastoris, pivô de irrigação	Silvicultura e Florestas Nativas	2,0
Índice 14	Processos minerários				Ausência de processos minerários e áreas em disponibilidade	Presença de processos minerários em fase de autorização e requerimento de pesquisa	Presença de processos minerários em fase de requerimento de licenciamento	Presença de processos minerários em fase de concessão de lavra, lavra garimpeira, registro de extração, requerimento de lavra, lavra garimpeira e registro de extração.	2,0
Índice 15	Áreas Urbanas	Área Urbana com excelente incidência	Área Urbana com média incidência	Área Urbana com incidência ventilação natural		Área Urbana com baixa incidência ventilação natural		Área Urbana sem incidência ventilação natural	1,5

		ventilação natural	ção natural						
<b>Índice 16</b>	<b>Usina Hidro existentes, PCHs e Usinas Termoelétricas, Subestações</b>	Presença a menos de 1000 m	Presença a menos de 1001 a 5000 m	Presença a menos de 5001 a 10.000 m				Sem a Presença a menos há mais de 10.001 m	<b>2,0</b>
<b>Índice 17</b>	<b>Assentamentos rurais, consolidados e planejados</b>	Presença de assentamentos até 500 m	Presença de assentamentos até 1000 m		Ausência				<b>1,0</b>
<b>Índice 18</b>	<b>Remanescentes de Mata Atlântica</b>				Ausência			Presença	<b>3,0</b>
<b>Índice 19</b>	<b>Presença de infraestrutura - Vias</b>	Presença de estradas e acessos a menos de 500 m	Presença de estradas e acessos a menos de 501 a 1000 m	Presença de estradas e acessos a menos de 1001 a 5000 m	Presença de estradas e acessos a menos de 5001 a 10000 m	Presença de estradas e acessos a mais de 10.000 m a 15.000 m	Presença de estradas e acessos a mais de 15.001 m	Presença de estradas e acessos a mais de 1Km	<b>2,0</b>
<b>Índice 20</b>	<b>Declividade</b>	Baixa declividade de (0 a 6°)	Média declividade (6° a 12°)				Alta declividade e (12° a 30°)	Muito alta declividade (<30°)	<b>3,0</b>
<b>Índice 21</b>	<b>Litologia</b>	Muito alta suscetibilidade	Média suscetibilidade		Baixa suscetibilidade				<b>1,0</b>
<b>Índice 22</b>	<b>APPs Hídricas</b>				Ausência	Presença de APPs hídricas de 501 a 2000	Presença de APPs hídricas até 500 m a 100 m	Presença de APPs hídricas Limítrofe	<b>3,0</b>
<b>Índice 23</b>	<b>Áreas Prioritárias</b>	Extremamente Alta	Muito Alta	Alta	Ausência				<b>3,0</b>
<b>Índice 24</b>	<b>LTs existentes e LTs planejadas</b>	Presença a menos de 100 m	Presença a menos de 101 a 500 m	Presença a menos de 501 a 1.000 m	Presença a menos de 1001 a 5.000 m	Presença a menos de 5.001 a 10.000 m	Presença a mais de 10.001 m	Ausência	<b>3,0</b>
<b>Índice 25</b>	<b>Eixo ferroviário/rodoviário</b>				Ausência	Presença entre 501 a 1.000 m	Presença a menos de 100 m		<b>0,5</b>
<b>Índice 26</b>	<b>Contaminação do Lençol freático, rios e riachos</b>			Muita pouca possibilidade de	Ausência	Pequena possibilidade de	Média Possibilidade	Grande possibilidade	<b>3,0</b>
<b>Índice 27</b>	<b>Exposição a salinidade</b>			Muita pouca possibilidade de	Ausência	Pequena possibilidade de	Média Possibilidade	Grande possibilidade	<b>1,5</b>
<b>Índice 28</b>	<b>Pedologia</b>			<b>1</b>	<b>0</b>	<b>-1</b>	<b>-2</b>	<b>-3</b>	<b>1,5</b>
			Área sem a possibilidade de erosão (Rocha)	Áreas estáveis com muita pouca suscetibilidade a erosão	Latossolo (baixa suscetibilidade a erosão)	Argissolo Nitossolo (média suscetibilidade a erosão)	Cambissolo Neossolos Gelissolos Organossolo (alta suscetibilidade a erosão)		

Fonte: CARUSO, 2020, adaptada pelo Autor.

### 6.1.7 – Conclusão do desenvolvimento do Método CAGFOT - Pontuação Final

Dos 27 índices definidos e pontuados no item 6.1.6, mais o Índice 1, definido e pontuado no item 6.1.5, representados através das Tabelas 10 e 11, dá-se a continuidade de pontuação no estudo de caso na Ilha de Santa Catarina na Cidade de Florianópolis/SC.

A parte do terreno do exemplo, com área de 10.000 m<sup>2</sup>, encontra-se desocupado, sem vegetação, o solo é compactado, composto de aterro que foi realizado na Praia do Saco dos Limões (anexo ao terminal), com baixa suscetibilidade a erosão, o terreno possui inclinação de 3%, com escoamento da água na direção do canal de ligação, entre a captação de água pluvial, e o mar. A área é urbana, possui boa incidência de ventilação natural, vias de acesso pavimentadas, Subestação de Energia de 300 MW, há 6 km de distância, aeroporto a 8 km de distância. Possui incidência solar direta durante todo o dia, sem a incidência de sombreamento. A Figura 25 pode melhor descrevê-lo.

Figura 25 – Área de demonstração - Latitude de 27,601° S e Longitude 48,549° W, na Ilha da Cidade de Florianópolis/SC



Fonte: Google Earth, 2022, adaptada pelo Autor.

Com base nas informações levantadas foi preenchida a Tabela 12, que é a junção das Tabelas 10 e 11, na qual foi inserido o valor calculado do Índice 1 e selecionado na cor amarela, nos demais índices, as características que representam da área do estudo de caso.

Tabela 12 – Estudo de caso - Latitude de 27,601° S e Longitude 48,549° W, na Ilha da Cidade de Florianópolis/SC.

Índices	Parâmetros	Pontuação							Peso
1	A Energia Gerada na área ocupada. kWh.dia por m <sup>2</sup>	73,25							0,5
<b>Licença Ambiental</b>		<b>Sim</b>			<b>Não</b>				
2	Flexibilidade na escolha da localização do empreendimento	3,00			0				0,17
3	Simplicidade dos Estudos Ambientais exigidos pelo licenciamento ambiental	3,63			0				0,15
4	Potencial envolvimento de menos órgãos no processo de Licenciamento Ambiental	3,00			0				0,16
5	Potencial para cumprimento do prazo regulatório para licenciamento ambiental	3,50			0				0,26
6	Potencial menor risco de judicialização do processo de licenciamento ambiental	3,75			0				0,26
Parâmetros		Pontuação							
		2	1,5	1	0	-1	-1,5	-2	
7	Territórios indígenas e territórios indígenas não demarcados			Ausência	Distância de até 10.000 m dos territórios indígenas	Distância de até 5.000 m dos territórios indígenas	Distância de até 3.000 m dos territórios indígenas	Presença de território indígena ou limítrofe	2,0
8	Unidades de conservação				Ausência	Distância de até 5.000 m	Distância de até 3.000 m	Presença a ou limítrofe	2,0
9	Aeródromos		Presença a uma distância acima de 5000 m	Presença a uma distância acima de 1001 m a 5000 m	Ausência	Presença a uma distância acima de 300 m a 1000 m	Presença a uma distância de 101 m a 200 m	Presença a uma distância abaixo de 100 m	1,0
10	Espeleologia			Ocorrência improvável de cavidades		Baixa probabilidade de cavidades	Média probabilidade de cavidades	Alta e muito alta probabilidade de cavidades	1,5
11	Sítios arqueológicos			Ausência			Presença de sítios a uma distância de até 500 m	Presença de sítios arqueológicos	3,0
12	Sítios paleontológicos (ocorrências fossilíferas)			Ausência			Presença de sítios a uma distância de até 500 m	Presença de sítios a uma distância de até 200 m	3,0
13	Uso do Solo	Área com presença de	Área com início de	Áreas antropizadas e pastagem	Área sem cobertura vegetal, estável	Vegetação herbácea em terra com	Culturas agropastoris, pivô de irrigação,	Silvicultura e	2,0

		processo erosivo	processo erosivo	em solo de baixa fertilidade	sem possibilidade de uso agrícola	potencial agrícola		Florestas Nativas	
14	Processos minerários				Ausência de processos minerários e áreas em disponibilidade	Presença de processos minerários em fase de autorização e requerimento de pesquisa	Presença de processos minerários em fase de requerimento de licenciamento	Presença de processos minerários em fase de concessão de lavra, lavra garimpeira, registro de extração, requerimento de lavra, lavra garimpeira e registro de extração.	2,0
15	Áreas Urbanas	Área Urbana com excelente incidência a ventilação natural	Área Urbana com média incidência a ventilação natural	Área Urbana com incidência ventilação natural		Área Urbana com baixa incidência ventilação natural		Área Urbana sem incidência ventilação natural	1,5
16	Usina Hidro existentes, PCHs e Usinas Termoelétricas, Subestações	Presença a menos de 1000 m	Presença a menos de 1001 a 5000 m	Presença a menos de 5001 a 10.000 m				Sem a Presença a menos há mais de 10.001 m	2,0
17	Assentamentos rurais – consolidados e planejados	Presença de assentamentos até 500 m	Presença de assentamentos até 1000 m		Ausência				1,0
18	Remanescentes de Mata Atlântica				Ausência			Presença	3,0
19	Presença de infraestrutura - Vias	Presença de estradas e acessos a menos de 500 m	Presença de estradas e acessos a menos de 501 a 1000 m	Presença de estradas e acessos a menos de 1001 a 5000 m	Presença de estradas e acessos a menos de 5001 a 10000 m	Presença de estradas e acessos a mais de 10.000 m a 15.000 m	Presença de estradas e acessos a mais de 15.001 m	Presença de estradas e acessos a mais de 1Km	2,0
20	Declividade	Baixa declividade de (0 a 6°)	Média declividade de (6° a 12°)				Alta declividade e (12° a 30°)	Muito alta declividade (<30°)	3,0
21	Litologia	Muito alta suscetibilidade	Média suscetibilidade		Baixa suscetibilidade				1,0
22	APPs Hídricas				Ausência	Presença de APPs hídricas de 501 a 2000	Presença de APPs hídricas até 500 m a 100 m	Presença de APPs hídricas Limítrofe	3,0
23	Áreas Prioritárias	Extremamente Alta	Muito Alta	Alta	Ausência				3,0
24	LTs existentes e LTs planejadas	Presença a menos de 100 m	Presença a menos de 101 a 500 m	Presença a menos de 501 a 1.000 m	Presença a menos de 1001 a 5.000 m	Presença a menos de 5.001 a 10.000 m	Presença a mais de 10.001 m	Ausência	3,0

25	Eixo ferroviário. rodoviário				Ausência	Presença entre 501 a 1.000 m	Presença a menos de 100 m		0,5
26	Contaminação do Lençol freático, rios e riachos			Muita pouca possibilidade	Ausência	Pequena possibilidade	Média Possibilidade	Grande possibilidade	3,00
27	Exposição a salinidade			Muita pouca possibilidade	Ausência	Pequena possibilidade	Média Possibilidade	Grande possibilidade	1,5
28	Pedologia			<b>1</b>	<b>0</b>	<b>-1</b>	<b>-2</b>	<b>-3</b>	1,5
				Área sem a possibilidade de erosão (Rocha)	Áreas estáveis com muito pouca suscetibilidade a erosão	Latossolo (baixa suscetibilidade a erosão)	Argissolo Nitossolo (média suscetibilidade a erosão)	Cambissolo Neossolos Gelissolos Organossolo (alta suscetibilidade a erosão)	

Fonte: Autor, 2022.

Sendo o  é a opção escolhida, de cada pontuação, da Tabela 12.

A Tabela 13 foi elaborada, extraindo todos os pontos, pesos e valores individuais, referentes aos 28 índices. O valor final da pontuação da área em exemplo, após a aplicação da Equação (1), ficou assim calculado:

$$\begin{aligned} \text{Pontuação da Área em exemplo} &= (36,63 + 0,510 + 0,545 + 0,480 + 0,910 + 0,975 \\ &+ 2 + 0 + 1,5 + 1,5 + 3 + 3 + 0 + 0 + 3 + 3 + 0 + 0 + 4 + 6 + 1,5 + 0 + 0 + 6 + 0 - 6 - 3 - 1) / 10 \\ &= 6,55. \end{aligned} \quad (1)$$

Ao final, após demonstrar, através do estudo de caso, a metodologia de criação do Método CAGFOT, alcançando assim o objetivo geral, que é o de desenvolver um método de pontuação e classificação, nominado CAGFOT (Classificação de Áreas para Geração de Energia Fotovoltaica), utilizando os indicadores, pontos dos indicadores e pesos, desenvolvidos no Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018) e pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020), devidamente adaptados para geração fotovoltaica, para pontuação e classificação de áreas para o planejamento e futura implantação de unidades de geração fotovoltaica no Brasil, dá-se continuidade à dissertação, no intuito de alcançar o objetivo específico.

Tabela 13 – Estudo de Caso - pontuação alcançada - Latitude de 27,601° S e Longitude 48,549° W, na Ilha da Cidade de Florianópolis/SC.

<b>Índices</b>	<b>Pontuação</b>	<b>Peso</b>	<b>Total</b>
1	73,25	0,5	36,63
2	3	0,17	0,510
3	3,63	0,15	0,545
4	3	0,16	0,480
5	3,5	0,26	0,910
6	3,75	0,26	0,975
7	1	2	2,000
8	0	2	0,000
9	1,5	1	1,500
10	1	1,5	1,500
11	1	3	3,000
12	1	3	3,000
13	0	2	0,000
14	0	2	0,000
15	2	1,5	3,000
16	1,5	2	3,000
17	0	1	0,000
18	0	3	0,000
19	2	2	4,000
20	2	3	6,000
21	1,5	1	1,500
22	0	3	0,000
23	0	3	0,000
24	2	3	6,000
25	0	0,5	0,000
26	-2	3	-6,000
27	-2	1,5	-3,000
28	-1	1,5	-1,500
<b>Índice 1/10</b>			<b>3,66</b>
<b>Somas dos demais índices/10</b>			<b>2,89</b>
<b>Soma da Pontuação dos Índices, do estudo de caso</b>			<b>6,55</b>

Fonte: Autor, 2022.

Pontuação do estudo de caso = 6,55.

## **6.2 – Aplicação do método CAGFOT nas Unidades da PF em MS**

Após alcançar o objetivo geral da dissertação, demonstrado através do exemplo prático. O método será aplicado, buscando alcançar o objetivo específico da dissertação, que é aplicar o método CAGFOT em áreas disponíveis para geração de energia fotovoltaica da Polícia Federal em Mato Grosso do Sul, nas unidades instaladas nas cidades de Campo Grande/MS, Ponta Porã/MS, Dourados/MS, Naviraí/MS, Três Lagoas e Corumbá/MS, indicando qual é a mais eficiente e mais sustentável.

Portanto, dando continuidade e buscando alcançar o objetivo específico, segue-se análise das unidades da Polícia Federal em Mato Grosso do Sul.

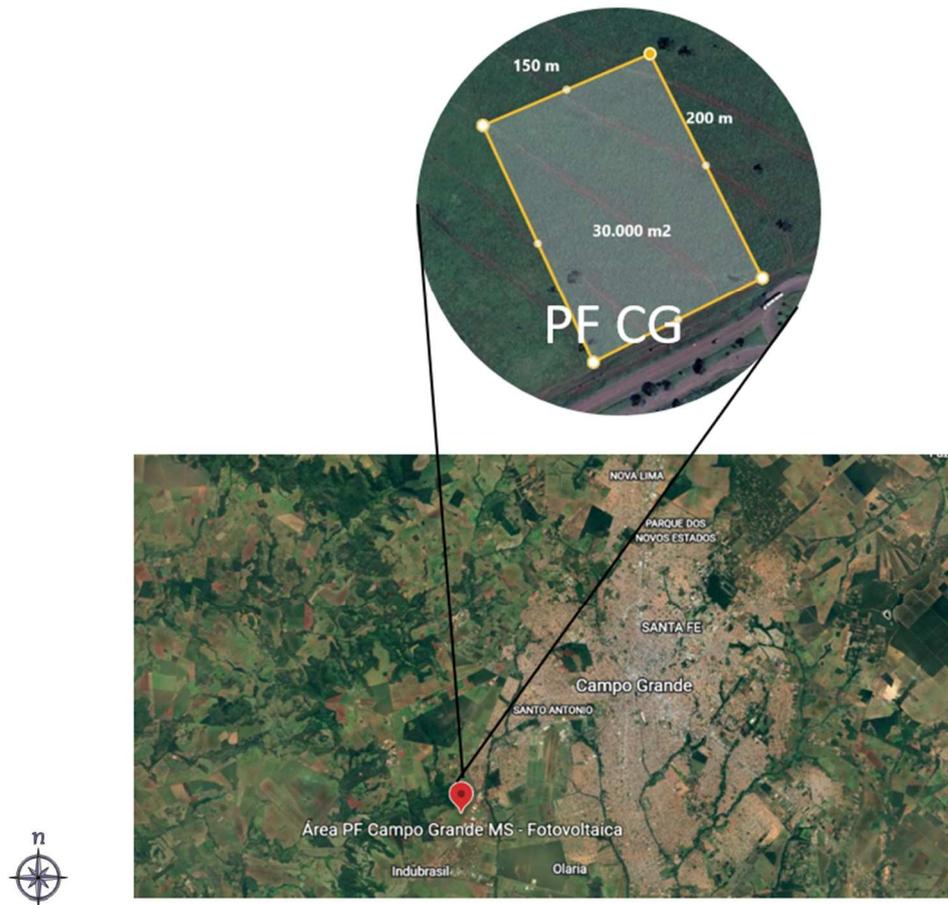
### **6.2.1 - Área da Delegacia da PF em Campo Grande/MS – PF-CG**

A Superintendência da PF em Campo Grande/MS, possui uma área de 30.000 m<sup>2</sup>, conforme Figura 26, que está disponível para instalação da usina para geração de energia fotovoltaica. Esta área está fora da área do prédio da Sede da Polícia Federal em Campo Grande/MS. As coordenadas são Latitude 20,4694275° S e Longitude 54,7278971° W e localiza-se às margens da Rodovia BR 262, em frente ao Polo Industrial de Indubrasil.

A área é hoje um piquete de pasto para bovinos, sem cobertura vegetal de médio ou pequeno porte, o solo é do tipo latossolo roxo, e suas condições físicas, aliadas ao relevo plano não são propícias a incidência de erosão. A área possui inclinação máxima, para o norte, em torno de 2,1 %, e possui boa drenagem. No entanto, o fluxo das águas pluviais vai na direção de uma APP hídrica, localizada a 2 km de distância. A área está 100 metros da linha férrea, a 5,5 km do aeroporto e 7,9 km da subestação de energia e é servida de rede elétrica de distribuição.

O local também no futuro será usado para a guarda de veículos apreendidos, então, o projeto deverá prever o aproveitamento das placas como cobertura de estacionamento para os veículos apreendidos, à qual será construída sobre estrutura de concreto armado. Portanto, as placas serão posicionadas para o norte, e a cobertura em sua largura se dará com três placas fotovoltaicas, uma na frente da outra, e o seu comprimento será do tamanho da área disponível para frente da rodovia, à qual tem 150 metros lineares.

Figura 26 – Área da Delegacia de Polícia Federal em Campo Grande/MS –  
PF-CG - Latitude 20,4694275° S e Longitude 54,7278971° W.



Fonte: Google Earth, 2022, adaptada pelo Autor.

### 6.2.1.1 - Obtenção do valor de Irradiação Solar diária média da área e do ângulo de instalação das placas

Cálculo da Irradiação solar diária média [kWh/m<sup>2</sup>.dia] através do *software* SunData, conforme Figura 27.

Figura 27 - Cálculo da Irradiação solar diária média [kWh/m<sup>2</sup>.dia]. Resultado apresentado pelo *software* SunData.

**Cálculo no Plano Inclinado**

Estação: Campo Grande  
Município: Campo Grande , MS - BRASIL  
Latitude: 20,5° S  
Longitude: 54,749° O  
Distância do ponto de ref. ( 20,469428° S; 54,727897° O ): 4,1 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m <sup>2</sup> .dia]													
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano Horizontal	0° N	5,62	5,71	5,34	4,79	3,99	3,74	3,90	4,75	4,93	5,41	5,87	6,19	5,02	2,45
<input checked="" type="checkbox"/>	Ângulo igual a latitude	20° N	5,13	5,46	5,46	5,34	4,78	4,68	4,79	5,49	5,20	5,28	5,41	5,56	5,22	,88
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior média anual	19° N	5,17	5,48	5,46	5,32	4,75	4,64	4,75	5,47	5,19	5,30	5,46	5,60	5,22	,96
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior mínimo mensal	26° N	4,91	5,30	5,40	5,41	4,94	4,88	4,97	5,62	5,19	5,16	5,20	5,29	5,19	,74

Irradiação Solar no Plano Inclinado – Campo Grande–Campo Grande, MS–BRASIL

20,5° S; 54,749° O

Fonte: CRESESB, 2022, adaptada pelo Autor.

O ângulo  $\alpha = 26^\circ$ .

### 6.2.1.2 – Escolha da Placa

A placa escolhida é a BiHiKu7\_CS7N-MB-AG\_v2.4 de potência de 665 Wp, da Empresa Canadian (CANADIAN, 2022), com a seguintes dimensões 1,303 m de largura por 2,384 m de comprimento, com área total de  $1,303 \text{ m} \times 2,384 \text{ m} = 3,106 \text{ m}^2$ .

### 6.2.1.3 - Cálculo da quantidade de placas e potência instalada

Através do *software* 3D-SUN-PATH a posição mais baixa do Sol é o dia 21 de junho às 11:40 horas, para o ano de 2022. Como resultado o menor ângulo de inclinação do sol  $\beta = 45,11^\circ$ .

O comprimento da placa escolhida é de 2,384 m, no entanto, para a área em análise, como é uma área onde no futuro será utilizada para guarda de veículos apreendidos o L será composto por três placas uma na frente da outra.

$$L = 3 \times 2,384 \text{ m} = 7,152 \text{ m}.$$

Portanto, tem-se:

$$h = L \times \text{sen. } \alpha = 7,152 \times \text{sen. } 26 = 3,135 \text{ m},$$

$$D = L \times \text{cos. } \alpha; = 7,152 \times \text{cos. } 26 = 6,43 \text{ m},$$

$$d = (3,5 \times h) - D = (3,5 \times 3,135) - 6,43 \text{ m} = 4,54 \text{ m},$$

Para o  $\beta = 45,11^\circ$ , pior situação do ano, a tang.  $45,11^\circ = h/d$  mínimo, onde  $0,8092 = 3,135 / d$  mínimo, portanto,  $d$  mínimo  $= 3,135/1,0038 = 3,123 \text{ m}$ .

Portanto adotando  $d = 4,54 \text{ m}$  supera a distância mínima de  $d$  mínimo  $= 3,123 \text{ m}$ .

A configuração adotada será de somente uma coluna com várias linhas de placas. A primeira linha de placas ficará localizada na linha de divisa da área, ao extremo norte, e esta linha inicia-se na divisa do lado esquerdo e vai até o lado direito da área. Como a área tem um largura de  $150 \text{ m}$ , conforme demonstra a Figura 26, e a placa tem  $1,303 \text{ m}$  de largura, neste espaçamento serão possíveis instalar  $150/1,303 = 115,1189 \text{ m}$ , aproximando para  $3 \times 115 = 345$  placas (três placas em linha).

Como  $D + d = 6,43 + 4,54 = 10,97 \text{ m}$ , tem-se o comprimento da área igual a  $200 \text{ m}$ , conforme demonstra a Figura 25. Dividindo  $200/10,97 = 18,231 \text{ m}$ , portanto, tem-se 18 linhas de placas. Sobrando  $2,53 \text{ m}$ , nos quais serão construídos apenas uma linha, contendo 115 placas no total.

Portanto, tem-se  $345 \times 18 + 1 \times 115 = 6.325$  placas fotovoltaicas.

A área de projeção ocupada em solo pelas placas é de  $D \times$  largura da placa  $\times$  quantidade de placas, então tem-se que:  $6,43 \times 1,303 \times 2070 = 17.343,06 \text{ m}^2$ , para o conjunto de  $345 \times 18$  placas.

Para o conjunto  $1 \times 115$ , tem-se:

$L = 2,384 \text{ m}$ ;  $h = L \times \text{sen. } \alpha = 2,384 \text{ sen.}26 = 1,04$ ;  $D = L \times \text{cos.} \alpha = 2,384 \times \text{cos. } 26 = 2,14$ ; sendo  $D \times$  largura da placa  $\times$  quantidade de placas, tem-se  $2,14 \times 1,303 \times 115 = 320,67 \text{ m}^2$ .

Área de projeção total ocupada em solo pelas placas  $= 17.343,06 + 320,67 = 17.663,73 \text{ m}^2$ .

Potência instalada  $= 665 \times 6.325 = 4.206,12 \text{ kWp} = 4,206 \text{ MWp}$ .

#### 6.2.1.4 - Cálculo da Potência Efetiva média diária produzida e pontuação total da área

Sendo o código de posição de k na Tabela K = latitude +  $\alpha$  /100 = 21 + 26/100 = 21,26, sendo o mais próximo na Tabela K o código 21,25.

Com os dados do CRESESB e da Tabela K, são preenchidas as Tabelas 14, 15 e 16.

Tabela 14 – Resultado de cálculo da constante k da PF- CG.

Latitude do Projeto	21	Fator de Correção por inclinação (k) para a Tabela K												
Inclinação Real da Placa	26	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Média
Código Lat. x Incl	21,25	0,9	0,96	1,05	1,13	1,19	1,19	1,15	1,1	1,03	0,96	0,91	0,88	0,9

Fonte: Autor, 2022.

Tabela 15 – Resultado do Cálculo no Plano Inclinado da PF-CG.

Ângulo	Inclinação	ISDMM - Irradiação solar diária média mensal (kWh/m <sup>2</sup> . dia)												
		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Média
Maior Mínimo Mensal	26° N	4,91	5,30	5,40	5,41	4,94	4,88	4,97	5,62	5,19	5,16	5,20	5,29	5,19

Fonte: Autor, 2022.

Tabela 16 – Resultado dos valores de ISDMMk da PF-CG. .

Ângulo	Inclinação	ISDMMk - Irradiação solar diária média mensal corrigido pela constate k (kWh/m <sup>2</sup> . dia)												
		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Médio
Maior Mínimo Mensal	26° N	4,42	5,09	5,67	6,11	5,88	5,81	5,72	6,18	5,35	4,95	4,73	4,66	5,38

Fonte: Autor, 2022.

Fator de Perdas Total adotado = 16,6 %.

Potência Efetiva média diária produzida = ISDMMk médio x (Potência Instalada /1000) x (1 – Fator de Perdas adotado) = 5,38 x 1000 x (4.206,12 x 1000 / 1000) x (1- 0,166) = 18872523,95 = 18,87 MWh.dia.

Potência Efetiva média diária produzida/m<sup>2</sup> = 18,87 MWh.dia/17.663,73 m<sup>2</sup> = 1.068,29 Wh.dia/m<sup>2</sup>.

Potência Total média diária disponível. m<sup>2</sup> = ISDMMk médio x área total da área em m<sup>2</sup> = 5,38 x 1.000 x 30.000 = 161,4 MWh.dia. m<sup>2</sup>.

Constante Eficiência da instalação = Potência Efetiva média diária produzida/ m<sup>2</sup> / Potência Total média diária disponível/ m<sup>2</sup> = 1.068,29 Wh.dia/ m<sup>2</sup>/ 161,4 MWh.dia.m<sup>2</sup> = 0,00000662.

Pontuação do Índice 1 = Potência Efetiva média diária produzida x Constante Eficiência da Instalação = 18,87 M x 0,00000662 = 124,90.

Após calcular o valor do Índice 1, faz-se a pontuação dos outros pesos escolhendo a posição adequada da pontuação, conforme os dados levantados *in loco* e através de informações do mapa, através das Tabelas 17 e 18.

Tabela 17 – Aplicação do Método CAGFOT - PF-CG.

Índices	Parâmetros	Pontuação							Peso
1	A Energia Gerada na área ocupada. kWh.dia por m <sup>2</sup>	124,90							0,5
<b>Licença Ambiental</b>		<b>Sim</b>		<b>Não</b>					
2	Flexibilidade na escolha da localização do empreendimento	3,00		0					0,17
3	Simplicidade dos Estudos Ambientais exigidos pelo licenciamento ambiental	3,63		0					0,15
4	Potencial envolvimento de menos órgãos no processo de Licenciamento Ambiental	3,00		0					0,16
5	Potencial para cumprimento do prazo regulatório para licenciamento ambiental	3,50		0					0,26
6	Potencial menor risco de judicialização do processo de licenciamento ambiental	3,75		0					0,26
<b>Parâmetros</b>		<b>Pontuação</b>							
		<b>2</b>	<b>1,5</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>-1</b>	<b>-1,5</b>	<b>-2</b>	
7	Territórios indígenas e territórios indígenas não demarcados			Ausência	Distância de até 10.000 m dos territórios indígenas	Distância de até 5.000 m dos territórios indígenas	Distância de até 3.000 m dos territórios indígenas	Presença de território indígena ou limítrofe	2,0

8	Unidades de conservação				Ausência	Distância de até 5.000 m	Distância de até 3.000 m	Presença ou limítrofe	2,0
9	Aeródromos		Presença a uma distância acima de 5000 m	Presença a uma distância acima de 1001 m a 5000 m	Ausência	Presença a uma distância acima de 300 m a 1000 m	Presença a uma distância de 101 m a 200 m	Presença a uma distância abaixo de 100 m	1,0
10	Espeleologia			Ocorrência a improvável de cavidades		Baixa probabilidade de cavidades	Média probabilidade de cavidades	Alta e muito alta probabilidade de cavidades	1,5
11	Sítios arqueológicos			Ausência			Presença de sítios a uma distância de até 500 m	Presença de sítios arqueológicos	3,0
12	Sítios paleontológicos (ocorrências fossilíferas)			Ausência			Presença de sítios a uma distância de até 500 m	Presença de sítios a uma distância de até 200 m	3,0
13	Uso do Solo	Área com presença de processo erosivo	Área com início de processo erosivo	Áreas antropizadas e pastagem em solo de baixa fertilidade	Área sem cobertura vegetal, estável sem possibilidade de uso agrícola	Vegetação herbácea em terra com potencial agrícola	Culturas agropastoris, pivô de irrigação,	Silvicultura e Florestas Nativas	2,0
14	Processos minerários				Ausência de processos minerários e áreas em disponibilidade	Presença de processos minerários em fase de autorização e requerimento de pesquisa	Presença de processos minerários em fase de requerimento de licenciamento	Presença de processos minerários em fase de concessão de lavra, lavra garimpeira, registro de extração, requerimento de lavra, lavra garimpeira e registro de extração.	2,0
15	Áreas Urbanas	Área Urbana com excelente incidência a ventilação natural	Área Urbana com média incidência a ventilação natural	Área Urbana com incidência ventilação natural		Área Urbana com baixa incidência ventilação natural		Área Urbana sem incidência ventilação natural	1,5
16	Usina Hidro existentes, PCHs e Usinas Termoeletricas, Subestações	Presença a menos de 1000 m	Presença a menos de 1001 a 5000 m	Presença a menos de 5001 a 10.000 m				Sem a Presença a menos há mais de 10.001 m	2,0
17	Assentamentos rurais – consolidados e planejados	Presença de assentamentos até 500 m	Presença de assentamentos até 1000 m		Ausência				1,0

18	Remanescentes de Mata Atlântica				Ausência			Presença	3,0	
19	Presença de infraestrutura - Vias	Presença de estradas e acessos a menos de 500 m	Presença de estradas e acessos a menos de 501 a 1000 m	Presença de estradas e acessos a menos de 1001 a 5000 m	Presença de estradas e acessos a menos de 5001 a 10000 m	Presença de estradas e acessos a mais de 10.000 m a 15.000 m	Presença de estradas e acessos a mais de 15.001 m	Presença de estradas e acessos a mais de 1Km	2,0	
20	Declividade	Baixa declivida de (0 a 6°)	Média declivida de (6° a 12°)				Alta declividade e (12° a 30°)	Muito alta declividade (<30°)	3,0	
21	Litologia	Muito alta suscetibilidade	Média suscetibilidade		Baixa suscetibilidade				1,0	
22	APPs Hídricas				Ausência	Presença de APPs hídricas de 501 a 2000	Presença de APPs hídricas até 500 m a 100 m	Presença de APPs hídricas Limítrofe	3,0	
23	Áreas Prioritárias	Extremamente Alta	Muito Alta	Alta	Ausência				3,0	
24	LTs existentes e LTs planejadas	Presença a menos de 100 m	Presença a menos de 101 a 500 m	Presença a menos de 501 a 1.000 m	Presença a menos de 1001 a 5.000 m	Presença a menos de 5.001 a 10.000 m	Presença a mais de 10.001 m	Ausência	3,0	
25	Eixo ferroviário. rodoviário				Ausência	Presença entre 501 a 1.000 m	Presença a menos de 100 m		0,5	
26	Contaminação do Lençol freático, rios e riachos			Muita pouca possibilidade	Ausência	Pequena possibilidade	Média Possibilidade	Grande possibilidade	3,00	
27	Exposição a salinidade			Muita pouca possibilidade	Ausência	Pequena possibilidade	Média Possibilidade	Grande possibilidade	1,5	
28	Pedologia				<b>1</b>	<b>0</b>	<b>-1</b>	<b>-2</b>	<b>-3</b>	1,5
			Área sem a possibilidade de erosão (Rocha)	Áreas estáveis com muita pouca suscetibilidade a erosão	Latossolo (baixa suscetibilidade a erosão)	Argissolo Nitossolo (média suscetibilidade a erosão)	Cambissolo Neossolos Gelissolos Organossolo (alta suscetibilidade a erosão)			

Fonte: Autor, 2022.

Sendo o  é a opção escolhida, de cada pontuação, da Tabela 17.

Tabela 18 – Pontuação alcançada pela- PF-CG.

<b>Índices</b>	<b>Pontuação</b>	<b>Peso</b>	<b>Total</b>
1	124,90	0,5	62,45
2	0	0,17	0,000
3	0	0,15	0,000
4	3	0,16	0,480
5	3,5	0,26	0,910
6	3,75	0,26	0,975
7	1	2	2,000
8	0	2	0,000
9	1,5	1	1,500
10	1	1,5	1,500
11	1	3	3,000
12	1	3	3,000
13	-1,5	2	-3,000
14	0	2	0,000
15	1	1,5	1,500
16	1	2	2,000
17	0	1	0,000
18	0	3	0,000
19	2	2	4,000
20	2	3	6,000
21	0	1	0,000
22	-1	3	-3,000
23	0	3	0,000
24	2	3	6,000
25	-1,5	0,5	-0,75
26	-2	3	-6,000
27	0	1,5	0,000
28	-1	1,5	-1,500
<b>Índice 1/10</b>			<b>6,24</b>
<b>Somas dos demais Índices/10</b>			<b>1,87</b>
<b>Pontuação Final da Área</b>			<b>8,11</b>

Fonte: Autor, 2022.

Pontuação da PF-CG = 8,11.

### 6.2.2 - Área da Delegacia da PF em Dourados/MS – PF-DRS

A Delegacia da PF em Dourados/MS, apresenta uma área de 7.000 m<sup>2</sup> no total, localizada em área urbana, próxima ao centro comercial da cidade, no qual somente 5.775 m<sup>2</sup> estão disponíveis para a instalação, conforme Tabela 19 e Figura 28. Esta área está localizada na Latitude 22,2271934° S e Longitude 54,8278757° W, e é hoje utilizada como pátio de veículos apreendidos.

O solo é do tipo latossolo roxo, suas condições físicas, aliadas ao relevo plano não são propensas a erosão, possuindo inclinação máxima para o oeste em torno de 1 %. A área está 3,8 km da rodovia, a 10,5 km do aeroporto, 5 km de uma aldeia indígena, 2,2 km da subestação de energia mais próxima e é servida de rede elétrica de distribuição.

Os locais são utilizados para a guarda de veículos apreendidos, então, o projeto deverá prever o aproveitamento das placas como cobertura de estacionamento para os veículos apreendidos, à qual será construída sobre estrutura de concreto armado.

As placas serão posicionadas para o norte, e a cobertura de veículos apreendidos em sua largura será composta de um conjunto três placas fotovoltaicas, instaladas em série em seu comprimento, conforme Tabela 19 e Figura 28.

Tabela 19 – Áreas totais disponíveis para instalação - PF-DRS.

Área	Dimensões m	Área m <sup>2</sup>
1	14 x 28	392
2	32 x 16	512
3	34 x 10	340
4	34 x 34	1156
5	44 x 30	1320
<b>Total</b>		<b>3.720</b>

Fonte: Autor, 2022.

Figura 28 – Área da Delegacia de Polícia Federal em Dourados/MS – PF-DRS - Latitude 22,2271934° S e Longitude 54,8278757° W.



Fonte: Google Earth, 2022, adaptada pelo Autor.

### 6.2.2.1 - Obtenção do valor de Irradiação Solar diária média da área e do ângulo de instalação das placas

Cálculo da Irradiação solar diária média [kWh/m<sup>2</sup>.dia] através do *software* SunData, conforme Figura 29.

Figura 29 - Cálculo da Irradiação solar diária média [kWh/m<sup>2</sup>.dia]. Resultado apresentado pelo *software* SunData.

#### Cálculo no Plano Inclinado

**Estação:** Dourados  
**Município:** Dourados , MS - BRASIL  
**Latitude:** 22,201° S  
**Longitude:** 54,849° O  
**Distância do ponto de ref. ( 22,227193° S; 54,827876° O ):** 3,6 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m <sup>2</sup> .dia]												Média	Delta
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano Horizontal	0° N	5,93	5,72	5,27	4,51	3,69	3,35	3,49	4,46	4,74	5,32	5,91	6,39	4,90	3,04
<input checked="" type="checkbox"/>	Ângulo igual a latitude	22° N	5,37	5,47	5,41	5,08	4,50	4,27	4,36	5,24	5,04	5,19	5,42	5,68	5,09	1,41
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior média anual	19° N	5,47	5,53	5,43	5,03	4,42	4,17	4,27	5,17	5,03	5,24	5,52	5,81	5,09	1,64
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior mínimo mensal	38° N	4,66	4,94	5,16	5,14	4,78	4,64	4,69	5,44	4,91	4,77	4,75	4,86	4,90	,80

Irradiação Solar no Plano Inclinado –Dourados–Dourados, MS–BRASIL

22,201° S; 54,849° O

Fonte: CRESESB, 2022, adaptada pelo Autor.

O ângulo  $\alpha = 38^\circ$ .

#### 6.2.2.2 - Escolha da Placa

A placa escolhida é a BiHiKu7\_CS7N-MB-AG\_v2.4 de potência de 665 Wp, da Empresa Canadian (CANADIAN, 2022), com as seguintes dimensões 1,303 m de largura por 2,384 m de comprimento, com área total de  $1,303 \text{ m} \times 2,384 \text{ m} = 3,106 \text{ m}^2$ .

#### 6.2.2.3 - Cálculo da quantidade de placas e potência instalada

Que poderão ser instaladas nas áreas 1, 2, 3, 4 e 5.

Através do *software* 3D-SUN-PATH a posição mais baixa do Sol é o dia 22 de junho às 11:40 horas, para o ano de 2022. Como resultado o menor ângulo de inclinação do sol  $\beta = 44,35^\circ$ .

O comprimento da placa escolhida é de 2,384 m, no entanto, para a área em análise, como é uma área onde no futuro será utilizada para guarda de veículos apreendidos o L será composto por três placas uma na frente da outra.

$$L = 3 \times 2,384 \text{ m} = 7,152 \text{ m}.$$

Portanto, tem-se:

$$h = L \times \text{sen. } \alpha = 7,152 \times \text{sen. } 38 = 4,403 \text{ m,}$$

$$D = L \times \text{cos. } \alpha; = 7,152 \times \text{cos. } 38 = 5,636 \text{ m,}$$

$$d = (3,5 \times h) - D = (3,5 \times 4,403) - 5,636 \text{ m} = 9,774 \text{ m,}$$

Para o  $\beta = 44,35^\circ$ , pior situação do ano, a  $\text{Tang. } 44,35^\circ = h/d$  mínimo, onde  $0,97756 = 4,403 / d$  mínimo, portanto,  $d$  mínimo  $= 4,403 / 0,97756 = 4,504 \text{ m.}$

A configuração adotada será de somente uma coluna com várias linhas de placas, para cada área definida. A primeira linha de placas ficará localizada na linha de divisa da área, ao extremo norte, e esta linha inicia-se na divisa do lado esquerdo e vai até o lado direito da área. Todas as placas serão orientadas no ângulo  $38^\circ$  para o norte.

$$\text{Tendo } D + d = 5,636 + 9,774 = 15,41 \text{ m}$$

Quantidade de placas de acordo com a Tabela 20 das áreas 1, 2, 3, 4 e 5.

Tabela 20 – Cálculo da quantidades de placas fotovoltaicas - PF-DRS.

Área	Dimensões m	Largura área	Qtd. Placas Largura	Qtd. Placas Comprimento	Qtd Placas Total
1	14 x 28	14	14/1,303 = 10,74 ≈ 10; 10 x 3 = 30	28/15,41= 1,81 - 2	30 x 2 = 60
2	32 x 16	32	32/1,303 = 24,55 ≈ 24; 24 x 3 = 72	16/15,41= 1,03 - 1	72 x 1 = 72
3	34 x 10	34	34/1,303 = 26,09 ≈26; 26x3 = 78	10/15,41=0,64 - 1	78 x 1 = 78
4	34 x 34	34	34/1,303 = 26,09 ≈ 26; 26 x 3= 78	34/15,41= 2,20 - 2	78 x 2 = 156
5	44 x 30	44	44/1,303 = 33,76 ≈ 33; 33 x 3 = 99	30/15,41= 1,94 - 2	99 x 2 = 198
<b>Total de Placas</b>					<b>564</b>

Fonte: Autor, 2022.

$$\text{Potência instalada} = 665 \times 564 = 375,06 \text{ kWp} = 0,375 \text{ MWp.}$$

$$\text{Área de Projecção das placas em solo é de } 5,636 \times 1,303 \times 188 = 1.380,62 \text{ m}^2.$$

#### 6.2.2.4 - Cálculo da Potência Efetiva média diária produzida e pontuação total da área

Sendo o código de posição de k na Tabela K = latitude +  $\alpha$  /100 = 22 + 38/100 = 22,38, quando não dá exato aproximadamente adota-se o mais próximo na Tabela K, no caso 22,40, no Anexo A.

Com os dados do CRESESB e da Tabela K, são preenchidas as Tabelas 21, 22 e 23.

Tabela 21 – Resultado de cálculo da constante k da PF-DRS.

Latitude do Projeto	22	Fator de Correção por inclinação (k) para a Tabela K												
Inclinação Real da Placa	38	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Média
Código Lat. x Incl	22,40	0,78	0,87	1	1,13	1,22	1,23	1,17	1,09	0,98	0,87	0,78	0,75	0,78

Fonte: Autor, 2022.

Tabela 22 – Resultado do Cálculo no Plano Inclinado da PF-DRS.

Ângulo	Inclinação	ISDMM - Irradiação solar diária média mensal (kWh/m <sup>2</sup> . dia)												
		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Média
Maior Mínimo Mensal	38° N	4,66	4,94	5,16	5,14	4,78	4,64	4,69	5,44	4,91	4,77	4,75	4,86	4,90

Fonte: Autor, 2022.

Tabela 23 – Resultado dos valores de ISDMMk da PF-DRS.

Ângulo	Inclinação	ISDMMk - Irradiação solar diária média mensal corrigido pela constate k (kWh/m <sup>2</sup> . dia)												
		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Médio
Maior Mínimo Mensal	38° N	3,45	4,29	5,16	5,80	5,83	5,70	5,49	5,93	4,81	4,15	3,70	3,64	4,83

Fonte: Autor, 2022.

Fator de Perdas Total = 16,6 %.

Potência Efetiva média diária produzida = 4,83 x 1000 x (375,06 x 1000 / 1000) x (1 - 0,166) = 1510824,19 = 1,51 MWh.dia.

Potência Efetiva média diária produzida/m<sup>2</sup> = Potência Efetiva média diária produzida/ área total da área ocupada pelas placas m<sup>2</sup> = 1,51 MWh.dia/1.380,62 m<sup>2</sup> = 1.093,71 Wh.dia/m<sup>2</sup>.

Potência Total média diária disponível = ISDMMk médio x área total em m<sup>2</sup> = 4,83 x 1.000 x 7.000 = 33,81 MWh.dia.m<sup>2</sup>.

Constante Eficiência da instalação = Potência Efetiva média diária produzida/ m<sup>2</sup> / Potência Total média da área diária disponível = 1.093,71 Wh.dia/m<sup>2</sup> / 33,81 MWh.dia.m<sup>2</sup> = 0,0000324.

Pontuação do Índice 1 = Potência Efetiva média diária produzida x Eficiência da Instalação = 1,51 M x 0,0000324 = 48,85.

Após calcular o valor do Índice 1, faz-se a pontuação dos outros pesos escolhendo a posição adequada, conforme os dados levantados *in loco*, através das Tabelas 24 e 25.

Tabela 24 - Aplicação do Método CAGFOT - PF-DRS.

Índices	Parâmetros	Pontuação						Peso	
1	A Energia Gerada na área ocupada. kWh.dia por m <sup>2</sup>	48,85						0,5	
<b>Licença Ambiental</b>		<b>Sim</b>		<b>Não</b>					
2	Flexibilidade na escolha da localização do empreendimento	3,00		0				0,17	
3	Simplicidade dos Estudos Ambientais exigidos pelo licenciamento ambiental	3,63		0				0,15	
4	Potencial envolvimento de menos órgãos no processo de Licenciamento Ambiental	3,00		0				0,16	
5	Potencial para cumprimento do prazo regulatório para licenciamento ambiental	3,50		0				0,26	
6	Potencial menor risco de judicialização do processo de licenciamento ambiental	3,75		0				0,26	
<b>Parâmetros</b>		<b>Pontuação</b>							
		<b>2</b>	<b>1,5</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>-1</b>	<b>-1,5</b>	<b>-2</b>	
7	Territórios indígenas e territórios indígenas não demarcados			Ausência	Distância de até 10.000 m dos territórios indígenas	Distância de até 5.000 m dos territórios indígenas	Distância de até 3.000 m dos territórios indígenas	Presença de território indígena ou limítrofe	2,0
8	Unidades de conservação				Ausência	Distância de até 5.000 m	Distância de até 3.000 m	Presença ou limítrofe	2,0

9	Aeródromos		Presença a uma distância acima de 5000 m	Presença a uma distância acima de 1001 m a 5000 m	Ausência	Presença a uma distância acima de 300 m a 1000 m	Presença a uma distância de 101 m a 200 m	Presença a uma distância abaixo de 100 m	1,0
10	Espeleologia			Ocorrência improvável de cavidades		Baixa probabilidade de cavidades	Média probabilidades de cavidades	Alta e muito alta probabilidades de cavidades	1,5
11	Sítios arqueológicos			Ausência			Presença de sítios a uma distância de até 500 m	Presença de sítios arqueológicos	3,0
12	Sítios paleontológicos (ocorrências fossilíferas)			Ausência			Presença de sítios a uma distância de até 500 m	Presença de sítios a uma distância de até 200 m	3,0
13	Uso do Solo	Área com presença de processo erosivo	Área com início de processo erosivo	Áreas antropizadas e pastagem em solo de baixa fertilidade	Área sem cobertura vegetal, estável sem possibilidade de uso agrícola	Vegetação herbácea em terra com potencial agrícola	Culturas agropastoris, pivô de irrigação,	Silvicultura e Florestas Nativas	2,0
14	Processos minerários				Ausência de processos minerários e áreas em disponibilidade	Presença de processos minerários em fase de autorização e requerimento de pesquisa	Presença de processos minerários em fase de requerimento de licenciamento	Presença de processos minerários em fase de concessão de lavra, lavra garimpeira, registro de extração, requerimento de lavra, lavra garimpeira e registro de extração.	2,0
15	Áreas Urbanas	Área Urbana com excelente incidência a ventilação natural	Área Urbana com média incidência a ventilação natural	Área Urbana com incidência ventilação natural		Área Urbana com baixa incidência ventilação natural		Área Urbana sem incidência ventilação natural	1,5
16	Usina Hidro existentes, PCHs e Usinas Termoeletricas, Subestações	Presença a menos de 1000 m	Presença a menos de 1001 a 5000 m	Presença a menos de 5001 a 10.000 m				Sem a Presença a menos há mais de 10.001 m	2,0
17	Assentamentos rurais – consolidados e planejados	Presença de assentamentos até 500 m	Presença de assentamentos até 1000 m		Ausência				1,0
18	Remanescentes de Mata Atlântica				Ausência			Presença	3,0

19	Presença de infraestrutura - Vias	Presença de estradas e acessos a menos de 500 m	Presença de estradas e acessos a menos de 501 a 1000 m	Presença de estradas e acessos a menos de 1001 a 5000 m	Presença de estradas e acessos a menos de 5001 a 10000 m	Presença de estradas e acessos a mais de 10.000 m a 15.000 m	Presença de estradas e acessos a mais de 15.001 m	Presença de estradas e acessos a mais de 1Km	2,0
20	Declividade	Baixa declivida de (0 a 6°)	Média declivida de (6° a 12°)				Alta declividade e (12° a 30°)	Muito alta declividade (<30°)	3,0
21	Litologia	Muito alta suscetibilidade	Média suscetibilidade		Baixa suscetibilidade				1,0
22	APPs Hídricas				Ausência	Presença de APPs hídricas de 501 a 2000	Presença de APPs hídricas até 500 m a 100 m	Presença de APPs hídricas Limítrofe	3,0
23	Áreas Prioritárias	Extremamente Alta	Muito Alta	Alta	Ausência				3,0
24	LTs existentes e LTs planejadas	Presença a menos de 100 m	Presença a menos de 101 a 500 m	Presença a menos de 501 a 1.000 m	Presença a menos de 1001 a 5.000 m	Presença a menos de 5.001 a 10.000 m	Presença a mais de 10.001 m	Ausência	3,0
25	Eixo ferroviário. rodoviário				Ausência	Presença entre 501 a 1.000 m	Presença a menos de 100 m		0,5
26	Contaminação do Lençol freático, rios e riachos			Muita pouca possibilidade	Ausência	Pequena possibilidade	Média Possibilidade	Grande possibilidade	3,00
27	Exposição a salinidade			Muita pouca possibilidade	Ausência	Pequena possibilidade	Média Possibilidade	Grande possibilidade	1,5
28	Pedologia			1	0	-1	-2	-3	1,5
				Área sem a possibilidade de erosão (Rocha)	Áreas estáveis com muito pouca suscetibilidade a erosão	Latossolo (baixa suscetibilidade a erosão)	Argissolo Nitossolo (média suscetibilidade a erosão)	Cambissolo Neossolos Gelissolos Organossolo (alta suscetibilidade a erosão)	

Fonte: Autor, 2022.

Sendo o  é a opção escolhida, de cada pontuação, da Tabela 24.

Tabela 25 – Pontuação alcançada - PF-DRS.

<b>Índices</b>	<b>Pontuação</b>	<b>Peso</b>	<b>Total</b>
1	48,85	0,5	24,43
2	0	0,17	0,000
3	3,63	0,15	0,5445
4	3	0,16	0,480
5	3,5	0,26	0,910
6	3,75	0,26	0,975
7	-1	2	-2,000
8	0	2	0,000
9	1,5	1	1,500
10	1	1,5	1,500
11	1	3	3,000
12	1	3	3,000
13	-1,5	2	-3,000
14	0	2	0,000
15	-1	1,5	-1,500
16	1,5	2	3,000
17	0	1	0,000
18	0	3	0,000
19	2	2	4,000
20	2	3	6,000
21	0	1	0,000
22	0	3	0,000
23	0	3	0,000
24	2	3	6,000
25	0	0,5	0,000
26	1	3	3,000
27	0	1,5	0,000
28	-1	1,5	-1,500
<b>Índice 1/10</b>			<b>2,44</b>
<b>Somas dos demais índices/10</b>			<b>2,59</b>
<b>Pontuação Final da Área</b>			<b>5,03</b>

Fonte: Autor, 2022.

Pontuação da PF-DRS = 5,03.

### 6.2.3 - Área da Delegacia da PF em Ponta Porã/MS – PF-PPA

A Delegacia da PF em Ponta Porã/MS, possui uma área de 21.000 m<sup>2</sup>, que está disponível para instalação da usina para geração de energia fotovoltaica. A área não faz parte do imóvel do prédio sede da Delegacia da Polícia Federal em Ponta Porã/MS.

Está localizado em área urbana, no centro da cidade, a 1 km do anel viário, nas seguintes coordenadas: Latitude 22,5231957° S e Longitude 55,7269695° W. A área não possui cobertura vegetal de médio ou pequeno porte, o solo é do tipo latossolo roxo, e suas condições físicas, aliadas ao relevo plano com inclinação em torno de 0,5 %, possui boa drenagem pluvial, não sendo propícia a incidência de erosão. É servido de linha de transmissão de rede elétrica, está a 4,0 km da subestação de energia e 3,9 km do aeroporto.

O local é usado para a guarda de veículos apreendidos, então, o projeto deverá prever o aproveitamento das placas como cobertura de estacionamento para os veículos, à qual será construída sobre estrutura de concreto armado.

As placas serão posicionadas para o norte, em linha, na qual cada linha terá em sua largura três placas fotovoltaica sequenciais, uma na da frente da outra. No comprimento, a linha, terá o tamanho da área disponível, 148 m, conforme pode ser visto na Figura 31.

#### 6.2.3.1 - Obtenção do valor de Irradiação Solar diária média da área e do ângulo de instalação das placas

Cálculo da Irradiação solar diária média [kWh/m<sup>2</sup>.dia] através do *software* SunData, conforme Figura 30.

Figura 30 - Cálculo da Irradiação solar diária média [kWh/m<sup>2</sup>.dia]. Resultado apresentado pelo *software* SunData.

##### Cálculo no Plano Inclinado

Cálculo no Plano Inclinado																
Estação: PARAGUAI Município: PARAGUAI, PA - PARAGUAI Latitude: 22,5° S Longitude: 55,749° O Distância do ponto de ref. ( 22,523196° S; 55,72697° O ): 3,4 km																
#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m <sup>2</sup> .dia]													
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano Horizontal	0° N	5,83	5,61	5,28	4,46	3,54	3,26	3,37	4,42	4,70	5,35	5,85	6,31	4,83	3,05
<input checked="" type="checkbox"/>	Ângulo igual a latitude	23° N	5,25	5,34	5,43	5,04	4,33	4,18	4,22	5,22	5,00	5,21	5,34	5,58	5,01	1,40
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior média anual	19° N	5,39	5,43	5,45	4,98	4,23	4,06	4,11	5,13	4,99	5,28	5,47	5,75	5,02	1,69
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior mínimo mensal	39° N	4,55	4,82	5,16	5,09	4,57	4,52	4,52	5,40	4,86	4,78	4,67	4,76	4,81	,89

Irradiação Solar no Plano Inclinado –PARAGUAI–PARAGUAI, PA–PARAGUAI

22,5° S; 55,749° O

Fonte: CRESESB, 2022, adaptada pelo Autor.

O ângulo  $\alpha = 39^\circ$ .

Figura 31 – Área da Delegacia de Polícia Federal em Ponta Porã/MS – PF-PPA - Latitude 22,5231957° S e Longitude 55,7269695° W.



Fonte: Google Earth, 2022, adaptada pelo Autor.

### 6.2.3.2 – Escolha da Placa

A placa escolhida é a BiHiKu7\_CS7N-MB-AG\_v2.4 de potência de 665 Wp, da Empresa Canadian (CANADIAN, 2022), com as seguintes dimensões 1,303 m de largura por 2,384 m de comprimento, com área total de  $1,303 \text{ m} \times 2,384 \text{ m} = 3,106 \text{ m}^2$ .

### 6.2.3.3 – Cálculo da quantidade de placas e potência instalada

Através do *software* 3D-SUN-PATH a posição mais baixa do Sol é o dia 22 de junho às 11:45 horas, para o ano de 2022. Como resultado o menor ângulo de inclinação do sol  $\beta = 44,06^\circ$ .

O comprimento da placa escolhida é de 2,384 m, no entanto, para a área em análise, como é uma área onde no futuro será utilizada para guarda de veículos apreendidos o L será composto por três placas uma na frente da outra.

$$L = 3 \times 2,384 \text{ m} = 7,152 \text{ m}.$$

Portanto, tem-se:

$$h = L \times \text{sen. } \alpha = 7,152 \times \text{sen. } 39 = 4,50 \text{ m},$$

$$D = L \times \text{cos. } \alpha; = 7,152 \times \text{cos. } 39 = 5,56 \text{ m},$$

$$d = (3,5 \times h) - D = (3,5 \times 4,50) - 5,56 \text{ m} = 10,19 \text{ m}.$$

Para o  $\beta = 44,06^\circ$ , pior situação do ano, a  $\text{Tang. } 44,06^\circ = h/d$  mínimo, onde  $0,96771 = 4,50/d$  mínimo, portanto,  $d$  mínimo  $= 4,50/0,9677 = 4,65 \text{ m}$ .

Portanto adotando  $d = 10,19 \text{ m}$  supera a distância mínima de  $d$  mínimo  $= 4,65 \text{ m}$ .

A configuração adotada será de somente uma coluna com várias linhas de placas. A primeira linha de placas ficará localizada na linha de divisa da área, ao extremo norte, e esta linha inicia-se na divisa do lado esquerdo e vai até o lado direito da área. Como a área tem uma largura de 148 m, e a placa tem 1,303 m de largura, neste espaçamento serão possíveis instalar  $148/1,303 = 113,58$  placas, isto é, aproximando para 113 placas no total.

Como  $D + d = 5,56 + 10,19 = 16,53$  m, tem-se o comprimento da área igual a 141,9 m, onde dividindo  $141,9/16,53 = 8,58$  m, portanto, tem-se 8 linhas de placas, com 113 placas, as quais serão multiplicadas por 3, pois foram adotadas 3 em sequenciais. A sobra de 0,58 m multiplicado 16,53, dá no total 9,59 m, o que leva a caber mais uma linha com 3 x 113 placas, que é igual 339.

Portanto, tem-se 339 placas x 9 linhas = 3.051 placas fotovoltaicas.

A área de projeção ocupada em solo pelas placas é de  $D \times \text{largura da placa} \times \text{quantidade de placas}/3 = 5,56 \times 1,303 \times 1.017 = 7.367,84 \text{ m}^2$ .

Potência instalada na área =  $665 \text{ Wp} \times 3.051 = 2.028,92 \text{ kWp} = 2,029 \text{ MWp}$

#### 6.2.3.4 – Cálculo da Potência Efetiva média diária produzida e pontuação total da área

Sendo o código de posição de k na Tabela K = latitude +  $\alpha / 100 = 23 + 39/100 = 23,39$ , sendo o mais próximo na Tabela K o código 23,40, no Anexo A.

Com os dados do CRESESB e da Tabela K, são preenchidas as Tabelas 26, 27 e 28.

Tabela 26 – Resultado de cálculo da constante k da PF-PPA.

Latitude do Projeto	23	Fator de Correção por inclinação (k) para a Tabela K												
Inclinação Real da Placa	39	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Média
Código Lat. x Incl	23,40	0,79	0,88	1,01	1,14	1,23	1,24	1,18	1,1	0,99	0,88	0,79	0,76	0,79

Fonte: Autor, 2022.

Tabela 27 – Resultado do Cálculo no Plano Inclinado da PF-PPA.

Ângulo	Inclinação	ISDMM - Irradiação solar diária média mensal (kWh/m <sup>2</sup> . dia)												
		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Média
Maior Mínimo Mensal	39° N	4,55	4,82	5,16	5,09	4,57	4,52	4,52	5,40	4,86	4,78	4,67	4,76	4,81

Fonte: Autor, 2022.

Tabela 28 – Resultado dos valores de ISDMMk da PF-PPA.

Ângulo	Inclinação	ISDMMk - Irradiação solar diária média mensal corrigido pela constante k (kWh/m <sup>2</sup> . dia)												
		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Médio
Maior Mínimo Mensal	39° N	3,59	4,24	5,21	5,80	5,62	5,60	5,33	5,94	4,81	4,21	3,69	3,62	4,81

Fonte: Autor, 2022.

Fator de Perdas Total adotado = 16,6 %.

Potência Efetiva média diária produzida = ISDMMk médio x (Potência Instalada /1000) x (1 – Fator de Perdas adotado) = 4,81 x 1000 x (2.028,92 x 1000 / 1000) x (1 - 0,166) = 8139093,74 = 8,14 MWh.dia.

Potência Efetiva média diária produzida/m<sup>2</sup> = 8,14 MWh.dia/7.367,84 m<sup>2</sup> = 1.104,80 Wh.dia/m<sup>2</sup>.

Potência Total média diária disponível = ISDMMk médio x área total da área em m<sup>2</sup> = 4,81 x 1.000 x 21.000 = 101,01 MWh.dia. m<sup>2</sup>.

Constante Eficiência da instalação = Potência Efetiva média diária produzida/ Potência Total média diária disponível = 1.104,80 Wh.dia/m<sup>2</sup> / 101,01 MWh.dia.m<sup>2</sup> = 0,0000109375.

Pontuação do Índice 1 = Potência Efetiva média diária produzida x Constante Eficiência da Instalação = 8,14 M x 0,0000109375 = 89,03.

Após calcular o valor do Índice 1 faz-se a pontuação dos outros pesos, escolhendo a posição adequada, conforme os dados levantados *in loco*, através das Tabelas 29 e 30.

Tabela 29- Aplicação do Método CAGFOT - PF-PPA.

Índices	Parâmetros	Pontuação							Peso
1	A Energia Gerada na área ocupada. kWh.dia por m <sup>2</sup>	89,03							0,5
<b>Licença Ambiental</b>		<b>Sim</b>			<b>Não</b>				
2	Flexibilidade na escolha da localização do empreendimento	3,00			0				0,17
3	Simplicidade dos Estudos Ambientais exigidos pelo licenciamento ambiental	3,63			0				0,15
4	Potencial envolvimento de menos órgãos no processo de Licenciamento Ambiental	3,00			0				0,16
5	Potencial para cumprimento do prazo regulatório para licenciamento ambiental	3,50			0				0,26
6	Potencial menor risco de judicialização do processo de licenciamento ambiental	3,75			0				0,26
Parâmetros		Pontuação							
		2	1,5	1	0	-1	-1,5	-2	
7	Territórios indígenas e territórios indígenas não demarcados			Ausência	Distância de até 10.000 m dos territórios indígenas	Distância de até 5.000 m dos territórios indígenas	Distância de até 3.000 m dos territórios indígenas	Presença de território indígena ou limítrofe	2,0
8	Unidades de conservação				Ausência	Distância de até 5.000 m	Distância de até 3.000 m	Presença ou limítrofe	2,0
9	Aeródromos		Presença a uma distância acima de 5000 m	Presença a uma distância acima de 1001 m a 5000 m	Ausência	Presença a uma distância acima de 300 m a 1000 m	Presença a uma distância de 101 m a 200 m	Presença a uma distância abaixo de 100 m	1,0
10	Espeleologia			Ocorrência improvável de cavidades		Baixa probabilidade de cavidades	Média probabilidade de cavidades	Alta e muito alta probabilidade de cavidades	1,5
11	Sítios arqueológicos			Ausência			Presença de sítios a uma distância de até 500 m	Presença de sítios arqueológicos	3,0
12	Sítios paleontológicos (ocorrências fossilíferas)			Ausência			Presença de sítios a uma distância de até 500 m	Presença de sítios a uma distância de até 200 m	3,0
13	Uso do Solo	Área com presença de processo erosivo	Área com início de processo erosivo	Áreas antropizadas e pastagem em solo de baixa fertilidade	Área sem cobertura vegetal, estável sem possibilidade de	Vegetação herbácea em terra com potencial agrícola	Culturas agropastoris, pivô de irrigação,	Silvicultura e Florestas Nativas	2,0

					uso agrícola				
14	Processos minerários				Ausência de processos minerários e áreas em disponibilidade	Presença de processos minerários em fase de autorização e requerimento de pesquisa	Presença de processos minerários em fase de requerimento de licenciamento	Presença de processos minerários em fase de concessão de lavra, lavra garimpeira, registro de extração, requerimento de lavra, lavra garimpeira e registro de extração.	2,0
15	Áreas Urbanas	Área Urbana com excelente incidência de ventilação natural	Área Urbana com média incidência de ventilação natural	Área Urbana com incidência de ventilação natural		Área Urbana com baixa incidência de ventilação natural		Área Urbana sem incidência de ventilação natural	1,5
16	Usina Hidro existentes, PCHs e Usinas Termoeletricas, Subestações	Presença a menos de 1000 m	Presença a menos de 1001 a 5000 m	Presença a menos de 5001 a 10.000 m				Sem a Presença a menos há mais de 10.001 m	2,0
17	Assentamentos rurais – consolidados e planejados	Presença de assentamentos até 500 m	Presença de assentamentos até 1000 m		Ausência				1,0
18	Remanescentes de Mata Atlântica				Ausência			Presença	3,0
19	Presença de infraestrutura - Vias	Presença de estradas e acessos a menos de 500 m	Presença de estradas e acessos a menos de 501 a 1000 m	Presença de estradas e acessos a menos de 1001 a 5000 m	Presença de estradas e acessos a menos de 5001 a 10000 m	Presença de estradas e acessos a mais de 10.000 m a 15.000 m	Presença de estradas e acessos a mais de 15.001 m	Presença de estradas e acessos a mais de 1Km	2,0
20	Declividade	Baixa declividade de (0 a 6°)	Média declividade de (6° a 12°)				Alta declividade (12° a 30°)	Muito alta declividade (<30°)	3,0
21	Litologia	Muito alta suscetibilidade	Média suscetibilidade		Baixa suscetibilidade				1,0
22	APPs Hídricas				Ausência	Presença de APPs hídricas de 501 a 2000	Presença de APPs hídricas até 500 m a 100 m	Presença de APPs hídricas Limítrofe	3,0
23	Áreas Prioritárias	Extremamente Alta	Muito Alta	Alta	Ausência				3,0
24	LTs existentes e LTs planejadas	Presença a menos de 100 m	Presença a menos de 101 a 500 m	Presença a menos de 501 a 1.000 m	Presença a menos de 1001 a 5.000 m	Presença a menos de 5.001 a 10.000 m	Presença a mais de 10.001 m	Ausência	3,0

25	Eixo ferroviário. rodoviário				Ausência	Presença entre 501 a 1.000 m	Presença a menos de 100 m		0,5
26	Contaminação do Lençol freático, rios e riachos			Muita pouca possibilidade	Ausência	Pequena possibilidade	Média Possibilidade	Grande possibilidade	3,00
27	Exposição a salinidade			Muita pouca possibilidade	Ausência	Pequena possibilidade	Média Possibilidade	Grande possibilidade	1,5
28	Pedologia			<b>1</b>	<b>0</b>	<b>-1</b>	<b>-2</b>	<b>-3</b>	1,5
				Área sem a possibilidade de erosão (Rocha)	Áreas estáveis com muito pouca suscetibilidade a erosão	Latossolo (baixa suscetibilidade a erosão)	Argissolo Nitossolo (média suscetibilidade a erosão)	Cambissolo Neossolos Gelissolos Organossolo (alta suscetibilidade a erosão)	

Fonte: Autor, 2022

Sendo o  é a opção escolhida, de cada pontuação, da Tabela 29.

Tabela 30 – Pontuação alcançada - PF-PPA.

<b>Índices</b>	<b>Pontuação</b>	<b>Peso</b>	<b>Total</b>
1	89,03	0,5	44,51
2	0	0,17	0,000
3	3,63	0,15	0,5445
4	3,00	0,16	0,480
5	3,5	0,26	0,910
6	3,75	0,26	0,975
7	1	2	2,000
8	0	2	0,000
9	1	1	1,000
10	1	1,5	1,500
11	1	3	3,000
12	1	3	3,000
13	-1	2	-2,000
14	0	2	0,000
15	-1	1,5	-1,500
16	1,5	2	3,000
17	0	1	0,000
18	0	3	0,000
19	2	2	4,000
20	2	3	6,000
21	0	1	0,000
22	0	3	0,000
23	0	3	0,000
24	2	3	6,000
25	-1,0	0,5	-0,50
26	-1	3	-3,000
27	0	1,5	0,000
28	-1	1,5	-1,500
<b>Índice 1/10</b>			<b>4,45</b>
<b>Somas dos demais índices/10</b>			<b>2,39</b>
<b>Pontuação Final da Área</b>			<b>6,84</b>

Fonte: Autor, 2022.

Pontuação da PF-PPA = 6,84.

## 6.2.4 - Área da Delegacia da PF em Naviraí/MS – PF-NVI

A Delegacia da PF em Naviraí/MS, apresenta uma área de 5.040 m<sup>2</sup>, conforme Figura 33, à qual está disponível para instalação da usina para geração de energia fotovoltaica.

A área é anexa ao prédio sede da Delegacia da Polícia Federal em Naviraí/MS, está situada em área urbana, na periferia da cidade, localizada na Latitude 23,0759314° S e Longitude 54,2076889° W, distante a 2,2 km da Rodovia BR 163 e 1,4 km da Rodovia MS – 141.

A área não possui cobertura vegetal de médio ou pequeno porte, o solo é do tipo Argissolo, e suas condições físicas, aliadas ao relevo plano com inclinação em torno de 0,2 %, possui boa drenagem pluvial, não sendo propícia a incidência de erosão. É servido de linha de transmissão de rede elétrica, está localizado a 545 m da subestação de energia e a 4,5 km do aeroporto municipal. O local é usado para a guarda de veículos apreendidos, então, o projeto deverá prever o aproveitamento das placas como cobertura de estacionamento para os veículos, à qual será construída sobre estrutura de concreto armado. As placas serão posicionadas para o norte, e a cobertura em sua largura se dará com três placas fotovoltaica sequenciais, uma na da frente da outra, a sua largura será de 60 m, que é a área disponível de frente para à Avenida Mato Grosso.

### 6.2.4.1 - Obtenção do valor de Irradiação Solar diária média da área e do ângulo de instalação das placas

Cálculo da Irradiação solar diária média [kWh/m<sup>2</sup>.dia] através do *software* SunData, conforme Figura 32.

Figura 32 - Cálculo da Irradiação solar diária média [kWh/m<sup>2</sup>.dia]. Resultado apresentado pelo *software* SunData.

**Cálculo no Plano Inclinado**

Estação: Navirai  
 Município: Navirai, MS - BRASIL  
 Latitude: 23,101° S  
 Longitude: 54,249° O  
 Distância do ponto de ref. ( 23,075931° S; 54,207688° O ):5,1 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m <sup>2</sup> .dia]												Média	Delta
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano Horizontal	0° N	5,96	5,78	5,31	4,44	3,53	3,18	3,39	4,33	4,62	5,37	6,06	6,43	4,87	3,25
<input checked="" type="checkbox"/>	Ângulo igual a latitude	23° N	5,38	5,51	5,48	5,04	4,34	4,09	4,29	5,13	4,92	5,25	5,54	5,69	5,06	1,60
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior média anual	19° N	5,52	5,60	5,50	4,98	4,24	3,97	4,17	5,04	4,91	5,31	5,67	5,86	5,06	1,90
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior mínimo mensal	42° N	4,51	4,84	5,13	5,08	4,62	4,47	4,63	5,31	4,74	4,71	4,69	4,68	4,78	,85

Irradiação Solar no Plano Inclinado –Navirai–Navirai, MS–BRASIL

23,101° S; 54,249° O

Fonte: CRESESB, 2022, adaptada pelo Autor.

O ângulo  $\alpha = 42^\circ$ .

Figura 33 – Área da Delegacia de Polícia Federal em Naviraí/MS – PF-NVI - Latitude 23,0759314° S e Longitude 54,2076889° W.



Fonte: Google Earth, 2022, adaptada pelo Autor.

### 6.2.4.2 – Escolha da placa

A placa escolhida é a BiHiKu7\_CS7N-MB-AG\_v2.4 de potência de 665 Wp, da Empresa Canadian (CANADIAN, 2022), com as seguintes dimensões 1,303 m de largura por 2,384 m de comprimento, com área total de  $1,303 \text{ m} \times 2,384 \text{ m} = 3,106 \text{ m}^2$ .

### 6.2.4.3 - Cálculo da quantidade de placas e da potência instalada

Através do *software* 3D-SUN-PATH a posição mais baixa do Sol é o dia 21 de junho às 11:40 horas, para o ano de 2022. Como resultado o menor ângulo de inclinação do sol  $\beta = 43,50^\circ$ .

O comprimento da placa escolhida é de 2,384 m, no entanto, como é uma área onde no futuro será utilizada para guarda de veículos apreendidos o L será composto por três placas uma na sequência da outra, facilitando a proteção dos veículos.

$$L = 3 \times 2,384 \text{ m} = 7,152 \text{ m}.$$

Portanto, tem-se:

$$h = L \times \text{sen. } \alpha = 7,152 \times \text{sen. } 42 = 4,79 \text{ m},$$

$$D = L \times \text{cos. } \alpha; = 7,152 \times \text{cos. } 42 = 5,31 \text{ m},$$

$$d = (3,5 \times h) - D = (3,5 \times 4,79) - 5,31 \text{ m} = 11,46 \text{ m}.$$

Para o  $\beta = 43,50^\circ$ , pior situação do ano, a  $\text{Tang. } 43,50^\circ = h/d$  mínimo, onde  $0,948964 = 4,79/d$  mínimo, portanto,  $d$  mínimo  $= 4,79/0,948964 = 4,55 \text{ m}$ .

Portanto adotando  $d = 11,46 \text{ m}$  supera a distância mínima de  $d$  mínimo  $= 4,55 \text{ m}$ .

A configuração adotada será de somente uma coluna com várias linhas de placas. A primeira linha de placas ficará localizada próximo à Avenida Mato Grosso, e esta linha inicia-se na divisa do lado esquerdo e vai até o lado direito da área. Como a área tem uma largura de 60 m, e a placa tem 1,303 m de largura, neste espaçamento serão possíveis instalar  $60/1,303 = 46,05 \text{ m}$ , aproximando para 46 placas, tem-se no total  $46 \times 3 = 138$  placas por linha.

Como  $D + d = 5,31 \text{ m} + 11,46 \text{ m} = 16,77 \text{ m}$ . O comprimento da área é igual a 84 m, dividindo  $84/16,77 = 5,01$  linhas, portanto, tem-se 5 linhas de placas, com 138 placas cada uma.

O total de placas na área será de  $138 \times 5 = 690$  placas fotovoltaicas.

A área de projeção ocupada em solo pelas placas é de  $D \times \text{largura da placa} \times \text{quantidade de placas} / 3 = 5,31 \times 1,303 \times 230 = 1.600,34 \text{ m}^2$ .

Potência instalada na área será  $= 665 \times 690 = 458,85 \text{ kWp} = 0,46 \text{ MWp}$ .

#### 6.2.4.4 - Cálculo da Potência Efetiva média diária produzida e pontuação total da área

Sendo o código de posição de k na Tabela K = latitude +  $\alpha / 100 = 23 + 42/100 = 23,42$ , sendo o mais próximo na Tabela K o código 23,40 no Anexo A.

Com os dados do CRESESB e da Tabela K, são preenchidas as Tabelas 31, 32 e 33.

Tabela 31 – Resultado de cálculo da constante k da PF-NVI.

Latitude do Projeto	23	Fator de Correção por inclinação (k) para a Tabela K												
Inclinação Real da Placa	42	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Média
Código Lat. x Incl	23,40	0,79	0,88	1,01	1,14	1,23	1,24	1,18	1,1	0,99	0,88	0,79	0,76	0,79

Fonte: Autor, 2022.

Tabela 32 – Resultado do Cálculo no Plano Inclinado da PF-NVI.

Ângulo	Inclinação	ISDMM - Irradiação solar diária média mensal (kWh/m <sup>2</sup> . dia)												
		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Média
Maior Mínimo Mensal	42° N	4,51	4,84	5,13	5,08	4,62	4,47	4,63	5,31	4,74	4,71	4,69	4,68	4,78

Fonte: Autor, 2022.

Tabela 33 – Resultado dos valores de ISDMMk da PF-NVI.

Ângulo	Inclinação	ISDMMk - Irradiação solar diária média mensal corrigido pela constante k (kWh/m <sup>2</sup> . dia)												
		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Médio
Maior Mínimo Mensal	42° N	3,56	4,26	5,18	5,79	5,68	5,54	5,46	5,84	4,69	4,14	3,70	3,56	3,78

Fonte: Autor, 2022.

Fator de Perdas Total adotado = 16,6 %.

Potência Efetiva média diária produzida = ISDMMk médio x (Potência Instalada /1000) x (1 – Fator de Perdas adotado) = 3,78 x 1000 x (458,85 x 1000 / 1000) x (1- 0,166) = 1.446.533,80 = 1,45 MWh.dia.

Potência Efetiva média diária produzida/ m<sup>2</sup> = Potência Efetiva média diária produzida/ área total de projeção das placas m<sup>2</sup> = 1,45 MWh.dia/1.600,34 m<sup>2</sup> = 906,06 Wh.dia/ m<sup>2</sup>.

Potência Total média diária disponível = ISDMMk médio x área total da área em m<sup>2</sup> = 3,78 x 1.000 x 5.040 = 19,05 MWh.dia. m<sup>2</sup>.

Constante Eficiência da instalação = Potência Efetiva média diária produzida/ Potência Total média diária disponível = 906,06 Wh.dia/m<sup>2</sup>/ 19,05 MWh.dia.m<sup>2</sup> = 0,00004756.

Pontuação do Índice 1 = Potência Efetiva média diária produzida x Constante Eficiência da Instalação = 1,45 M x 0,00004756 = 68,97.

Após calcular o valor do Índice 1, faz-se a pontuação dos outros pesos, conforme os dados levantados *in loco*, através das Tabelas 34 e 35.

Tabela 34 - Aplicação do Método CAGFOT - PF-NVI.

Índices	Parâmetros	Pontuação							Peso
1	A Energia Gerada na área ocupada. kWh.dia por m <sup>2</sup>	68,97							0,5
<b>Licença Ambiental</b>		<b>Sim</b>			<b>Não</b>				
2	Flexibilidade na escolha da localização do empreendimento	3,00			0				0,17
3	Simplicidade dos Estudos Ambientais exigidos pelo licenciamento ambiental	3,63			0				0,15
4	Potencial envolvimento de menos órgãos no processo de Licenciamento Ambiental	3,00			0				0,16
5	Potencial para cumprimento do prazo regulatório para licenciamento ambiental	3,50			0				0,26
6	Potencial menor risco de judicialização do processo de licenciamento ambiental	3,75			0				0,26
Parâmetros		Pontuação							
		2	1,5	1	0	-1	-1,5	-2	
7	Territórios indígenas e territórios indígenas não demarcados			Ausência	Distância de até 10.000 m dos territórios indígenas	Distância de até 5.000 m dos territórios indígenas	Distância de até 3.000 m dos territórios indígenas	Presença de território indígena ou limítrofe	2,0
8	Unidades de conservação				Ausência	Distância de até 5.000 m	Distância de até 3.000 m	Presença ou limítrofe	2,0
9	Aeródromos		Presença a uma distância acima de 5000 m	Presença a uma distância acima de 1001 m a 5000 m	Ausência	Presença a uma distância acima de 300 m a 1000 m	Presença a uma distância de 101 m a 200 m	Presença a uma distância abaixo de 100 m	1,0
10	Espeleologia			Ocorrência a improvável de cavidades		Baixa probabilidade de cavidades	Média probabilidade de cavidades	Alta e muito alta probabilidade de cavidades	1,5
11	Sítios arqueológicos			Ausência			Presença de sítios a uma distância de até 500 m	Presença de sítios arqueológicos	3,0
12	Sítios paleontológicos (ocorrências fossilíferas)			Ausência			Presença de sítios a uma distância de até 500 m	Presença de sítios a uma distância de até 200 m	3,0
13	Uso do Solo	Área com presença de processo erosivo	Área com início de processo erosivo	Áreas antropizadas e pastagem em solo de baixa fertilidade	Área sem cobertura vegetal, estável sem possibilidade de uso agrícola	Vegetação herbácea em terra com potencial agrícola	Culturas agropastoris, pivô de irrigação,	Silvicultura e Florestas Nativas	2,0
14	Processos minerários				Ausência de processos minerários e áreas em	Presença de processos minerários em fase de autorização	Presença de processos minerários em fase de	Presença de processos minerários em fase de concessão de lavra,	2,0

					disponibilidade	o e requerimento de pesquisa	requerimento de licenciamento	lavra garimpeira, registro de extração, requerimento de lavra, lavra garimpeira e registro de extração.	
15	Áreas Urbanas	Área Urbana com excelente incidência ventilação natural	Área Urbana com média incidência ventilação natural	Área Urbana com incidência ventilação natural		Área Urbana com baixa incidência ventilação natural		Área Urbana sem incidência ventilação natural	1,5
16	Usina Hidro existentes, PCHs e Usinas Termoelétricas, Subestações	Presença a menos de 1000 m	Presença a menos de 1001 a 5000 m	Presença a menos de 5001 a 10.000 m				Sem a Presença a menos há mais de 10.001 m	2,0
17	Assentamentos rurais – consolidados e planejados	Presença de assentamentos até 500 m	Presença de assentamentos até 1000 m		Ausência				1,0
18	Remanescentes de Mata Atlântica				Ausência			Presença	3,0
19	Presença de infraestrutura - Vias	Presença de estradas e acessos a menos de 500 m	Presença de estradas e acessos a menos de 501 a 1000 m	Presença de estradas e acessos a menos de 1001 a 5000 m	Presença de estradas e acessos a menos de 5001 a 10000 m	Presença de estradas e acessos a mais de 10.000 m a 15.000 m	Presença de estradas e acessos a mais de 15.001 m	Presença de estradas e acessos a mais de 1Km	2,0
20	Declividade	Baixa declividade de (0 a 6°)	Média declividade de (6° a 12°)				Alta declividade e (12° a 30°)	Muito alta declividade (<30°)	3,0
21	Litologia	Muito alta suscetibilidade	Média suscetibilidade		Baixa suscetibilidade				1,0
22	APPs Hídricas				Ausência	Presença de APPs hídricas de 501 a 2000	Presença de APPs hídricas até 500 m a 100 m	Presença de APPs hídricas Limítrofe	3,0
23	Áreas Prioritárias	Extremamente Alta	Muito Alta	Alta	Ausência				3,0
24	LTs existentes e LTs planejadas	Presença a menos de 100 m	Presença a menos de 101 a 500 m	Presença a menos de 501 a 1.000 m	Presença a menos de 1001 a 5.000 m	Presença a menos de 5.001 a 10.000 m	Presença a mais de 10.001 m	Ausência	3,0
25	Eixo ferroviário. rodoviário				Ausência	Presença entre 501 a 1.000 m	Presença a menos de 100 m		0,5
26	Contaminação do Lençol freático, rios e riachos			Muita pouca possibilidade	Ausência	Pequena possibilidade	Média Possibilidade	Grande possibilidade	3,00
27	Exposição a salinidade			Muita pouca possibilidade	Ausência	Pequena possibilidade	Média Possibilidade	Grande possibilidade	1,5

				<b>1</b>	<b>0</b>	<b>-1</b>	<b>-2</b>	<b>-3</b>	
<b>28</b>	<b>Pedologia</b>			Área sem a possibilidade de erosão (Rocha)	Áreas estáveis com muito pouca suscetibilidade a erosão	Latossolo (baixa suscetibilidade a erosão)	Argissolo Nitossolo (média suscetibilidade a erosão)	Cambissolo Neossolos Gelissolos Organossolo (alta suscetibilidade a erosão)	<b>1,5</b>

Fonte: Autor, 2022

Sendo o  é a opção escolhida, de cada pontuação, da Tabela 34.

Tabela 35 – Pontuação alcançada - PF-NVI.

<b>Índices</b>	<b>Pontuação</b>	<b>Peso</b>	<b>Total</b>
1	68,97	0,5	34,49
2	0	0,17	0,000
3	3,63	0,15	0,5445
4	3,00	0,16	0,480
5	3,5	0,26	0,910
6	3,75	0,26	0,975
7	1	2	2,000
8	0	2	0,000
9	1	1	1,000
10	1	1,5	1,500
11	1	3	3,000
12	1	3	3,000
13	1	2	2,000
14	0	2	0,000
15	1,5	1,5	2,250
16	2,0	2	4,000
17	0	1	0,000
18	0	3	0,000
19	2	2	4,000
20	2	3	6,000
21	0	1	0,000
22	-1,5	3	-4,500
23	0	3	0,000
24	2	3	6,000
25	0	0,5	0,000
26	-2	3	-6,000
27	0	1,5	0,000
28	-2	1,5	-3,000
<b>Índice 1/10</b>			<b>3,45</b>
<b>Somas dos demais índices/10</b>			<b>2,41</b>
<b>Pontuação Final da Área</b>			<b>5,86</b>

Fonte: Autor, 2022.

Pontuação da PF-NVI = 5,86.

### 6.2.5 - Área da Delegacia da PF em Corumbá/MS – PF-CRA

A Delegacia da PF em Corumbá/MS, possui uma área de 30.000 m<sup>2</sup>, conforme Figura 34, que está disponível para instalação da usina para geração de energia fotovoltaica. A área não é anexa ao edifício sede da Delegacia.

Está situada em área urbana, na periferia da cidade, localizada na Latitude 19,0104471° S e Longitude 57,6261835° W, distante a 311 m da Rodovia BR 262 e, possui cobertura vegetal de médio ou pequeno porte. O solo é do tipo calcário, isto é, suas condições físicas, aliadas ao relevo com baixa inclinação, em torno de 3,5 % no sentido do sul para o norte, na direção do Rio Paraguai, possui boa drenagem pluvial, no entanto a área está 1 km de uma APP Hídrica. O local é propício a incidência de erosão, com exceção nos afloramentos rochosos, os quais são comuns na área. É servido de linha de transmissão de rede elétrica, está há 300 metros da subestação de energia e a 3,86 km do aeroporto.

O local será usado para a guarda de veículos apreendidos, então, o projeto deverá prever o aproveitamento das placas como cobertura de estacionamento para os veículos apreendidos, à qual será construída sobre estrutura de concreto armado.

Portanto, as placas serão posicionadas para o norte, e a cobertura em sua largura se dará com três placas fotovoltaica sequenciais, uma na frente da outra, o seu comprimento será do tamanho da área disponível para a frente da Avenida Nossa Senhora da Candelária.

Figura 34 – Área da Delegacia de Polícia Federal em Corumbá/MS – PF-CRA - Latitude 19,0104471° S e Longitude 57,6261835 ° W.



Fonte: Google Earth, 2022, adaptada pelo Autor.

#### 6.2.5.1 - Obtenção do valor de Irradiação Solar diária média da área e do ângulo de instalação das placas

Cálculo da Irradiação solar diária média [kWh/m<sup>2</sup>.dia] através do *software* SunData, conforme Figura 35.

Figura 35 - Cálculo da Irradiação solar diária média [kWh/m<sup>2</sup>.dia]. Resultado apresentado pelo *software* SunData.

**Cálculo no Plano Inclinado**

**Estação:** Corumba  
**Município:** Corumba , MS - BRASIL  
**Latitude:** 19° S  
**Longitude:** 57,649° O  
**Distância do ponto de ref. ( 19,010447° S; 57,626184° O ):** 2,7 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m <sup>2</sup> .dia]												Média	Delta
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
✓	Plano Horizontal	0° N	5,73	5,61	5,27	4,93	3,85	3,65	3,85	4,63	4,80	5,45	5,76	6,14	4,97	2,49
✓	Ângulo igual a latitude	19° N	5,23	5,37	5,37	5,44	4,51	4,45	4,62	5,26	5,01	5,32	5,32	5,52	5,12	1,07
✓	Maior média anual	17° N	5,30	5,41	5,38	5,41	4,46	4,38	4,56	5,22	5,01	5,35	5,38	5,60	5,12	1,22
✓	Maior mínimo mensal	31° N	4,74	5,01	5,21	5,53	4,74	4,76	4,92	5,44	4,95	5,02	4,85	4,95	5,01	,79

Irradiação Solar no Plano Inclinado –Corumba–Corumba, MS–BRASIL

19° S; 57,649° O

Fonte: CRESESB, 2022, adaptada pelo Autor.

O ângulo  $\alpha = 31^\circ$ .

**6.2.5.2 – Escolha da Placa**

A placa escolhida é a BiHiKu7\_CS7N-MB-AG\_v2.4 de potência de 665 Wp, da Empresa Canadian (CANADIAN, 2022), com a seguintes dimensões 1,303 m de largura por 2,384 m de comprimento, com área total de  $1,303 \times 2,384 = 3,106 \text{ m}^2$ .

**6.2.5.3 - Cálculo da quantidade de placas e da potência instalada**

Através do software 3D-SUN-PATH a posição mais baixa do Sol é o dia 22 de Junho às 11:50 horas, para o ano de 2022. Como resultado o menor ângulo de inclinação do sol  $\beta = 47,55^\circ$ .

O comprimento da placa escolhida é de 2,384 m, no entanto, para a área em análise, como é uma área onde no futuro será utilizada para guarda de veículos apreendidos o L será composto por três placas uma na frente da outra.

$$L = 3 \times 2,384 \text{ m} = 7,152 \text{ m}.$$

Portanto, tem-se:

$$h = L \times \text{sen. } \alpha = 7,152 \times \text{sen. } 31 = 3,68 \text{ m},$$

$$D = L \times \text{cos.} \alpha; = 7,152 \times \text{cos. } 31 = 6,13 \text{ m},$$

$$d = (3,5 \times h) - D = (3,5 \times 3,68) - 6,13 \text{ m} = 6,75 \text{ m}.$$

Para o  $\beta = 43,50^\circ$ , pior situação do ano, a Tang.  $47,55^\circ = h / d$  mínimo, onde  $1,093222 = 3,68 / d$  mínimo, portanto,  $d$  mínimo =  $3,68/1,093222 = 3,37 \text{ m}$ .

Portanto adotando  $d = 6,75 \text{ m}$ , este supera o  $d$  mínimo =  $3,37$  metros.

A configuração adotada será de somente uma coluna com várias linhas de placas. A primeira linha de placas ficará localizada próximo à divisa norte da área, seguindo na sequência até a divisa sul, e esta linha inicia-se na Avenida Nossa Senhora da Candelária, do lado esquerdo, e vai até o lado direito da área. Como a área tem uma largura de  $166,66 \text{ m}$ , e a placa tem  $1,303 \text{ m}$  de largura, neste espaçamento serão possíveis instalar  $166,66/1,303 = 127,90$  placas, aproximando para  $127$  placas, onde como serão cocado  $3$  placas em série em seu comprimento, tem-se  $127 \times 3 = 381$  placas

Como  $D + d = 6,13 + 6,75 = 12,88 \text{ m}$ . O comprimento da área igual a  $180 \text{ m}$ , dividindo  $180/12,88 = 13,98$ , portanto, tem-se  $14$  linhas de placas, com  $381$  placas cada uma.

Portanto, tem-se  $381 \times 14 = 5.334$  placas fotovoltaicas.

A área de projeção ocupada em solo pelas placas é de  $D \times$  largura da placa  $\times$  quantidade de placas/ $3 = 6,13 \times 1,303 \times 1.778 = 14.201,58 \text{ m}^2$ .

$$\text{Potência instalada} = 665 \times 5.334 = 3.547,11 \text{ kWp} = 3,55 \text{ MWp}.$$

#### **6.2.5.4 - Cálculo da Potência Efetiva média diária produzida e pontuação total da área**

Sendo o código de posição de  $k$  na Tabela K = latitude +  $\alpha / 100 = 19 + 31/100 = 19,31$ , sendo o mais próximo na Tabela K o código  $19,30$ , no Anexo A.

Com os dados do CRESESB e da Tabela K, são preenchidas as Tabelas 36, 37 e 38.

Tabela 36 – Resultado de cálculo da constante k da PF-CRA.

Latitude do Projeto	19	Fator de Correção por inclinação (k) para a Tabela K												
		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Média
Inclinação Real da Placa	31													
Código Lat. x Incl	19,30	0,85	0,92	1,02	1,12	1,18	1,19	1,15	1,09	1,01	0,92	0,85	0,83	0,85

Fonte: Autor, 2022.

Tabela 37 – Resultado do Cálculo no Plano Inclinado da PF-CRA.

Ângulo	Inclinação	ISDMM - Irradiação solar diária média mensal (kWh/m <sup>2</sup> . dia)												
		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Média
Maior Mínimo Mensal	31° N	4,74	5,01	5,21	5,53	4,74	4,76	4,92	5,44	4,95	5,02	4,85	4,95	5,01

Fonte: Autor, 2022.

Tabela 38 – Resultado dos valores de ISDMMk da PF-CRA.

Ângulo	Inclinação	ISDMMk - Irradiação solar diária média mensal corrigido pela constante k (kWh/m <sup>2</sup> . dia)												
		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Médio
Maior Mínimo Mensal	31° N	4,03	4,61	5,31	6,19	5,59	5,66	5,66	5,93	4,99	4,62	4,12	4,11	4,26

Fonte: Autor, 2022.

Fator de Perdas Total = 16,6 %.

Potência Efetiva média diária produzida = ISDMMk médio x (Potência Instalada / 1000) x (1 – Fator de Perdas adotado) = 4,26 x 1000 x (3.547,11 x 1000 / 1000) x (1 - 0,166) = 12602314,3 = 12,60 MWh.dia.

Potência Efetiva média diária produzida/ m<sup>2</sup> = Potência Efetiva média diária produzida/ área total de projeção das placas m<sup>2</sup> = 12,60 MWh.dia/14.201,58 m<sup>2</sup> = 887,23 Wh.dia/m<sup>2</sup>.

Potência Total média diária disponível.m<sup>2</sup> = ISDMMk médio x área total da área em m<sup>2</sup> = 4,26 x 1.000 x 30.000 = 127,8 MWh.dia. m<sup>2</sup>.

Constante Eficiência da instalação = Potência Efetiva média diária produzida/m<sup>2</sup> / Potência Total média diária disponível.m<sup>2</sup> = 887,23 Wh.dia/ 127,8 MWh.dia = 0,0000069423.

Pontuação do Índice 1 = Potência Efetiva média diária produzida x Constante Eficiência da Instalação = 12,60 M x 0,0000069423= 87,47.

Após calcular o valor do Índice 1, faz-se a pontuação dos outros pesos escolhendo a posição adequada, conforme os dados levantados *in loco*, através das Tabelas 39 e 40.

Tabela 39 - Aplicação do Método CAGFOT - PF-CRA.

Índices	Parâmetros	Pontuação		Peso					
1	A Energia Gerada na área ocupada. kWh.dia por m <sup>2</sup>	87,47		0,5					
<b>Licença Ambiental</b>		<b>Sim</b>	<b>Não</b>						
2	Flexibilidade na escolha da localização do empreendimento	3,00	0	0,17					
3	Simplicidade dos Estudos Ambientais exigidos pelo licenciamento ambiental	3,63	0	0,15					
4	Potencial envolvimento de menos órgãos no processo de Licenciamento Ambiental	3,00	0	0,16					
5	Potencial para cumprimento do prazo regulatório para licenciamento ambiental	3,50	0	0,26					
6	Potencial menor risco de judicialização do processo de licenciamento ambiental	3,75	0	0,26					
Parâmetros	Pontuação								
	2	1,5	1	0	-1	-1,5	-2		
7	Territórios indígenas e territórios indígenas não demarcados			Ausência	Distância de até 10.000 m dos territórios indígenas	Distância de até 5.000 m dos territórios indígenas	Distância de até 3.000 m dos territórios indígenas	Presença de território indígena ou limítrofe	2,0
8	Unidades de conservação				Ausência	Distância de até 5.000 m	Distância de até 3.000 m	Presença ou limítrofe	2,0
9	Aeródromos		Presença a uma distância acima de 5000 m	Presença a uma distância acima de 1001 m a 5000 m	Ausência	Presença a uma distância acima de 300 m a 1000 m	Presença a uma distância de 101 m a 200 m	Presença a uma distância abaixo de 100 m	1,0
10	Espeleologia			Ocorrência improvável de cavidades		Baixa probabilidade de cavidades	Média probabilidades de cavidades	Alta e muito alta probabilidades de cavidades	1,5
11	Sítios arqueológicos			Ausência			Presença de sítios a uma distância de até 500 m	Presença de sítios arqueológicos	3,0

12	Sítios paleontológicos (ocorrências fossilíferas)			Ausência			Presença de sítios a uma distância de até 500 m	Presença de sítios a uma distância de até 200 m	3,0
13	Uso do Solo	Área com presença de processo erosivo	Área com início de processo erosivo	Áreas antropizadas e pastagem em solo de baixa fertilidade	Área sem cobertura vegetal, estável sem possibilidade de uso agrícola	Vegetação herbácea em terra com potencial agrícola	Culturas agropastoris, pivô de irrigação,	Silvicultura e Florestas Nativas	2,0
14	Processos minerários				Ausência de processos minerários e áreas em disponibilidade	Presença de processos minerários em fase de autorização e requerimento de pesquisa	Presença de processos minerários em fase de requerimento de licenciamento	Presença de processos minerários em fase de concessão de lavra, lavra garimpeira, registro de extração, requerimento de lavra, lavra garimpeira e registro de extração.	2,0
15	Áreas Urbanas	Área Urbana com excelente incidência de ventilação natural	Área Urbana com média incidência de ventilação natural	Área Urbana com incidência de ventilação natural		Área Urbana com baixa incidência de ventilação natural		Área Urbana sem incidência de ventilação natural	1,5
16	Usina Hidro existentes, PCHs e Usinas Termoeletricas, Subestações	Presença a menos de 1000 m	Presença a menos de 1001 a 5000 m	Presença a menos de 5001 a 10.000 m				Sem a Presença a menos há mais de 10.001 m	2,0
17	Assentamentos rurais – consolidados e planejados	Presença de assentamentos até 500 m	Presença de assentamentos até 1000 m		Ausência				1,0
18	Remanescentes de Mata Atlântica				Ausência			Presença	3,0
19	Presença de infraestrutura - Vias	Presença de estradas e acessos a menos de 500 m	Presença de estradas e acessos a menos de 501 a 1000 m	Presença de estradas e acessos a menos de 1001 a 5000 m	Presença de estradas e acessos a menos de 5001 a 10000 m	Presença de estradas e acessos a mais de 10.000 m a 15.000 m	Presença de estradas e acessos a mais de 15.001 m	Presença de estradas e acessos a mais de 1Km	2,0
20	Declividade	Baixa declividade (0 a 6°)	Média declividade (6° a 12°)				Alta declividade (12° a 30°)	Muito alta declividade (<30°)	3,0
21	Litologia	Muito alta suscetibilidade	Média suscetibilidade		Baixa suscetibilidade				1,0

22	APPs Hídricas				Ausência	Presença de APPs hídricas de 501 a 2000	Presença de APPs hídricas até 500 m a 100 m	Presença de APPs hídricas Limítrofe	3,0
23	Áreas Prioritárias	Extremamente Alta	Muito Alta	Alta	Ausência				3,0
24	LTs existentes e LTs planejadas	Presença a menos de 100 m	Presença a menos de 101 a 500 m	Presença a menos de 501 a 1.000 m	Presença a menos de 1001 a 5.000 m	Presença a menos de 5.001 a 10.000 m	Presença a mais de 10.001 m	Ausência	3,0
25	Eixo ferroviário. rodoviário				Ausência	Presença entre 501 a 1.000 m	Presença a menos de 100 m		0,5
26	Contaminação do Lençol freático, rios e riachos			Muita pouca possibilidade	Ausência	Pequena possibilidade	Média Possibilidade	Grande possibilidade	3,00
27	Exposição a salinidade			Muita pouca possibilidade	Ausência	Pequena possibilidade	Média Possibilidade	Grande possibilidade	1,5
28	Pedologia			<b>1</b>	<b>0</b>	<b>-1</b>	<b>-2</b>	<b>-3</b>	1,5
				Área sem a possibilidade de erosão (Rocha)	Áreas estáveis com muito pouca suscetibilidade a erosão	Latossolo (baixa suscetibilidade a erosão)	Argissolo Nitossolo (média suscetibilidade a erosão)	Cambissolo Neossolos Gelissolos Organossolo (alta suscetibilidade a erosão)	

Fonte: Autor, 2022

Sendo o  é a opção escolhida, de cada pontuação, da Tabela 39.

Tabela 40 – Pontuação alcançada - PF-CRA.

<b>Índices</b>	<b>Pontuação</b>	<b>Peso</b>	<b>Total</b>
1	87,47	0,5	43,74
2	0	0,17	0,000
3	0	0,15	0,000
4	0	0,16	0,000
5	0	0,26	0,000
6	3,75	0,26	0,975
7	1	2	2,000
8	0	2	0,000
9	1	1	1,000
10	-1,5	1,5	-2,25
11	0	3	0,000
12	0	3	0,000
13	1	2	2,000
14	-1	2	-2,000
15	1	1,5	1,500
16	2	2	4,000
17	0	1	0,000
18	0	3	0,000
19	2	2	4,000
20	2	3	6,000
21	2	1	2,000
22	-1,5	3	-4,500
23	0	3	0,000
24	2	3	6,000
25	-1	0,5	-0,500
26	-2	3	-6,000
27	0	1,5	0,000
28	-3	1,5	-4,500
<b>Índice 1/10</b>			<b>4,37</b>
<b>Somas dos demais índices/10</b>			<b>0,98</b>
<b>Pontuação Final da Área</b>			<b>5,35</b>

Fonte: Autor, 2022.

Pontuação da PF-CRA = 5,35.

## 6.2.6 - Área da Delegacia de PF em Três Lagoas/MS – PF-TLS

A Delegacia da PF em Três Lagoas/MS possui uma área de 1.798 m<sup>2</sup>, 62 m de comprimento e 29 m de largura, conforme Figura 37, à qual é utilizada como pátio de veículos apreendidos. A área está em anexo ao prédio principal da Delegacia.

Está situada em área urbana, na periferia da cidade, localizada na Latitude 20,7976663° S e Longitude 51,6832514° W, distante a 54 m da Rodovia BR 262. O solo é do tipo argissolo, e suas condições físicas, aliadas ao relevo plano, em torno de 0,1 % no sentido oeste, possui boa drenagem pluvial, no entanto, área está 2,36 km de uma APP Hídrica.

É servido de linha de transmissão de rede elétrica, está a 5,0 km da Hidrelétrica Engenheiro Souza Dias, 4,3 km do aeroporto da cidade e 1,82 km da Ferrovia.

O local é usado para a guarda de veículos apreendidos, então, o projeto deverá prever o aproveitamento das placas como cobertura de estacionamento para os veículos apreendidos, à qual será construída sobre estrutura de concreto armado.

Portanto, as placas serão posicionadas para o norte, e a sua largura se dará com três placas fotovoltaica sequenciais, uma na da frente da outra, o seu comprimento será do tamanho da área disponível na divisa do muro de fundos da Delegacia.

### 6.2.6.1 - Obtenção do valor de Irradiação Solar diária média da área e do ângulo de instalação das placas

Cálculo da Irradiação solar diária média [kWh/m<sup>2</sup>.dia] através do *software* SunData, conforme Figura 36.

Figura 36 - Cálculo da Irradiação solar diária média [kWh/m<sup>2</sup>.dia]. Resultado apresentado pelo *software* SunData.

#### Cálculo no Plano Inclinado

		Irradiação solar diária média mensal [kWh/m <sup>2</sup> .dia]														
#	Ângulo	Inclinação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano Horizontal	0° N	5,93	5,99	5,46	4,83	4,07	3,76	3,97	4,88	4,89	5,57	6,00	6,35	5,14	2,59
<input checked="" type="checkbox"/>	Ângulo igual a latitude	21° N	5,37	5,71	5,59	5,41	4,93	4,76	4,94	5,70	5,17	5,43	5,50	5,66	5,35	,94
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior média anual	19° N	5,44	5,76	5,60	5,38	4,87	4,69	4,87	5,64	5,16	5,47	5,57	5,74	5,35	1,07
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior mínimo mensal	29° N	5,04	5,46	5,49	5,49	5,13	5,01	5,17	5,85	5,14	5,24	5,19	5,27	5,29	,84

Irradiação Solar no Plano Inclinado –Tres Lagoas–Tres Lagoas, MS–BRASIL

20,801° S; 51,649° O

Fonte: CRESESB, 2022, adaptada pelo Autor.

O ângulo  $\alpha = 29^\circ$ .

Figura 37 – Área da Delegacia de Polícia Federal em Três Lagoas/MS – PF-TLS - Latitude 20,7976663° S e Longitude 51,6832514 ° W.



Fonte: Google Earth, 2022, adaptada pelo Autor.

### 6.2.6.2 - Escolha da placa

A placa escolhida é a BiHiKu7\_CS7N-MB-AG\_v2.4 de potência de 665 Wp, da Empresa Canadian (CANADIAN, 2022), com as seguintes dimensões 1,303 m de largura por 2,384 m de comprimento, com área total de  $1,303 \text{ m} \times 2,384 \text{ m} = 3,106 \text{ m}^2$ .

### 6.2.6.3 - Cálculo da quantidade de placas e da potência instalada

Através do *software* 3D-SUN-PATH a posição mais baixa do Sol é o dia 21 de junho às 12:30 horas, para o ano de 2022. Como resultado o menor ângulo de inclinação do sol  $\beta = 45,78^\circ$ .

O comprimento da placa escolhida é de 2,384 m, no entanto, para a área em análise, como é uma área utilizada para guarda de veículos apreendidos o L será composto por três placas uma na frente da outra.

$$L = 3 \times 2,384 \text{ m} = 7,152 \text{ m}.$$

Portanto, tem-se:

$$h = L \times \text{sen. } \alpha = 7,152 \times \text{sen. } 29 = 3,47 \text{ m},$$

$$D = L \times \text{cos. } \alpha; = 7,152 \times \text{cos. } 29 = 6,25 \text{ m},$$

$$d = (3,5 \times h) - D = (3,5 \times 3,47) - 6,25 \text{ m} = 5,89 \text{ m}.$$

Para o  $\beta = 45,78^\circ$ , pior situação do ano, a  $\text{Tang. } 45,78^\circ = h / d$  mínimo, onde  $1,027604 = 3,47 / d$  mínimo, portanto,  $d$  mínimo =  $3,47 / 1,027604 = 3,38 \text{ m}$ .

Portanto adotando  $d = 5,89 \text{ m}$  supera o  $d$  mínimo = 3,38 metros.

A configuração adotada será de somente uma coluna com várias linhas de placas. A primeira linha de placas ficará localizada próximo à divisa norte da área, no muro de divisa com os fundos da Delegacia, seguindo na sequência até a divisa sul, próximo ao edifício principal. Como a área tem uma largura de 29 m, e a placa tem 1,303 m de largura, neste espaçamento serão possíveis instalar  $29/1,303 = 22,26$  placas, valor que será aproximado para

22 placas, sendo que serão cocado 3 placas em série em seu comprimento, portanto, tem-se 22 x 3 = 66 placas no total.

Como  $D + d = 6,25 + 5,89 = 12,14$  m. O comprimento da área igual a 62 m, dividindo  $62 / 12,14 = 5,011$ , portanto, tem-se 5 linhas de placas, com 66 placas cada uma.

Portanto, tem-se  $66 \times 5 = 330$  placas fotovoltaicas no total.

A área de projeção ocupada em solo pelas placas, para este arranjo, é de  $D \times$  largura da placa x quantidade de placas/3 –  $6,25 \times 1,303 \times 110 = 895,81$  m<sup>2</sup>.

Potência instalada =  $665 \times 330 = 219,45$  kWp = 0,22 MWp.

#### 6.2.6.4 - Calcular a Potência Efetiva média diária produzida e pontuação total da área

Sendo o código de posição de k na Tabela K = latitude +  $\alpha / 100 = 21 + 29/100 = 21,29$ , sendo o mais próximo na Tabela K o código 21,30, no Anexo A.

Com os dados do CRESESB e da Tabela K, são preenchidas as Tabelas 41, 42 e 43.

Tabela 41 – Resultado de cálculo da constante k da PF-TLS.

Latitude do Projeto	21	Fator de Correção por inclinação (k) para a Tabela K												
Inclinação Real da Placa	29	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Média
Código Lat. x Incl	21,30	0,86	0,93	1,03	1,14	1,2	1,2	1,16	1,1	1,02	0,93	0,87	0,84	0,86

Fonte: Autor, 2022.

Tabela 42 – Resultado do Cálculo no Plano Inclinado da PF-TLS.

Ângulo	Inclinação	ISDMM - Irradiação solar diária média mensal (kWh/m <sup>2</sup> . dia)												
		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Média
Maior Mínimo Mensal	29° N	5,04	5,46	5,49	5,49	5,13	5,01	5,17	5,85	5,14	5,24	5,19	5,27	5,29

Fonte: Autor, 2022.

Tabela 43 – Resultado dos valores de ISDMMk da PF-TLS.

Ângulo	Inclinação	ISDMMk - Irradiação solar diária média mensal corrigido pela constante k (kWh/m <sup>2</sup> . dia)												
		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Médio
Maior Mínimo Mensal	29° N	4,33	5,08	5,65	6,26	6,16	6,01	6,00	6,44	5,24	4,87	4,52	4,43	4,55

Fonte: Autor, 2022.

Fator de Perdas Total = 16,6 %.

Potência Efetiva média diária produzida = ISDMMk médio x (Potência Instalada /1000) x (1 – Fator de Perdas adotado) = 4,55 x 1000 x (219,45 x 1000 / 1000) x (1- 0,166) = 998497,5 = 0,998 MWh.dia.

Potência Efetiva média diária produzida/ m<sup>2</sup> = Potência Efetiva média diária produzida/ área total de projeção das placas m<sup>2</sup> = 0,998 MWh.dia/895,81 = 1.114,07 Wh.dia/m<sup>2</sup>.

Potência Total média diária disponível.m<sup>2</sup> = ISDMMk médio x área total da área em m<sup>2</sup> = 4,55 x 1.000 x 1798 = 8,18 MWh.dia. m<sup>2</sup>.

Constante Eficiência da instalação = Potência Efetiva média diária produzida/ m<sup>2</sup> / Potência Total média diária disponível/ m<sup>2</sup> = 1.114,07 Wh.dia/m<sup>2</sup>/ 8,18 MWh.dia.m<sup>2</sup> = 0,000136.

Pontuação do Índice 1 = Potência Efetiva média diária produzida x Constante Eficiência da Instalação = 0,998 M x 0,000136= 135,92.

Após o valor do Índice 1, faz-se a pontuação dos outros pesos escolhendo a posição adequada, conforme os dados levantados *in loco*, através das Tabelas 44 e 45.

Tabela 44 - Aplicação do Método CAGFOT - PF-TLS.

Índices	Parâmetros	Pontuação							Peso
1	A Energia Gerada na área ocupada. kWh.dia por m <sup>2</sup>	135,92							0,5
<b>Licença Ambiental</b>		<b>Sim</b>			<b>Não</b>				
2	Flexibilidade na escolha da localização do empreendimento	3,00			0				0,17
3	Simplicidade dos Estudos Ambientais exigidos pelo licenciamento ambiental	3,63			0				0,15
4	Potencial envolvimento de menos órgãos no processo de Licenciamento Ambiental	3,00			0				0,16
5	Potencial para cumprimento do prazo regulatório para licenciamento ambiental	3,50			0				0,26
6	Potencial menor risco de judicialização do processo de licenciamento ambiental	3,75			0				0,26
Parâmetros		Pontuação							
		2	1,5	1	0	-1	-1,5	-2	
7	Territórios indígenas e territórios indígenas não demarcados			Ausência	Distância de até 10.000 m dos territórios indígenas	Distância de até 5.000 m dos territórios indígenas	Distância de até 3.000 m dos territórios indígenas	Presença de território indígena ou limítrofe	2,0
8	Unidades de conservação				Ausência	Distância de até 5.000 m	Distância de até 3.000 m	Presença ou limítrofe	2,0
9	Aeródromos		Presença a uma distância acima de 5000 m	Presença a uma distância acima de 1001 m a 5000 m	Ausência	Presença a uma distância acima de 300 m a 1000 m	Presença a uma distância de 101 m a 200 m	Presença a uma distância abaixo de 100 m	1,0
10	Espeleologia			Ocorrência improvável de cavidades		Baixa probabilidade de cavidades	Média probabilidade de cavidades	Alta e muito alta probabilidade de cavidades	1,5
11	Sítios arqueológicos			Ausência			Presença de sítios a uma distância de até 500 m	Presença de sítios arqueológicos	3,0
12	Sítios paleontológicos (ocorrências fossilíferas)			Ausência			Presença de sítios a uma distância de até 500 m	Presença de sítios a uma distância de até 200 m	3,0
13	Uso do Solo	Área com presença de processo erosivo	Área com início de processo erosivo	Áreas antropizadas e pastagem em solo de baixa fertilidade	Área sem cobertura vegetal, estável sem possibilidade de uso agrícola	Vegetação herbácea em terra com potencial agrícola	Culturas agropastoris, pivô de irrigação,	Silvicultura e Florestas Nativas	2,0
14	Processos minerários				Ausência de processos minerários e áreas em	Presença de processos minerários em fase de autorização	Presença de processos minerários em fase de	Presença de processos minerários em fase de concessão de lavra,	2,0

					disponibilidade	o e requerimento de pesquisa	requerimento de licenciamento	lavra garimpeira, registro de extração, requerimento de lavra, lavra garimpeira e registro de extração.	
15	Áreas Urbanas	Área Urbana com excelente incidência ventilação natural	Área Urbana com média incidência ventilação natural	Área Urbana com incidência ventilação natural		Área Urbana com baixa incidência ventilação natural		Área Urbana sem incidência ventilação natural	1,5
16	Usina Hidro existentes, PCHs e Usinas Termoelétricas, Subestações	Presença a menos de 1000 m	Presença a menos de 1001 a 5000 m	Presença a menos de 5001 a 10.000 m				Sem a Presença a menos há mais de 10.001 m	2,0
17	Assentamentos rurais – consolidados e planejados	Presença de assentamentos até 500 m	Presença de assentamentos até 1000 m		Ausência				1,0
18	Remanescentes de Mata Atlântica				Ausência			Presença	3,0
19	Presença de infraestrutura - Vias	Presença de estradas e acessos a menos de 500 m	Presença de estradas e acessos a menos de 501 a 1000 m	Presença de estradas e acessos a menos de 1001 a 5000 m	Presença de estradas e acessos a menos de 5001 a 10000 m	Presença de estradas e acessos a mais de 10.000 m a 15.000 m	Presença de estradas e acessos a mais de 15.001 m	Presença de estradas e acessos a mais de 1Km	2,0
20	Declividade	Baixa declividade de (0 a 6°)	Média declividade de (6° a 12°)				Alta declividade e (12° a 30°)	Muito alta declividade (<30°)	3,0
21	Litologia	Muito alta suscetibilidade	Média suscetibilidade		Baixa suscetibilidade				1,0
22	APPs Hídricas				Ausência	Presença de APPs hídricas de 501 a 2000	Presença de APPs hídricas até 500 m a 100 m	Presença de APPs hídricas Limítrofe	3,0
23	Áreas Prioritárias	Extremamente Alta	Muito Alta	Alta	Ausência				3,0
24	LTs existentes e LTs planejadas	Presença a menos de 100 m	Presença a menos de 101 a 500 m	Presença a menos de 501 a 1.000 m	Presença a menos de 1001 a 5.000 m	Presença a menos de 5.001 a 10.000 m	Presença a mais de 10.001 m	Ausência	3,0
25	Eixo ferroviário, rodoviário				Ausência	Presença entre 501 a 1.000 m	Presença a menos de 100 m		0,5
26	Contaminação do Lençol freático, rios e riachos			Muita pouca possibilidade	Ausência	Pequena possibilidade	Média Possibilidade	Grande possibilidade	3,00
27	Exposição a salinidade			Muita pouca possibilidade	Ausência	Pequena possibilidade	Média Possibilidade	Grande possibilidade	1,5

				<b>1</b>	<b>0</b>	<b>-1</b>	<b>-2</b>	<b>-3</b>	
<b>28</b>	<b>Pedologia</b>			Área sem a possibilidade de erosão (Rocha)	Áreas estáveis com muito pouca suscetibilidade a erosão	Latossolo (baixa suscetibilidade a erosão)	Argissolo Nitossolo (média suscetibilidade a erosão)	Cambissolo Neossolos Gelissolos Organossolo (alta suscetibilidade a erosão)	<b>1,5</b>

Fonte: Autor, 2022.

Sendo o  é a opção escolhida, de cada pontuação, da Tabela 44.

Tabela 45 – Pontuação alcançada - PF-TLS.

<b>Índices</b>	<b>Pontuação</b>	<b>Peso</b>	<b>Total</b>
1	135,92	0,5	67,96
2	0	0,17	0,000
3	3,63	0,15	0,5445
4	3,00	0,16	0,480
5	3,50	0,26	0,910
6	3,75	0,26	0,975
7	1	2	2,000
8	0	2	0,000
9	1	1	1,000
10	1	1,5	1,500
11	1	3	3,000
12	1	3	3,000
13	1	2	2,000
14	0	2	2,000
15	-1	1,5	-1,500
16	1,5	2	3,000
17	0	1	0,000
18	0	3	0,000
19	2	2	4,000
20	2	3	6,000
21	0	1	0,000
22	-1	3	-3,000
23	0	3	0,000
24	2	3	6,000
25	-1	0,5	-0,500
26	1	3	3,000
27	0	1,5	0,000
28	-2	1,5	-3,000
<b>Índice 1/10</b>			<b>6,79</b>
<b>Somas dos demais índices/10</b>			<b>3,15</b>
<b>Pontuação Final da Área</b>			<b>9,94</b>

Fonte: Autor, 2022.

Pontuação da PF-TLS = 9,94.

### 6.3 – Resultado do Método CAGFOT

Segue os resultados extraídos da aplicação do Método CAGFOT, no estudo de caso e nas áreas da PF/MS, nas Tabela 46 e 47 para fins de comparação e análise.

Tabela 46 – Resultados do Método CAGFOT 1.

Unidades	Local	Áreas Totais (m <sup>2</sup> )	Área (m <sup>2</sup> ) efetivamente ocupada com as placas fotovoltaicas	Potência Total Efetiva produzida MWh. mês	Potência Total Efetiva produzida em Wh.dia a cada m <sup>2</sup>	Índice 1/10	Somas dos demais índices/10	Pontuação Total do Método CAGFOT
Estudo de caso	Florianópolis/SC	10.000	2.997,89	94,32	1.048,74	3,66	2,89	6,55
PF - CGR	Campo Grande/MS	30.000	17.343,06	566,10	1.060,29	6,24	1,87	8,11
PF - DRS	Dourados/MS	7.000	1.380,62	45,3	1.093,71	2,44	2,59	5,03
PF - PPA	Ponta Porã/MS	21.000	7.367,84	244,20	1.104,80	4,45	2,39	6,84
PF - NVI	Naviraí/MS	5.040	1.600,34	43,5	906,06	3,45	2,41	5,86
PF - CRA	Corumbá/MS	30.000	14.201,58	378	887,23	4,37	0,98	5,35
PF - TLS	Três Lagoas/MS	1.798	895,81	29,94	1.114,07	6,79	3,15	9,94
<b>Média Simples</b>					<b>1.030,70</b>	<b>4,48</b>	<b>2,33</b>	<b>6,81</b>

Fonte: Autor, 2022.

Tabela 47 – Resultados do Método CAGFOT 2.

Unidades	Local	Potência Total média diária disponível .m <sup>2</sup> (MWh)	Potência Instalada (MWp)	Potência Efetiva média diária produzida	Taxa de ocupação da área - Tx ocup (%)	Impacto da pontuação do Índices 1 de eficiência na pontuação total (%)	Impacto da pontuação dos 27 índices de sustentabilidade na pontuação total (%)
Estudo de caso	Florianópolis/SC	45	837,9	3,144	29,97	57,88	44,12
PF - CGR	Campo Grande/MS	161,4	4,206	18,87	57,81	76,94	23,06
PF - DRS	Dourados/MS	33,81	0,375	1,51	19,72	48,51	51,49
PF - PPA	Ponta Porã/MS	101,01	2,029	8,14	35,08	65,06	34,94
PF - NVI	Naviraí/MS	19,05	0,46	1,45	31,75	58,87	41,13
PF - CRA	Corumbá/MS	127,8	3,55	12,60	47,33	81,68	18,32
PF - TLS	Três Lagoas/MS	8,18	0,22	0,998	49,80	68,31	31,69
<b>Média Simples</b>					<b>38,78</b>	<b>65,80</b>	<b>34,20</b>

Fonte: Autor, 2022.

De acordo com os cálculos do Método CAGFOT a área mais Eficiente e Sustentável é a da PF-TLS, cumprindo o objetivo específico da dissertação. Ao ser analisado o índice de eficiência lhe conferiu 6,79 pontos, a maior pontuação, o que reflete e comprova os dados da Figura 6, Irradiação média anual no MS, onde a área que compreende a Cidade de Três Lagoas possui a maior irradiação média no MS. Os índices, os 27 restantes, que representam a sustentabilidade lhe conferiram um acréscimo de 3,15 pontos, totalizando 9,94 pontos.

A Cidade de Três Lagoas teve o melhor índice de eficiência, do grupo de cidades analisadas, no entanto, o seu resultado deve-se em muito aos índices sustentabilidade, que lhe conferiram 3,15 pontos. A Cidade de Campo Grande, segundo lugar na pontuação geral, obteve 8,11 pontos, menor em 18,41% que a pontuação total de Três Lagoas. O índice que representa a eficiência em Campo Grande foi de 6,24 pontos, menor em 8,1 % que o de Três Lagoas. A soma dos índices de sustentabilidade de Campo Grande foram de 1,87 pontos, menor em 40,63% que o de Três Lagoas.

Portanto, se Campo Grande tivesse obtido um resultado 17,7% maior que a soma dos índices de sustentabilidade alcançados por Três Lagoas, o resultado seria outro, mesmo possuindo uma eficiência menor em 8,1%. O que demonstra que a sustentabilidade poderia ter alterado o resultado, já que na média ela representa 34,2% do resultado.

O resultado na Cidade de Florianópolis, estudo de caso, ficou bem próximo da média geral dos casos analisados. Tanto na pontuação geral, como nos índices que representam a sustentabilidade e no que representa a eficiência. Isso demonstra a versatilidade do método, podendo ser usado em ambiente e localizações diversas.

Conforme PF (2022), a demanda mensal média de toda a Polícia Federal no Estado de Mato Grosso do Sul é em média de 96 MWh/mês, dados do ano de 2021, e o sentimento dentro da engenharia do órgão, segundo a PF (2022), é realizar os investimentos na área disponível em Campo Grande/MS, PF-CGR, onde está demanda pode ser atendida, e que ficou em segundo lugar no Método CAGFOT, no entanto, segundo PF (2022), esta área é de comodato, com prazo de 20 anos e o contrato deu início 2015, faltando somente 13 anos para a expiração. Os resultados do CAGFOT demonstram que é mais viável tanto economicamente, como ambientalmente, e será mais viável a PF conseguir uma área semelhante na Cidade de Três Lagoas/MS, em uma área com características semelhantes a analisada, e com as dimensões necessárias para a produção média mensal que atenda a sua demanda da PF Mato Grosso do Sul.

## 7 CONCLUSÃO

A dissertação apresentou como proposta o desenvolvimento de um método para pontuação e classificação de áreas para a implantação de geração fotovoltaica, no intuito de ser uma ferramenta de implementação do planejamento energético no Brasil. Levando-se em consideração a eficiência na geração de energia e a sustentabilidade, atribuindo pontos as áreas analisadas, e no final dos cálculos e análises, comparar e indicar a área mais eficiente e sustentável para a geração de energia fotovoltaica.

Estabeleceu como objetivo geral o desenvolvimento de uma ferramenta, Método CAGFOT, que utilizasse indicadores de sustentabilidade e eficiência, pesos e pontos desenvolvidos pelo Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018) e pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020). Tais indicadores, pontos e pesos sofreram adaptações no intuito de adequá-los a geração fotovoltaica, haja visto que os mesmos do Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018) foram desenvolvidos para indicar a melhor matriz de geração, de fontes renováveis e não renováveis, para uma determinada área, enquanto a Empresa Caruso (CARUSO, 2020) fez seu desenvolvimento para o uso em um projeto de expansão da rede de transmissão de energia elétrica. O objetivo específico foi aplicar o método criado áreas disponíveis para geração de energia fotovoltaica da Polícia Federal em Mato Grosso do Sul, nas unidades instaladas nas cidades de Campo Grande/MS, Ponta Porã/MS, Dourados/MS, Naviraí/MS, Três Lagoas e Corumbá/MS.

A metodologia de desenvolvimento além de utilizar os dados do Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018) e da Empresa Caruso (CARUSO, 2020), fez uso de diversos softwares, de uso livre, de equações pré-estabelecidas, e utilizou um exemplo prático, passo a passo, para o seu melhor entendimento.

Desenvolvido o Método CAGFOT foi aplicado nas Delegacias da Polícia Federal em Mato Grosso do Sul, e tivemos como resultado como área mais eficiente e sustentável a da área disponível na Cidade de Três Lagoas/MS. Os pontos alcançados pela área foram de 9,94 pontos, dois quais 6,79 pontos por eficiência na produção de energia elétrica, e 3,15 pontos de sustentabilidade. A área apesar de ser uma das menores disponíveis, devido a suas características e sua localização, somada ainda potência total efetiva produzida de 1.114,07 Wh.dia/m<sup>2</sup>, o que vem corroborar com os dados da Figura 6, onde a região de Três lagoas/MS possui uma irradiação de 5,34 kWh.dia/m<sup>2</sup>, a maior irradiação por m<sup>2</sup> no Estado de Mato Grosso do Sul.

O Método CAGFOT vem aprimorar e se apresenta como mais uma ferramenta viável e útil aos analistas que trabalham no planejamento da expansão da geração de energia elétrica, sendo a primeira ferramenta a analisar e comparar, de forma eficiente e sustentável, as opções de áreas para o aproveitamento da luz do Sol.

Como sugestão para trabalhos futuros, propõe-se a elaboração de métodos semelhantes ao CAGFOT, para outras fontes renováveis e não renováveis, para a análise de áreas indicadas para geração de energia elétrica.

## REFERÊNCIAS

ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) - **Mapa dos Empreendimentos de Geração de Energia Elétrica**. - <https://sigel.aneel.gov.br/portal/home/webmap/viewer.html?webmap>. 2021.

ATLAS BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR - **INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. Labren- 2ª Edição. São José dos Campos – SP, 2017.

ATLAS SOLARIMÉTRICO DO BRASIL – **Banco de Dados Solarimétricos**. Editora Universitária da UFPE. Recife – PE, 2000.

BAUMANN, Angélica E., HILL, Robert. **Chapter Environmental Impacts Of Photovol**. Universidade de Nortúmbria. Newcasthe Upon Tyne. Reino Unido, 1994.

BERCOVICI, Gilberto. **Desigualdades regionais, Estado e Constituição**. São Paulo: Max Limonad, 2003.

CANADIAN. **Canadian Solar Inc**. Empresa fabricante de módulos fotovoltaicos solares - CS-Datasheet-BiHiKu7\_CS7N-MB-AG\_v2.4\_EN, 2022.

CANVA. **Plataforma para criação de Pots para Redes Sociais** – <https://www.canva.com/design>, 2021.

CARUSO. Soluções Ambientais Inovadoras. **Caracterização e Análise Socioambiental (R3) da Linha de Transmissão de 500 kV, entre a Cidade de Ponta Grossa a Assis, do Edital do Leilão nº 2/2021-** ANEEL, Brasília, Brasil, 2020.

CRESESB. **Centro de Referências para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito**. – <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>, 2022.

FILHO, Wilson P. B.; FERREIRA, Wemerson R; AZEVEDO, Abílio C. S.; COSTA, Antonella L. C.; PINHEIRO, Ricardo B. – **Expansão da Energia Solar Fotovoltaica no Brasil: Impactos Ambientais e Políticas Públicas**, Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), Universidade Federal de Minas Gerais – Departamento de Engenharia- UFMG; Belo Horizonte, MG. 2015.

FONTES RENOVÁVEIS –**Blog NRGLIMPA** – <http://nrglimpa.blogspot.com/2015/02/as-novas-casas-eco-sustentaveis-terao.html>, 2015.

GLOBAL SOLAR ATLAS – **Atlas of the Global Sun** – Energydata. Info - <https://globalsolaratlas.info/download/world>, 2021.

GOOGLE EARTH – **Programa de computador** – Empresa Google - <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>, 2022.

HELIOSCSP, **Concentrated Solar Power (CSP) Vs Photovoltaic (PV)**.

<https://helioscsp.com/concentrated-solar-power-csp-vs-photovoltaic-pv/>, 2019.

HERNANDES, Rebecca R.; HOFFACKER, Madison K.; MURPHY, Michelle L.; ALLEN, Michael F. - **Impacts of solar energy development on land cover changes and protected areas**. Universidade da Califórnia, Riverside, CA 92521. 2015.

INMET – **Normais Climatológicas do Brasil 1991- 2020, temperatura média C°** - <https://portal.inmet.gov.br/uploads/normais/> 2022

JUNIOR, Amaro O. P; MORAES, Rafael C.; TAVARES, Maíra; FILHO, Marciano M.; FURTADO, Ricardo C.; FURTADO, Marcelo G.; PESSANHA, Francisco M. - **Inserindo variáveis socioambientais no planejamento da expansão do setor elétrico**. PPE/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil. 2020.

MASCH, Dr. Andrew – **3D-SUN-PATH** - Software - Demonstrando a relação entre localização geográfica e posição solar, <http://andrewmarsh.com/software>, 2022.

OUR WORD IN DATA. **Our Word in Data based on BP Statistical Review of World Energy & Ember** - 2021- <https://ourworldindata.org/grapher/electricity-prod-source-stacked>.

PF – Polícia Federal. **Organograma** – Unidades centrais. Disponível em: <https://www.gov.br/pf/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/estrutura>. Acesso em: ago. 2022.

PLANETE ENERGIES. **Electricity Generation and Related CO2 Emissions** – <https://www.planete-energies.com/en/medias/close/electricity-generation-and-related-co2-emissions> - 2016.

PORTAL SOLAR. **Portal de energia solar do Brasil**– Grupo Votorantim <https://www.portalsolar.com.br/>, 2022.

PVSYST. **Software PVsyst** - <https://www.pvsyst.com/>, 2022.

QUEM INOVA – **Catraca Livre** – Instituto SEB - <https://catracalivre.com.br/quem-inova/mata-cafe-e-pasto-recuperam-area-de-extracao-de-bauxita/>. 2019.

SINAPSE – PROJETO SINAPSE – **Inclusão da Variável Ambiental no Planejamento Elétrico**. ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica, CEC – Companhia Energética Candeias, 2018.

SOLAR VIEW – **Empresa de gestão e monitoramento de unidades de geração fotovoltaica**. <https://solarview.com.br/espacamento-entre-modulos-fotovoltaicos>, 2022.

SOUZA, Ronilson Di – **Introdução aos Sistemas de Energia Solar Fotovoltaica** – Livro <https://www.blue-sol.com.br>, 2019.

**TOYOTA – Toyota Motor Corporation fabricante automotivo.**

<https://www.toyota.com.br/modelos/hilux-cabine-dupla/comparativo/>, 2022.

**VILAS BÔAS, Eduardo de S. Avaliação da Viabilidade Econômica para Geração Solar Fotovoltaica no Mato Grosso do Sul.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado) – Pós-graduação *lato sensu* em Eficiência Energética e Sustentabilidade, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande/MS, 2019.

## Anexo A – Tabela K

<b>Cód.</b>	<b>Latitude</b>	<b>Inclinação</b>	<b>Janeiro</b>	<b>Fevereiro</b>	<b>Março</b>	<b>Abril</b>	<b>Mai</b>	<b>Junho</b>	<b>Julho</b>	<b>Agosto</b>	<b>Setembro</b>	<b>Outubro</b>	<b>Novembro</b>	<b>Dezembro</b>	<b>Média</b>
0,00	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0,917
0,05	0	5	0,97	0,98	1	1,01	1,02	1,02	1,02	1,01	1	0,98	0,97	0,96	0,995
0,10	0	10	0,93	0,95	0,99	1,02	1,04	1,04	1,03	1,01	0,99	0,96	0,93	0,92	0,984
0,15	0	15	0,88	0,92	0,97	1,02	1,05	1,05	1,04	1,01	0,97	0,92	0,88	0,87	0,965
0,20	0	20	0,83	0,88	0,95	1,01	1,05	1,06	1,04	1	0,95	0,88	0,83	0,81	0,941
0,25	0	25	0,77	0,83	0,92	0,99	1,04	1,06	1,03	0,99	0,92	0,84	0,77	0,75	0,909
0,30	0	30	0,7	0,78	0,88	0,97	1,03	1,05	1,02	0,97	0,88	0,79	0,71	0,68	0,872
0,35	0	35	0,64	0,72	0,84	0,94	1,02	1,03	1	0,94	0,84	0,74	0,64	0,61	0,830
0,40	0	40	0,56	0,66	0,79	0,91	0,99	1,01	0,98	0,9	0,8	0,68	0,57	0,53	0,782
0,45	0	45	0,49	0,59	0,73	0,87	0,96	0,98	0,95	0,87	0,75	0,61	0,5	0,45	0,729
0,50	0	50	0,41	0,52	0,68	0,82	0,92	0,95	0,91	0,82	0,69	0,54	0,42	0,37	0,671
0,55	0	55	0,33	0,45	0,61	0,77	0,88	0,91	0,87	0,77	0,63	0,47	0,34	0,28	0,609
0,60	0	60	0,24	0,37	0,55	0,71	0,83	0,86	0,82	0,72	0,57	0,4	0,26	0,2	0,544
0,65	0	65	0,16	0,3	0,48	0,65	0,77	0,81	0,77	0,66	0,5	0,32	0,18	0,13	0,478
0,70	0	70	0,11	0,22	0,4	0,59	0,72	0,75	0,71	0,6	0,43	0,25	0,13	0,12	0,419
0,75	0	75	0,11	0,13	0,33	0,52	0,65	0,69	0,65	0,53	0,36	0,17	0,12	0,11	0,364
0,80	0	80	0,1	0,1	0,25	0,45	0,58	0,63	0,58	0,47	0,29	0,13	0,12	0,1	0,317
0,85	0	85	0,09	0,09	0,17	0,37	0,51	0,56	0,52	0,4	0,21	0,12	0,11	0,1	0,271
0,90	0	90	0,08	0,08	0,09	0,29	0,44	0,49	0,45	0,32	0,14	0,11	0,1	0,09	0,223
1,00	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,000
1,05	1	5	0,97	0,98	1	1,01	1,02	1,03	1,02	1,01	1	0,98	0,97	0,96	0,996
1,10	1	10	0,93	0,96	0,99	1,02	1,04	1,04	1,03	1,02	0,99	0,96	0,93	0,92	0,986
1,15	1	15	0,88	0,92	0,97	1,02	1,05	1,06	1,04	1,01	0,97	0,93	0,89	0,87	0,968
1,20	1	20	0,83	,88,	0,95	1,01	1,05	1,06	1,04	1,01	0,95	0,89	0,84	0,81	0,949

1,25	1	25	0,77	0,84	0,92	1	1,05	1,06	1,04	0,99	0,92	0,85	0,78	0,75	0,914
1,30	1	30	0,71	0,79	0,89	0,98	1,04	1,05	1,03	0,97	0,89	0,8	0,72	0,69	0,880
1,35	1	35	0,65	0,73	0,84	0,95	1,02	1,04	1,01	0,95	0,85	0,74	0,65	0,62	0,838
1,40	1	40	0,57	0,67	0,8	0,92	1	1,02	0,98	0,91	0,81	0,69	0,58	0,54	0,791
1,45	1	45	0,5	0,61	0,74	0,88	0,97	0,99	0,95	0,87	0,76	0,62	0,51	0,46	0,738
1,50	1	50	0,42	0,54	0,69	0,83	0,93	0,96	0,92	0,83	0,7	0,56	0,43	0,38	0,683
1,55	1	55	0,34	0,46	0,63	0,78	0,89	0,92	0,88	0,78	0,64	0,49	0,35	0,3	0,622
1,60	1	60	0,26	0,39	0,56	0,73	0,84	0,87	0,83	0,73	0,58	0,41	0,27	0,21	0,557
1,65	1	65	0,17	0,31	0,49	0,66	0,79	0,82	0,78	0,67	0,51	0,34	0,19	0,13	0,488
1,70	1	70	0,11	0,23	0,42	0,6	0,73	0,77	0,72	0,61	0,45	0,26	0,13	0,12	0,429
1,75	1	75	0,11	0,15	0,34	0,53	0,67	0,71	0,66	0,55	0,37	0,18	0,12	0,11	0,375
1,80	1	80	0,1	0,1	0,26	0,46	0,6	0,64	0,6	0,48	0,3	0,13	0,11	0,1	0,323
1,85	1	85	0,09	0,09	0,19	0,39	0,53	0,58	0,53	0,41	0,23	0,12	0,11	0,1	0,281
1,90	1	90	0,08	0,08	0,011	0,31	0,46	0,51	0,46	0,34	0,15	0,11	0,1	0,09	0,225
2,00	2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,000
2,05	2	5	0,97	0,98	1	1,02	1,02	1,03	1,02	1,01	1	0,98	0,97	0,96	0,997
2,10	2	10	0,93	0,96	0,99	1,02	1,04	1,05	1,04	1,02	0,99	0,96	0,93	0,92	0,988
2,15	2	15	0,89	0,93	0,98	1,02	1,05	1,06	1,05	1,02	0,98	0,93	0,89	0,87	0,973
2,20	2	20	0,84	,89,	0,96	1,02	1,06	1,07	1,05	1,01	0,96	0,89	0,84	0,82	0,956
2,25	2	25	0,78	0,84	0,93	1,01	1,06	1,07	1,04	1	0,93	0,85	0,79	0,76	0,922
2,30	2	30	0,72	0,8	0,89	0,99	1,05	1,06	1,03	0,98	0,9	0,8	0,73	0,69	0,887
2,35	2	35	0,65	0,74	0,85	0,96	1,03	1,05	1,02	0,95	0,86	0,75	0,66	0,62	0,845
2,40	2	40	0,58	0,68	0,81	0,93	1,01	1,03	0,99	0,92	0,81	0,69	0,59	0,55	0,799
2,45	2	45	0,51	0,62	0,75	0,89	0,98	1	0,96	0,88	0,77	0,63	0,52	0,47	0,748
2,50	2	50	0,43	0,55	0,7	0,84	0,94	0,97	0,93	0,84	0,71	0,57	0,45	0,39	0,693
2,55	2	55	0,35	0,48	0,64	0,79	0,9	0,93	0,89	0,79	0,65	0,5	0,37	0,31	0,633
2,60	2	60	0,27	0,4	0,57	0,74	0,85	0,88	0,84	0,74	0,59	0,42	0,29	0,23	0,568
2,65	2	65	0,19	0,32	0,5	0,68	0,8	0,84	0,79	0,68	0,53	0,35	0,2	0,14	0,502
2,70	2	70	0,11	0,24	0,43	0,61	0,74	0,78	0,73	0,62	0,46	0,27	0,13	0,12	0,437
2,75	2	75	0,11	0,16	0,36	0,55	0,68	0,72	0,67	0,56	0,39	0,19	0,12	0,11	0,385

2,80	2	80	0,1	0,1	0,28	0,47	0,61	0,66	0,61	0,49	0,31	0,13	0,11	0,1	0,331
2,85	2	85	0,09	0,09	0,2	0,4	0,54	0,59	0,54	0,42	0,24	0,12	0,11	0,1	0,287
2,90	2	90	0,08	0,08	0,012	0,32	0,47	0,52	0,47	0,35	0,16	0,11	0,1	0,09	0,230
3,00	3	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,000
3,05	3	5	0,97	0,98	1	1,02	1,03	1,03	1,02	1,01	1	0,98	0,97	0,94	0,996
3,10	3	10	0,93	0,96	0,99	1,03	1,05	1,05	1,04	1,02	0,99	0,96	0,94	0,93	0,991
3,15	3	15	0,89	0,93	0,98	1,03	1,06	1,06	1,05	1,02	0,98	0,93	0,89	0,88	0,975
3,20	3	20	0,84	0,89	0,96	1,02	1,06	1,07	1,05	1,02	0,96	0,9	0,85	0,83	0,954
3,25	3	25	0,79	0,85	0,93	1,01	1,06	1,07	1,05	1	0,94	0,86	0,79	0,77	0,927
3,30	3	30	0,73	0,8	0,9	0,99	1,05	1,07	1,04	0,98	0,9	0,81	0,74	0,7	0,893
3,35	3	35	0,66	0,75	0,86	0,97	1,04	1,05	1,02	0,96	0,87	0,76	0,67	0,63	0,853
3,40	3	40	0,59	0,69	0,82	0,94	1,02	1,04	1	0,93	0,82	0,7	0,6	0,56	0,809
3,45	3	45	0,52	0,63	0,76	0,9	0,99	1,01	0,97	0,89	0,77	0,64	0,53	0,49	0,758
3,50	3	50	0,44	0,56	0,71	0,85	0,95	0,98	0,94	0,85	0,72	0,58	0,46	0,41	0,704
3,55	3	55	0,37	0,49	0,65	0,81	0,91	0,94	0,9	0,8	0,66	0,51	0,38	0,32	0,645
3,60	3	60	0,28	0,41	0,58	0,75	0,87	0,9	0,85	0,75	0,6	0,44	0,3	0,24	0,581
3,65	3	65	0,2	0,34	0,52	0,69	0,81	0,85	0,8	0,69	0,54	0,36	0,22	0,16	0,515
3,70	3	70	0,12	0,26	0,44	0,63	0,76	0,79	0,75	0,63	0,47	0,29	0,14	0,12	0,450
3,75	3	75	0,1	0,18	0,37	0,56	0,69	0,73	0,69	0,57	0,4	0,21	0,12	0,11	0,394
3,80	3	80	0,1	0,1	0,29	0,49	0,63	0,67	0,62	0,5	0,33	0,13	0,11	0,1	0,339
3,85	3	85	0,09	0,09	0,22	0,41	0,56	0,6	0,56	0,43	0,25	0,12	0,11	0,1	0,295
3,90	3	90	0,08	0,08	0,14	0,34	0,49	0,53	0,49	0,36	0,18	0,11	0,1	0,09	0,249
4,00	4	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,000
4,05	4	5	0,97	0,98	1	1,02	1,03	1,03	1,02	1,01	1	0,99	0,97	0,97	0,999
4,10	4	10	0,94	0,96	1	1,03	1,05	1,05	1,04	1,02	1	0,96	0,94	0,93	0,993
4,15	4	15	0,9	0,93	0,98	1,03	1,06	1,07	1,05	1,02	0,98	0,94	0,9	0,88	0,978
4,20	4	20	0,85	0,9	0,96	1,03	1,07	1,08	1,06	1,02	0,97	0,9	0,85	0,83	0,960
4,25	4	25	0,8	0,86	0,94	1,02	1,07	1,08	1,05	1,01	0,94	0,86	0,8	0,77	0,933
4,30	4	30	0,74	0,81	0,91	1	1,06	1,07	1,05	0,99	0,91	0,82	0,74	0,71	0,901
4,35	4	35	0,67	0,76	0,87	0,98	1,05	1,06	1,03	0,97	0,87	0,77	0,68	0,64	0,863

4,40	4	40	0,6	0,7	0,82	0,95	1,03	1,04	1,01	0,94	0,83	0,71	0,61	0,57	0,818
4,45	4	45	0,53	0,64	0,77	0,91	1	1,02	0,98	0,9	0,78	0,65	0,54	0,5	0,768
4,50	4	50	0,46	0,57	0,72	0,87	0,97	0,99	0,95	0,86	0,73	0,59	0,47	0,42	0,717
4,55	4	55	0,38	0,5	0,66	0,82	0,93	0,95	0,91	0,81	0,67	0,52	0,39	0,34	0,657
4,60	4	60	0,3	0,43	0,6	0,76	0,88	0,91	0,86	0,76	0,61	0,45	0,31	0,25	0,593
4,65	4	65	0,22	0,35	0,53	0,7	0,83	0,86	0,81	0,71	0,55	0,37	0,23	0,17	0,528
4,70	4	70	0,13	0,27	0,46	0,64	0,77	0,81	0,76	0,65	0,48	0,3	0,15	0,12	0,462
4,75	4	75	0,1	0,19	0,38	0,57	0,71	0,75	0,7	0,58	0,41	0,22	0,12	0,11	0,403
4,80	4	80	0,1	0,11	0,31	0,5	0,64	0,69	0,64	0,52	0,34	0,14	0,11	0,1	0,350
4,85	4	85	0,09	0,09	0,23	0,43	0,57	0,62	0,57	0,45	0,26	0,12	0,1	0,09	0,302
4,90	4	90	0,08	0,08	0,15	0,35	0,5	0,55	0,5	0,37	0,19	0,11	0,1	0,09	0,256
5,00	5	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,000
5,05	5	5	0,97	0,99	1	1,02	1,03	1,03	1,02	1,02	1	0,99	0,97	0,97	1,001
5,10	5	10	0,94	0,97	1	1,03	1,05	1,05	1,04	1,02	1	0,97	0,94	0,93	0,995
5,15	5	15	0,9	0,94	0,99	1,04	1,07	1,07	1,06	1,03	0,99	0,94	0,9	0,89	0,985
5,20	5	20	0,85	0,9	0,97	1,03	1,07	1,08	1,06	1,02	0,97	0,91	0,86	0,84	0,963
5,25	5	25	0,8	0,86	0,95	1,02	1,08	1,08	1,06	1,01	0,95	0,87	0,81	0,78	0,939
5,30	5	30	0,74	0,82	0,91	1,01	1,07	1,08	1,05	1	0,92	0,83	0,75	0,72	0,908
5,35	5	35	0,68	0,77	0,88	0,98	1,06	1,07	1,04	0,97	0,88	0,78	0,69	0,65	0,871
5,40	5	40	0,61	0,71	0,83	0,96	1,04	1,05	1,02	0,94	0,84	0,72	0,62	0,58	0,827
5,45	5	45	0,54	0,65	0,78	0,92	1,01	1,03	0,99	0,91	0,79	0,66	0,55	0,51	0,778
5,50	5	50	0,47	0,58	0,73	0,88	0,98	1	0,96	0,87	0,74	0,6	0,48	0,43	0,727
5,55	5	55	0,39	0,51	0,67	0,83	0,94	0,96	0,92	0,82	0,68	0,53	0,4	0,35	0,667
5,60	5	60	0,31	0,44	0,61	0,78	0,89	0,92	0,87	0,77	0,62	0,46	0,33	0,27	0,606
5,65	5	65	0,23	0,36	0,54	0,72	0,84	0,87	0,82	0,72	0,56	0,39	0,25	0,18	0,540
5,70	5	70	0,15	0,28	0,47	0,66	0,79	0,82	0,77	0,66	0,49	0,31	0,16	0,12	0,473
5,75	5	75	0,1	0,21	0,4	0,59	0,72	0,76	0,71	0,59	0,42	0,23	0,12	0,11	0,413
5,80	5	80	0,1	0,13	0,32	0,52	0,66	0,7	0,65	0,53	0,35	0,16	0,11	0,1	0,361
5,85	5	85	0,09	0,09	0,24	0,44	0,59	0,63	0,58	0,46	0,28	0,12	0,1	0,09	0,309
5,90	5	90	0,08	0,08	0,16	0,37	0,52	0,56	0,51	0,39	0,2	0,11	0,1	0,09	0,264

6,00	6	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,000
6,05	6	5	0,97	0,99	1	1,02	1,03	1,03	1	1,02	1	0,99	0,98	0,97	1,003
6,10	6	10	0,94	0,97	1	1,03	1,05	1,06	1,05	1,03	1	0,97	0,94	0,93	0,998
6,15	6	15	0,9	0,94	0,99	1,04	1,07	1,07	1,06	1,03	0,99	0,94	0,91	0,89	0,986
6,20	6	20	0,86	0,91	0,97	1,04	1,08	1,09	1,07	1,03	0,97	0,91	0,86	0,84	0,969
6,25	6	25	0,81	0,87	0,95	1,03	1,08	1,09	1,06	1,02	0,95	0,88	0,81	0,79	0,945
6,30	6	30	0,75	0,82	0,92	1,01	1,08	1,09	1,06	1	0,92	0,83	0,76	0,73	0,914
6,35	6	35	0,69	0,77	0,89	0,99	1,07	1,08	1,04	0,98	0,89	0,78	0,7	0,66	0,878
6,40	6	40	0,62	0,72	0,84	0,96	1,05	1,06	1,03	0,95	0,85	0,73	0,63	0,59	0,836
6,45	6	45	0,55	0,66	0,79	0,93	1,02	1,04	1	0,92	0,8	0,67	0,56	0,52	0,788
6,50	6	50	0,48	0,59	0,74	0,89	0,99	1,01	0,97	0,88	0,75	0,61	0,49	0,44	0,737
6,55	6	55	0,4	0,52	0,68	0,84	0,95	0,98	0,93	0,83	0,7	0,54	0,42	0,36	0,679
6,60	6	60	0,33	0,45	0,62	0,79	0,91	0,93	0,89	0,78	0,64	0,47	0,34	0,28	0,619
6,65	6	65	0,24	0,38	0,55	0,73	0,86	0,89	0,84	0,73	0,57	0,4	0,26	0,2	0,554
6,70	6	70	0,16	0,3	0,48	0,67	0,8	0,83	0,78	0,67	0,5	0,32	0,18	0,12	0,484
6,75	6	75	0,1	0,22	0,41	0,6	0,74	0,78	0,72	0,61	0,44	0,25	0,12	0,11	0,425
6,80	6	80	0,1	0,14	0,34	0,53	0,67	0,71	0,66	0,54	0,36	0,17	0,11	0,1	0,369
6,85	6	85	0,09	0,09	0,26	0,46	0,6	0,65	0,6	0,47	0,29	0,12	0,1	0,09	0,318
6,90	6	90	0,08	0,08	0,18	0,38	0,53	0,58	0,53	0,4	0,21	0,11	0,1	0,09	0,273
7,00	7	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,000
7,05	7	5	0,99	0,99	1,01	1,02	1,03	1,03	1,03	1,02	1	0,99	0,98	0,97	1,005
7,10	7	10	0,97	0,97	1	1,04	1,06	1,06	1,05	1,03	1	0,97	0,95	0,94	1,003
7,15	7	15	0,95	0,95	0,99	1,04	1,07	1,08	1,06	1,03	0,99	0,95	0,91	0,89	0,993
7,20	7	20	0,91	0,91	0,98	1,04	1,08	1,09	1,07	1,03	0,98	0,92	0,87	0,85	0,978
7,25	7	25	0,88	0,88	0,96	1,04	1,09	1,1	1,07	1,02	0,96	0,88	0,82	0,79	0,958
7,30	7	30	0,83	0,83	0,93	1,02	1,08	1,1	1,06	1,01	0,93	0,84	0,77	0,73	0,928
7,35	7	35	0,78	0,78	0,89	1	1,07	1,09	1,05	0,99	0,9	0,79	0,71	0,67	0,893
7,40	7	40	0,73	0,73	0,85	0,97	1,06	1,07	1,03	0,96	0,86	0,74	0,64	0,6	0,853
7,45	7	45	0,67	0,67	0,81	0,94	1,03	1,05	1,01	0,93	0,81	0,68	0,57	0,53	0,808
7,50	7	50	0,6	0,6	0,75	0,9	1	1,02	0,98	0,89	0,76	0,62	0,5	0,45	0,756

7,55	7	55	0,54	0,54	0,7	0,85	0,96	0,99	0,94	0,84	0,71	0,55	0,43	0,38	0,703
7,60	7	60	0,46	0,46	0,63	0,8	0,92	0,95	0,9	0,79	0,65	0,48	0,35	0,3	0,641
7,65	7	65	0,39	0,39	0,57	0,75	0,87	0,9	0,85	0,74	0,58	0,41	0,27	0,21	0,578
7,70	7	70	0,31	0,31	0,5	0,68	0,81	0,85	0,8	0,68	0,52	0,34	0,19	0,13	0,510
7,75	7	75	0,23	0,23	0,42	0,62	0,75	0,79	0,74	0,62	0,45	0,26	0,12	0,11	0,445
7,80	7	80	0,15	0,15	0,35	0,55	0,69	0,73	0,68	0,55	0,38	0,18	0,11	0,1	0,385
7,85	7	85	0,09	0,09	0,27	0,47	0,62	0,66	0,61	0,48	0,3	0,12	0,1	0,09	0,325
7,90	7	90	0,08	0,08	0,19	0,4	0,55	0,59	0,54	0,41	0,23	0,11	0,09	0,09	0,280
8,00	8	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,000
8,05	8	5	0,98	0,99	1,01	1,02	1,03	1,03	1,03	1,02	1,01	0,99	0,98	0,97	1,005
8,10	8	10	0,95	0,97	1,01	1,04	1,06	1,06	1,05	1,03	1	0,97	0,95	0,94	1,003
8,15	8	15	0,91	0,95	1	1,05	1,08	1,08	1,07	1,04	1	0,95	0,91	0,9	0,995
8,20	8	20	0,87	0,92	0,98	1,05	1,09	1,1	1,07	1,04	0,98	0,92	0,87	0,85	0,978
8,25	8	25	0,82	0,88	0,96	1,04	1,09	1,1	1,08	1,03	0,96	0,89	0,83	0,8	0,957
8,30	8	30	0,77	0,84	0,94	1,03	1,09	1,1	1,07	1,02	0,94	0,85	0,77	0,74	0,930
8,35	8	35	0,71	0,79	0,9	1,01	1,08	1,1	1,06	1	0,9	0,8	0,72	0,68	0,896
8,40	8	40	0,64	0,74	0,86	0,98	1,07	1,08	1,04	0,97	0,86	0,75	0,65	0,61	0,854
8,45	8	45	0,58	0,68	0,82	0,95	1,04	1,06	1,02	0,94	0,82	0,69	0,59	0,54	0,811
8,50	8	50	0,5	0,61	0,76	0,91	1,01	1,03	0,99	0,9	0,77	0,63	0,51	0,47	0,758
8,55	8	55	0,43	0,55	0,71	0,87	0,98	1	0,95	0,85	0,72	0,56	0,44	0,39	0,704
8,60	8	60	0,35	0,48	0,65	0,82	0,93	0,96	0,91	0,81	0,66	0,49	0,36	0,31	0,644
8,65	8	65	0,27	0,4	0,58	0,76	0,88	0,91	0,86	0,75	0,59	0,42	0,29	0,23	0,578
8,70	8	70	0,19	0,33	0,51	0,7	0,83	0,86	0,81	0,69	0,53	0,35	0,21	0,14	0,513
8,75	8	75	0,11	0,25	0,44	0,63	0,77	0,81	0,75	0,63	0,46	0,27	0,12	0,11	0,446
8,80	8	80	0,1	0,17	0,36	0,56	0,7	0,74	0,69	0,57	0,39	0,2	0,11	0,1	0,391
8,85	8	85	0,09	0,09	0,29	0,49	0,64	0,68	0,62	0,5	0,32	0,12	0,1	0,09	0,336
8,90	8	90	0,08	0,08	0,21	0,41	0,56	0,61	0,56	0,43	0,24	0,11	0,09	0,09	0,289
9,00	9	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,000
9,05	9	5	0,98	0,99	1,01	1,02	1,03	1,03	1,03	1,02	1,01	0,99	0,98	0,97	1,005
9,10	9	10	0,95	0,98	1,01	1,04	1,06	1,06	1,05	1,03	1,01	0,98	0,95	0,94	1,005

9,15	9	15	0,92	0,95	1	1,05	1,08	1,09	1,07	1,04	1	0,96	0,92	0,9	0,998
9,20	9	20	0,88	0,92	0,99	1,05	1,09	1,1	1,08	1,04	0,99	0,93	0,88	0,86	0,984
9,25	9	25	0,83	0,89	0,97	1,05	1,1	1,11	1,08	1,03	0,97	0,89	0,83	0,81	0,963
9,30	9	30	0,78	0,85	0,94	1,04	1,1	1,11	1,08	1,02	0,94	0,85	0,78	0,75	0,937
9,35	9	35	0,72	0,8	0,91	1,02	1,09	1,1	1,07	1	0,91	0,81	0,72	0,69	0,903
9,40	9	40	0,65	0,75	0,87	0,99	1,08	1,09	1,05	0,98	0,87	0,76	0,66	0,62	0,864
9,45	9	45	0,59	0,69	0,83	0,96	1,05	1,07	1,03	0,95	0,83	0,7	0,6	0,55	0,821
9,50	9	50	0,52	0,63	0,77	0,92	1,02	1,04	1	0,91	0,78	0,64	0,53	0,48	0,770
9,55	9	55	0,44	0,546	0,72	0,88	0,99	1,01	0,96	0,876	0,73	0,57	0,45	0,4	0,714
9,60	9	60	0,36	0,49	0,66	0,83	0,95	0,97	0,92	0,82	0,67	0,51	0,38	0,32	0,657
9,65	9	65	0,29	0,42	0,59	0,77	0,9	0,93	0,87	0,76	0,61	0,44	0,3	0,24	0,593
9,70	9	70	0,2	0,34	0,52	0,71	0,84	0,88	0,82	0,71	0,54	0,36	0,22	0,16	0,525
9,75	9	75	0,12	0,26	0,45	0,65	0,78	0,82	0,76	0,64	0,47	0,29	0,14	0,11	0,458
9,80	9	80	0,1	0,18	0,38	0,58	0,72	0,76	0,7	0,58	0,4	0,21	0,11	0,1	0,402
9,85	9	85	0,09	0,1	0,3	0,5	0,65	0,69	0,64	0,51	0,33	0,13	0,1	0,09	0,344
9,90	9	90	0,08	0,08	0,22	0,43	0,58	0,62	0,57	0,44	0,25	0,11	0,09	0,08	0,296
10,00	10	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,000
10,05	10	5	0,98	0,99	1,01	1,03	1,04	1,04	1,03	1,02	1,01	0,99	0,98	0,98	1,008
10,10	10	10	0,95	0,98	1,01	1,04	1,06	1,07	1,05	1,04	1,01	0,98	0,95	0,94	1,007
10,15	10	15	0,92	0,96	1,01	1,05	1,09	1,09	1,07	1,04	1	0,96	0,92	0,91	1,002
10,20	10	20	0,88	0,93	0,99	1,06	1,1	1,11	1,08	1,04	0,99	0,94	0,88	0,86	0,988
10,25	10	25	0,83	0,89	0,98	1,06	1,11	1,11	1,09	1,04	0,97	0,9	0,84	0,81	0,969
10,30	10	30	0,78	0,85	0,95	1,05	1,11	1,12	1,08	1,03	0,95	0,87	0,79	0,76	0,945
10,35	10	35	0,73	0,81	0,92	1,03	1,1	1,11	1,08	1,01	0,92	0,82	0,73	0,7	0,913
10,40	10	40	0,66	0,76	0,88	1	1,09	1,1	1,06	0,99	0,88	0,77	0,67	0,63	0,874
10,45	10	45	0,6	0,7	0,84	0,97	1,07	1,08	1,04	0,95	0,84	0,72	0,61	0,56	0,832
10,50	10	50	0,53	0,64	0,79	0,94	1,04	1,06	1,01	0,92	0,79	0,66	0,54	0,49	0,784
10,55	10	55	0,45	0,57	0,73	0,89	1	1,02	0,97	0,88	0,74	0,6	0,46	0,41	0,727
10,60	10	60	0,38	0,5	0,67	0,84	0,96	0,99	0,93	0,83	0,68	0,53	0,39	0,34	0,670
10,65	10	65	0,3	0,43	0,61	0,79	0,91	0,94	0,89	0,78	0,62	0,46	0,31	0,26	0,608

10,70	10	70	0,22	0,35	0,54	0,73	0,86	0,89	0,83	0,72	0,55	0,39	0,23	0,17	0,540
10,75	10	75	0,14	0,28	0,47	0,66	0,8	0,84	0,78	0,66	0,49	0,31	0,15	0,11	0,474
10,80	10	80	0,09	0,2	0,39	0,59	0,74	0,77	0,72	0,59	0,41	0,24	0,11	0,1	0,413
10,85	10	85	0,09	0,12	0,32	0,52	0,67	0,71	0,65	0,52	0,34	0,16	0,1	0,09	0,358
10,90	10	90	0,08	0,08	0,24	0,44	0,6	0,64	0,58	0,45	0,27	0,11	0,09	0,08	0,305
11,00	11	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,000
11,05	11	5	0,98	0,99	1,01	1,03	1,04	1,04	1,03	1,02	1,01	0,99	0,98	0,98	1,008
11,10	11	10	0,96	0,98	1,01	1,05	1,07	1,07	1,06	1,04	1,01	0,98	0,96	0,95	1,012
11,15	11	15	0,92	0,96	1,01	1,06	1,09	1,09	1,08	1,05	1,01	0,96	0,93	0,91	1,006
11,20	11	20	0,89	0,93	1	1,06	1,11	1,11	1,09	1,05	1	0,94	0,89	0,87	0,995
11,25	11	25	0,84	0,9	0,98	1,06	1,11	1,12	1,09	1,05	0,98	0,9	0,84	0,82	0,974
11,30	11	30	0,79	0,86	0,96	1,05	1,12	1,12	1,09	1,03	0,95	0,87	0,8	0,77	0,951
11,35	11	35	0,73	0,82	0,93	1,04	1,11	1,12	1,08	1,02	0,92	0,82	0,74	0,71	0,920
11,40	11	40	0,67	0,77	0,89	1,01	1,1	1,11	1,07	0,99	0,89	0,77	0,68	0,64	0,883
11,45	11	45	0,61	0,71	0,85	0,98	1,08	1,09	1,05	0,96	0,85	0,72	0,62	0,57	0,841
11,50	11	50	0,54	0,65	0,8	0,95	1,05	1,07	1,02	0,93	0,8	0,66	0,55	0,5	0,793
11,55	11	55	0,47	0,58	0,74	0,9	1,01	1,04	0,98	0,89	0,75	0,6	0,48	0,43	0,739
11,60	11	60	0,39	0,51	0,68	0,86	0,97	1	0,94	0,84	0,69	0,53	0,4	0,35	0,680
11,65	11	65	0,31	0,44	0,62	0,8	0,93	0,95	0,9	0,79	0,63	0,46	0,33	0,27	0,619
11,70	11	70	0,23	0,37	0,55	0,74	0,87	0,91	0,85	0,73	0,57	0,39	0,25	0,19	0,554
11,75	11	75	0,15	0,29	0,48	0,68	0,82	0,85	0,79	0,67	0,5	0,31	0,17	0,11	0,485
11,80	11	80	0,09	0,21	0,41	0,61	0,75	0,79	0,73	0,61	0,43	0,24	11	0,1	1,331
11,85	11	85	0,09	0,13	0,33	0,54	0,69	0,73	0,67	0,54	0,35	0,16	0,1	0,09	0,368
11,90	11	90	0,08	0,08	0,25	0,46	0,61	0,66	0,6	0,47	0,28	0,11	0,09	0,08	0,314
12,00	12	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,000
12,05	12	5	0,96	0,97	0,98	1	1,01	1,02	1,03	1,02	1,01	1	0,98	0,97	0,996
12,10	12	10	0,92	0,93	0,95	0,99	1,02	1,04	1,06	1,03	1,01	0,99	0,96	0,93	0,986
12,15	12	15	0,87	0,88	0,92	0,97	1,02	1,05	1,08	1,04	1,01	0,97	0,92	0,88	0,968
12,20	12	20	0,81	0,83	,88,	0,95	1,01	1,05	1,09	1,04	1	0,95	0,88	0,83	0,949
12,25	12	25	0,75	0,77	0,83	0,92	0,99	1,04	1,1	1,03	0,99	0,92	0,84	0,77	0,913

12,30	12	30	0,68	0,7	0,78	0,88	0,97	1,03	1,1	1,02	0,97	0,88	0,79	0,71	0,876
12,35	12	35	0,61	0,64	0,72	0,84	0,94	1,02	1,09	1	0,94	0,84	0,74	0,64	0,835
12,40	12	40	0,53	0,56	0,66	0,79	0,91	0,99	1,08	0,98	0,9	0,8	0,68	0,57	0,788
12,45	12	45	0,45	0,49	0,59	0,73	0,87	0,96	1,06	0,95	0,87	0,75	0,61	0,5	0,736
12,50	12	50	0,37	0,41	0,52	0,68	0,82	0,92	1,03	0,91	0,82	0,69	0,54	0,42	0,678
12,55	12	55	0,28	0,33	0,45	0,61	0,77	0,88	1	0,87	0,77	0,63	0,47	0,34	0,617
12,60	12	60	0,2	0,24	0,37	0,55	0,71	0,83	0,96	0,82	0,72	0,57	0,4	0,26	0,553
12,65	12	65	0,13	0,16	0,3	0,48	0,65	0,77	0,91	0,77	0,66	0,5	0,32	0,18	0,486
12,70	12	70	0,12	0,11	0,22	0,4	0,59	0,72	0,86	0,71	0,6	0,43	0,25	0,13	0,428
12,75	12	75	0,11	0,11	0,13	0,33	0,52	0,65	0,81	0,65	0,53	0,36	0,17	0,12	0,374
12,80	12	80	0,1	0,1	0,1	0,25	0,45	0,58	0,74	0,58	0,47	0,29	0,13	0,12	0,326
12,85	12	85	0,1	0,09	0,09	0,17	0,37	0,51	0,68	0,52	0,4	0,21	0,12	0,11	0,281
12,90	12	90	0,09	0,08	0,08	0,09	0,29	0,44	0,61	0,45	0,32	0,14	0,11	0,1	0,233
13,00	13	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,000
13,05	13	5	0,98	1	1,01	1,03	1,04	1,04	1,03	1,02	1,01	1	0,98	0,98	1,010
13,10	13	10	0,96	0,99	1,02	1,05	1,07	1,07	1,06	1,04	1,02	0,99	0,96	0,95	1,015
13,15	13	15	0,93	0,97	1,02	1,07	1,1	1,1	1,08	1,05	1,01	0,97	0,93	0,92	1,013
13,20	13	20	0,9	0,94	1,01	1,07	1,12	1,12	1,1	1,06	1	0,95	0,9	0,88	1,004
13,25	13	25	0,85	0,91	0,99	1,08	1,13	1,13	1,1	1,06	0,99	0,92	0,86	0,83	0,988
13,30	13	30	0,81	0,88	0,97	1,07	1,13	1,14	1,1	1,05	0,97	0,88	0,81	0,78	0,966
13,35	13	35	0,75	0,83	0,94	1,05	1,13	1,14	1,1	1,03	0,94	0,84	0,76	0,72	0,936
13,40	13	40	0,69	0,78	0,91	1,03	1,12	1,13	1,09	1,01	0,91	0,79	0,7	0,66	0,902
13,45	13	45	0,63	0,73	0,87	1,01	1,1	1,11	1,07	0,98	0,87	0,74	0,64	0,6	0,863
13,50	13	50	0,56	0,67	0,82	0,97	1,07	1,09	1,04	0,95	0,82	0,68	0,57	0,53	0,814
13,55	13	55	0,49	0,61	0,77	0,93	1,04	1,06	1,01	0,91	0,77	0,62	0,5	0,45	0,763
13,60	13	60	0,42	0,54	0,71	0,88	1	1,03	0,97	0,86	0,71	0,55	0,43	0,38	0,707
13,65	13	65	0,34	0,47	0,65	0,83	0,96	0,98	0,92	0,81	0,65	0,48	0,35	0,3	0,645
13,70	13	70	0,26	0,39	0,58	0,77	0,91	0,94	0,87	0,76	0,59	0,41	0,27	0,22	0,581
13,75	13	75	0,18	0,32	0,51	0,781	0,85	0,88	0,82	0,7	0,52	0,34	0,19	0,14	0,519
13,80	13	80	0,1	0,24	0,44	0,64	0,79	0,82	0,76	0,63	0,45	0,26	0,11	0,1	0,445

13,85	13	85	0,09	0,16	0,36	0,57	0,72	0,76	0,7	0,56	0,38	0,19	0,1	0,09	0,390
13,90	13	90	0,08	0,08	0,28	0,49	0,65	0,69	0,63	0,49	0,31	0,11	0,09	0,08	0,332
14,00	14	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,000
14,05	14	5	0,99	1	1,01	1,03	1,04	1,04	1,04	1,03	1,01	1	0,99	0,98	1,013
14,10	14	10	0,96	0,99	1,02	1,05	1,08	1,08	1,06	1,04	1,02	0,99	0,96	0,96	1,018
14,15	14	15	0,94	0,97	1,02	1,07	1,1	1,1	1,09	1,06	1,02	0,97	0,94	0,92	1,017
14,20	14	20	0,9	0,95	1,01	1,08	1,12	1,13	1,1	1,06	1,01	0,95	0,9	0,88	1,008
14,25	14	25	0,86	0,92	1	1,08	1,14	1,14	1,11	1,06	1	0,92	0,86	0,84	0,994
14,30	14	30	0,81	0,88	0,98	1,08	1,14	1,15	1,11	1,05	0,97	0,89	0,82	0,79	0,973
14,35	14	35	0,76	0,84	0,95	1,06	1,14	1,15	1,11	1,04	0,95	0,85	0,77	0,73	0,946
14,40	14	40	0,7	0,79	0,92	1,04	1,13	1,14	1,09	1,02	0,91	0,8	0,71	0,67	0,910
14,45	14	45	0,64	0,74	0,88	1,02	1,11	1,13	1,08	0,99	0,87	0,75	0,65	0,61	0,873
14,50	14	50	0,57	0,68	0,83	0,98	1,09	1,1	1,05	0,96	0,83	0,69	0,58	0,54	0,825
14,55	14	55	0,5	0,62	0,78	0,94	1,06	1,07	1,02	0,92	0,78	0,63	0,51	0,46	0,774
14,60	14	60	0,43	0,55	0,72	0,9	1,02	1,04	0,98	0,87	0,73	0,57	0,44	0,39	0,720
14,65	14	65	0,35	0,48	0,66	0,84	0,97	1	0,94	0,82	0,67	0,5	0,36	0,31	0,658
14,70	14	70	0,28	0,41	0,59	0,79	0,92	0,95	0,89	0,77	0,6	0,43	0,29	0,23	0,596
14,75	14	75	0,2	0,33	0,52	0,72	0,87	0,9	0,83	0,71	0,54	0,35	0,21	0,15	0,528
14,80	14	80	0,11	0,25	0,45	0,66	0,8	0,84	0,77	0,65	0,47	0,28	0,13	0,1	0,459
14,85	14	85	0,09	0,18	0,38	0,59	0,74	0,77	0,71	0,58	0,39	0,2	0,1	0,09	0,402
14,90	14	90	0,08	0,1	0,3	0,51	0,67	0,71	0,64	0,51	0,32	0,12	0,09	0,08	0,344
15,00	15	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,000
15,05	15	5	0,99	1	1,02	1,03	1,04	1,04	1,04	1,03	1,01	1	0,99	0,98	1,014
15,10	15	10	0,97	0,99	1,02	1,06	1,08	1,08	1,07	1,05	1,02	0,99	0,97	0,96	1,022
15,15	15	15	0,94	0,98	1,03	1,07	1,11	1,11	1,09	1,06	1,02	0,98	0,94	0,93	1,022
15,20	15	20	0,91	0,95	1,02	1,09	1,13	1,13	1,11	1,07	1,01	0,95	0,91	0,89	1,014
15,25	15	25	0,87	0,93	1,01	1,09	1,14	1,15	1,12	1,07	1	0,93	0,87	0,85	1,003
15,30	15	30	0,82	0,89	0,99	1,08	1,15	1,16	1,12	1,06	0,98	0,89	0,82	0,8	0,980
15,35	15	35	0,77	0,85	0,96	1,07	1,15	1,16	1,11	1,05	0,95	0,85	0,77	0,74	0,953
15,40	15	40	0,71	0,8	0,93	1,05	1,14	1,15	1,1	1,03	0,92	0,81	0,72	0,68	0,920



17,05	17	5	0,99	1	1,02	1,03	1,05	1,05	1,04	1,03	1,02	1	0,99	0,98	1,017
17,10	17	10	0,97	1	1,03	1,06	1,08	1,08	1,07	1,05	1,02	1	0,97	0,96	1,024
17,15	17	15	0,95	0,98	1,03	1,08	1,12	1,12	1,1	1,07	1,03	0,98	0,95	0,93	1,028
17,20	17	20	0,92	0,96	1,03	1,1	1,14	1,14	1,12	1,08	1,02	0,96	0,92	0,9	1,024
17,25	17	25	0,88	0,94	1,02	1,1	1,16	1,16	1,13	1,08	1,01	0,94	0,88	0,86	1,013
17,30	17	30	0,84	0,91	1	1,1	1,17	1,17	1,13	1,07	0,99	0,91	0,84	0,81	0,995
17,35	17	35	0,79	0,87	0,98	1,09	1,17	1,17	1,13	1,06	0,97	0,87	0,79	0,76	0,971
17,40	17	40	0,73	0,82	0,95	1,08	1,16	1,17	1,12	1,05	0,94	0,83	0,74	0,7	0,941
17,45	17	45	0,67	0,77	0,91	1,05	1,15	1,16	1,11	1,02	0,9	0,78	0,68	0,64	0,903
17,50	17	50	0,61	0,72	0,87	1,02	1,13	1,14	1,08	0,99	0,86	0,72	0,61	0,57	0,860
17,55	17	55	0,54	0,65	0,82	0,98	1,1	1,12	1,06	0,95	0,81	0,66	0,55	0,5	0,812
17,60	17	60	0,47	0,59	0,76	0,94	1,06	1,08	1,02	0,91	0,76	0,6	0,48	0,43	0,758
17,65	17	65	0,39	0,52	0,7	0,89	1,02	1,04	0,98	0,86	0,7	0,53	0,4	0,35	0,698
17,70	17	70	0,32	0,45	0,64	0,83	0,97	1	0,93	0,81	0,64	0,46	0,33	0,27	0,638
17,75	17	75	0,24	0,37	0,57	0,77	0,92	0,95	0,88	0,75	0,58	0,39	0,25	0,19	0,572
17,80	17	80	0,16	0,3	0,5	0,71	0,86	0,89	0,82	0,69	0,51	0,32	0,17	0,11	0,503
17,85	17	85	0,09	0,22	0,42	0,64	0,79	0,83	0,76	0,62	0,44	0,24	0,1	0,09	0,437
17,90	17	90	0,08	0,14	0,34	0,56	0,72	0,76	0,69	0,55	0,36	0,16	0,09	0,08	0,378
18,00	18	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,000
18,05	18	5	0,99	1	1,02	1,04	1,05	1,05	1,04	1,03	1,02	1	0,99	0,99	1,018
18,10	18	10	0,97	1	1,03	1,07	1,09	1,09	1,07	1,05	1,03	1	0,97	0,97	1,028
18,15	18	15	0,95	0,99	1,04	1,09	1,12	1,12	1,1	1,07	1,03	0,99	0,95	0,94	1,033
18,20	18	20	0,92	0,97	1,04	1,1	1,15	1,15	1,12	1,08	1,03	0,97	0,92	0,9	1,029
18,25	18	25	0,89	0,94	1,03	1,11	1,16	1,17	1,13	1,08	1,02	0,94	0,89	0,86	1,018
18,30	18	30	0,84	0,91	1,01	1,11	1,17	1,18	1,14	1,08	1	0,91	0,85	0,82	1,002
18,35	18	35	0,79	0,87	0,99	1,1	1,18	1,18	1,14	1,07	0,98	0,88	0,8	0,77	0,979
18,40	18	40	0,74	0,83	0,96	1,09	1,17	1,18	1,13	1,05	0,95	0,83	0,75	0,71	0,949
18,45	18	45	0,68	0,78	0,92	1,06	1,16	1,17	1,12	1,03	0,91	0,79	0,69	0,65	0,913
18,50	18	50	0,62	0,73	0,88	1,03	1,14	1,15	1,1	1	0,87	0,73	0,63	0,58	0,872
18,55	18	55	0,55	0,67	0,83	1	1,11	1,13	1,07	0,96	0,82	0,67	0,56	0,51	0,823

18,60	18	60	0,48	0,6	0,78	0,96	1,08	1,1	1,03	0,92	0,77	0,61	0,49	0,44	0,772
18,65	18	65	0,41	0,53	0,72	0,91	1,04	1,06	0,99	0,87	0,72	0,55	0,42	0,36	0,715
18,70	18	70	0,33	0,46	0,65	0,85	0,99	1,01	0,94	0,82	0,65	0,48	0,34	0,29	0,651
18,75	18	75	0,25	0,39	0,58	0,79	0,94	0,96	0,89	0,76	0,59	0,4	0,26	0,21	0,585
18,80	18	80	0,17	0,31	0,51	0,72	0,88	0,91	0,83	0,7	0,52	0,33	0,19	0,13	0,517
18,85	18	85	0,09	0,13	0,44	0,65	0,81	0,84	0,77	0,64	0,45	0,25	0,11	0,09	0,439
18,90	18	90	0,08	0,15	0,36	0,58	0,74	0,78	0,71	0,57	0,38	0,18	0,09	0,8	0,452
19,00	19	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,000
19,05	19	5	0,99	1	1,02	1,04	1,05	1,05	1,04	1,03	1,02	1	0,99	0,99	1,018
19,10	19	10	0,98	1	1,03	1,07	1,09	1,09	1,08	1,06	1,03	1	0,98	0,97	1,032
19,15	19	15	0,95	0,99	1,04	1,09	1,12	1,13	1,1	1,07	1,03	0,99	0,96	0,94	1,034
19,20	19	20	0,93	0,97	1,04	1,11	1,15	1,15	1,13	1,09	1,03	0,97	0,93	0,91	1,034
19,25	19	25	0,89	0,95	1,03	1,12	1,17	1,17	1,14	1,09	1,02	0,95	0,89	0,87	1,024
19,30	19	30	0,85	0,92	1,02	1,12	1,18	1,19	1,15	1,09	1,01	0,92	0,85	0,83	1,011
19,35	19	35	0,8	0,88	1	1,11	1,19	1,19	1,15	1,08	0,99	0,88	0,81	0,78	0,988
19,40	19	40	0,75	0,84	0,97	1,1	1,19	1,19	1,14	1,06	0,96	0,84	0,75	0,72	0,959
19,45	19	45	0,69	0,79	0,93	1,08	1,17	1,18	1,13	1,04	0,92	0,8	0,7	0,66	0,924
19,50	19	50	0,63	0,74	0,89	1,05	1,16	1,17	1,11	1,01	0,88	0,74	0,64	0,59	0,884
19,55	19	55	0,56	0,68	0,84	1,01	1,13	1,14	1,08	0,98	0,84	0,69	0,57	0,52	0,837
19,60	19	60	0,49	0,62	0,79	0,97	1,1	1,11	1,05	0,93	0,78	0,62	0,5	0,45	0,784
19,65	19	65	0,42	0,55	0,73	0,92	1,05	1,07	1,01	0,89	0,73	0,56	0,43	0,38	0,728
19,70	19	70	0,34	0,48	0,67	0,87	1,01	1,03	0,96	0,84	0,67	0,49	0,35	0,3	0,668
19,75	19	75	0,27	0,4	0,6	0,81	0,95	0,98	0,91	0,78	0,6	0,42	0,28	0,22	0,602
19,80	19	80	0,19	0,33	0,53	0,74	0,89	0,92	0,85	0,72	0,53	0,34	0,2	0,14	0,532
19,85	19	85	0,11	0,25	0,45	0,67	0,83	0,86	0,79	0,65	0,46	0,27	0,12	0,09	0,463
19,90	19	90	0,08	0,17	0,37	0,6	0,76	0,79	0,72	0,58	0,39	0,19	0,09	0,08	0,402
20,00	20	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,000
20,05	20	5	0,99	1,01	1,02	1,04	1,05	1,05	1,04	1,03	1,02	1	0,99	0,99	1,019
20,10	20	10	0,98	1	1,04	1,07	1,09	1,09	1,08	1,06	1,03	1	0,98	0,97	1,033
20,15	20	15	0,96	0,99	1,04	1,1	1,13	1,13	1,11	1,08	1,04	0,99	0,96	0,95	1,040

20,20	20	20	0,93	0,98	1,05	1,11	1,16	1,16	1,13	1,09	1,04	0,98	0,93	0,91	1,039
20,25	20	25	0,9	0,96	1,04	1,12	1,18	1,18	1,15	1,1	1,03	0,96	0,9	0,88	1,033
20,30	20	30	0,86	0,93	1,03	1,13	1,19	1,2	1,16	1,1	1,01	0,93	0,86	0,83	1,019
20,35	20	35	0,81	0,89	1	1,12	1,2	1,2	1,16	1,09	0,99	0,89	0,81	0,78	0,995
20,40	20	40	0,76	0,85	0,98	1,11	1,2	1,2	1,15	1,07	0,97	0,85	0,76	0,73	0,969
20,45	20	45	0,7	0,8	0,94	1,09	1,19	1,2	1,14	1,05	0,93	0,81	0,71	0,67	0,936
20,50	20	50	0,64	0,75	0,9	1,06	1,17	1,18	1,12	1,02	0,89	0,75	0,65	0,6	0,894
20,55	20	55	0,58	0,69	0,86	1,03	1,14	1,16	1,09	0,99	0,85	0,7	0,58	0,54	0,851
20,60	20	60	0,51	0,63	0,8	0,99	1,11	1,13	1,06	0,95	0,8	0,64	0,51	0,46	0,799
20,65	20	65	0,43	0,56	0,74	0,94	1,07	1,09	1,02	0,9	0,74	0,57	0,44	0,39	0,741
20,70	20	70	0,36	0,49	0,68	0,88	1,03	1,05	0,97	0,85	0,68	0,5	0,37	0,31	0,681
20,75	20	75	0,28	0,42	0,61	0,82	0,97	1	0,92	0,79	0,62	0,43	0,29	0,23	0,615
20,80	20	80	0,2	0,34	0,54	0,76	0,91	0,94	0,87	0,73	0,55	0,36	0,21	0,16	0,548
20,85	20	85	0,12	0,26	0,47	0,69	0,85	0,88	0,8	0,67	0,48	0,28	0,13	0,09	0,477
20,90	20	90	0,08	0,18	0,39	0,61	0,78	0,81	0,74	0,6	0,4	0,2	0,09	0,08	0,413
21,00	21	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,000
21,05	21	5	0,99	1,01	1,02	1,04	1,05	1,05	1,04	1,03	1,02	1,01	0,99	0,99	1,020
21,10	21	10	0,98	1,01	1,04	1,07	1,1	1,1	1,08	1,06	1,03	1,01	0,98	0,97	1,036
21,15	21	15	0,96	1	1,05	1,1	1,13	1,13	1,11	1,08	1,04	1	0,96	0,95	1,043
21,20	21	20	0,94	0,98	1,05	1,12	1,16	1,16	1,14	1,1	1,04	0,98	0,94	0,92	1,044
21,25	21	25	0,9	0,96	1,05	1,13	1,19	1,19	1,15	1,1	1,03	0,96	0,91	0,88	1,038
21,30	21	30	0,86	0,93	1,03	1,14	1,2	1,2	1,16	1,1	1,02	0,93	0,87	0,84	1,023
21,35	21	35	0,82	0,9	1,01	1,13	1,21	1,21	1,17	1,1	1	0,9	0,82	0,79	1,005
21,40	21	40	0,77	0,86	0,99	1,12	1,21	1,21	1,16	1,08	0,98	0,86	0,77	0,74	0,979
21,45	21	45	0,71	0,81	0,95	1,1	1,2	1,21	1,15	1,06	0,94	0,82	0,72	0,68	0,946
21,50	21	50	0,65	0,76	0,91	1,08	1,18	1,19	1,13	1,03	0,9	0,76	0,66	0,62	0,906
21,55	21	55	0,59	0,7	0,87	1,04	1,16	1,17	1,11	1	0,86	0,71	0,59	0,55	0,863
21,60	21	60	0,52	0,64	0,82	1	1,13	1,14	1,07	0,96	0,81	0,65	0,53	0,48	0,813
21,65	21	65	0,45	0,57	0,76	0,95	1,09	1,11	1,03	0,91	0,75	0,58	0,45	0,4	0,754
21,70	21	70	0,37	0,5	0,7	0,9	1,04	1,06	0,99	0,86	0,69	0,52	0,38	0,33	0,695

21,75	21	75	0,29	0,43	0,63	0,84	0,99	1,02	0,94	0,81	0,63	0,44	0,3	0,25	0,631
21,80	21	80	0,22	0,36	0,56	0,78	0,93	0,96	0,88	0,75	0,56	0,37	0,23	0,17	0,564
21,85	21	85	0,14	0,28	0,48	0,71	0,87	0,9	0,82	0,68	0,49	0,3	0,15	0,09	0,493
21,90	21	90	0,08	0,2	0,41	0,63	0,8	0,83	0,75	0,61	0,42	0,22	0,09	0,08	0,427
22,00	22	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,000
22,05	22	5	1	1,01	1,02	1,04	1,05	1,05	1,04	1,03	1,02	1,01	1	0,99	1,022
22,10	22	10	0,98	1,01	1,04	1,08	1,1	1,1	1,08	1,06	1,04	1,01	0,98	0,98	1,038
22,15	22	15	0,97	1	1,05	1,11	1,14	1,14	1,12	1,09	1,04	1	0,97	0,95	1,048
22,20	22	20	0,94	0,99	1,06	1,13	1,17	1,17	1,14	1,1	1,05	0,99	0,94	0,92	1,050
22,25	22	25	0,91	0,97	1,05	1,14	1,2	1,2	1,16	1,11	1,04	0,97	0,91	0,89	1,046
22,30	22	30	0,87	0,94	1,04	1,14	1,21	1,21	1,17	1,11	1,03	0,94	0,87	0,85	1,032
22,35	22	35	0,83	0,91	1,02	1,14	1,22	1,22	1,17	1,1	1,01	0,91	0,83	0,8	1,013
22,40	22	40	0,78	0,87	1	1,13	1,22	1,23	1,17	1,09	0,98	0,87	0,78	0,75	0,989
22,45	22	45	0,72	0,82	0,97	1,11	1,21	1,22	1,16	1,07	0,95	0,83	0,73	0,69	0,957
22,50	22	50	0,66	0,77	0,93	1,09	1,2	1,21	1,14	1,04	0,91	0,78	0,67	0,63	0,919
22,55	22	55	0,6	0,72	0,88	1,06	1,18	1,19	1,12	1,01	0,87	0,72	0,61	0,56	0,877
22,60	22	60	0,53	0,65	0,83	1,02	1,15	1,16	1,09	0,97	0,82	0,66	0,54	0,49	0,826
22,65	22	65	0,46	0,59	0,77	0,97	1,11	1,12	1,085	0,93	0,77	0,6	0,47	0,42	91,101
22,70	22	70	0,39	0,52	0,71	0,92	1,06	1,08	1	0,88	0,71	0,53	0,39	0,34	0,711
22,75	22	75	0,31	0,45	0,65	0,86	1,01	1,03	0,95	0,82	0,64	0,46	0,32	0,26	0,647
22,80	22	80	0,23	0,37	0,57	0,79	0,95	0,98	0,9	0,76	0,58	0,39	0,24	0,18	0,578
22,85	22	85	0,15	0,29	0,5	0,73	0,89	0,92	0,84	0,7	0,51	0,31	0,16	0,1	0,508
22,90	22	90	0,08	0,21	0,42	0,65	0,82	0,85	0,77	0,63	0,43	0,23	0,09	0,08	0,438
23,00	23	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,000
23,05	23	5	1	1,01	1,03	1,04	1,05	1,05	1,05	1,04	1,02	1,01	1	0,99	1,024
23,10	23	10	0,99	1,01	1,05	1,08	1,1	1,1	1,09	1,07	1,04	1,01	0,99	0,98	1,043
23,15	23	15	0,97	1,01	1,06	1,11	1,14	1,14	1,12	1,09	1,05	1	0,97	0,96	1,052
23,20	23	20	0,95	0,99	1,06	1,13	1,18	1,18	1,15	1,11	1,05	0,99	0,95	0,93	1,056
23,25	23	25	0,92	0,98	1,06	1,15	1,2	1,2	1,17	1,11	1,05	0,97	0,92	0,9	1,053
23,30	23	30	0,88	0,95	1,05	1,15	1,22	1,22	1,18	1,12	1,04	0,95	0,88	0,86	1,042

23,35	23	35	0,84	0,92	1,03	1,15	1,23	1,23	1,18	1,11	1,02	0,92	0,84	0,81	1,023
23,40	23	40	0,79	0,88	1,01	1,14	1,23	1,24	1,18	1,1	0,99	0,88	0,79	0,76	0,999
23,45	23	45	0,73	0,83	0,98	1,13	1,23	1,23	1,17	1,08	0,96	0,84	0,74	0,7	0,968
23,50	23	50	0,68	0,78	0,94	1,1	1,21	1,22	1,16	1,06	0,92	0,79	0,68	0,64	0,932
23,55	23	55	0,61	0,73	0,89	1,07	1,19	1,2	1,13	1,02	0,88	0,73	0,62	0,57	0,887
23,60	23	60	0,54	0,67	0,84	1,03	1,16	1,18	1,1	0,99	0,83	0,67	0,55	0,5	0,838
23,65	23	65	0,47	0,6	0,79	0,99	1,13	1,14	1,06	0,94	0,78	0,61	0,48	0,43	0,785
23,70	23	70	0,4	0,53	0,73	0,94	1,08	1,1	1,02	0,89	0,72	0,54	0,41	0,35	0,726
23,75	23	75	0,32	0,46	0,66	0,88	1,03	1,05	0,97	0,84	0,66	0,47	0,33	0,28	0,663
23,80	23	80	0,24	0,39	0,59	0,81	0,97	1	0,91	0,78	0,59	0,4	0,26	0,2	0,595
23,85	23	85	0,17	0,31	0,52	0,74	0,91	0,94	0,85	0,71	0,52	0,32	0,18	0,12	0,524
23,90	23	90	0,08	0,23	0,44	0,67	0,84	0,87	0,79	0,64	0,45	0,25	0,1	0,08	0,453
24,00	24	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,000
24,05	24	5	1	1,01	1,03	1,05	1,06	1,06	1,05	1,04	1,02	1,01	1	0,99	1,027
24,10	24	10	0,99	1,01	1,05	1,08	1,11	1,11	1,09	1,07	1,04	1,01	0,99	0,98	1,044
24,15	24	15	0,97	1,01	1,06	1,11	1,15	1,15	1,12	1,09	1,05	1,01	0,97	0,96	1,054
24,20	24	20	0,95	1	1,07	1,14	1,18	1,18	1,15	1,11	1,06	1	0,95	0,93	1,060
24,25	24	25	0,92	0,98	1,07	1,15	1,21	1,21	1,17	1,12	1,05	0,98	0,92	0,9	1,057
24,30	24	30	0,89	0,96	1,06	1,16	1,23	1,23	1,19	1,12	1,04	0,96	0,89	0,86	1,049
24,35	24	35	0,85	0,93	1,04	1,16	1,24	1,24	1,19	1,12	1,03	0,92	0,85	0,82	1,033
24,40	24	40	0,8	0,89	1,02	1,16	1,25	1,25	1,19	1,11	1	0,89	0,8	0,77	1,011
24,45	24	45	0,74	0,84	0,99	1,14	1,24	1,25	1,18	1,09	0,97	0,84	0,75	0,71	0,978
24,50	24	50	0,69	0,79	0,95	1,12	1,23	1,24	1,17	1,07	0,94	0,8	0,69	0,65	0,945
24,55	24	55	0,62	0,74	0,91	1,09	1,21	1,22	1,15	1,04	0,89	0,74	0,63	0,58	0,902
24,60	24	60	0,56	0,68	0,86	1,05	1,18	1,19	1,12	1	0,85	0,68	0,56	0,52	0,854
24,65	24	65	0,49	0,62	0,8	1	1,14	1,16	1,08	0,96	0,79	0,62	0,49	0,44	0,799
24,70	24	70	0,41	0,55	0,74	0,95	1,1	1,12	1,04	0,91	0,73	0,56	0,42	0,37	0,742
24,75	24	75	0,34	0,48	0,68	0,9	1,05	1,07	0,99	0,85	0,67	0,49	0,35	0,29	0,680
24,80	24	80	0,26	0,4	0,61	0,83	0,99	1,02	0,93	0,79	0,6	0,41	0,27	0,21	0,610
24,85	24	85	0,18	0,32	0,53	0,76	0,93	0,96	0,87	0,73	0,53	0,34	0,19	0,13	0,539

24,90	24	90	0,1	0,24	0,46	0,69	0,86	0,89	0,81	0,66	0,46	0,26	0,11	0,08	0,468
25,00	25	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,000
25,05	25	5	1	1,01	1,03	1,05	1,06	1,06	1,05	1,04	1,03	1,01	1	1	1,028
25,10	25	10	0,99	1,02	1,05	1,09	1,11	1,11	1,09	1,07	1,04	1,01	0,99	0,98	1,046
25,15	25	15	0,98	1,01	1,07	1,12	1,15	1,15	1,13	1,1	1,06	1,01	0,98	0,96	1,060
25,20	25	20	0,96	1	1,07	1,14	1,19	1,19	1,16	1,12	1,06	1	0,96	0,94	1,066
25,25	25	25	0,93	0,99	1,07	1,16	1,22	1,22	1,18	1,13	1,06	0,99	0,93	0,91	1,066
25,30	25	30	0,89	0,96	1,07	1,17	1,24	1,24	1,19	1,13	1,05	0,96	0,9	0,87	1,056
25,35	25	35	0,85	0,93	1,05	1,17	1,25	1,26	1,2	1,13	1,03	0,93	0,86	0,83	1,041
25,40	25	40	0,81	0,9	1,03	1,17	1,26	1,26	1,2	1,12	1,01	0,9	0,81	0,78	1,021
25,45	25	45	0,76	0,86	1	1,15	1,26	1,26	1,2	1,1	0,98	0,85	0,76	0,72	0,992
25,50	25	50	0,7	0,81	0,96	1,13	1,25	1,25	1,18	1,08	0,95	0,81	0,7	0,66	0,957
25,55	25	55	0,64	0,75	0,92	1,1	1,23	1,23	1,16	1,05	0,91	0,75	0,64	0,6	0,915
25,60	25	60	0,57	0,69	0,87	1,07	1,2	1,21	1,13	1,01	0,86	0,7	0,58	0,53	0,868
25,65	25	65	0,5	0,63	0,82	1,02	1,16	1,18	1,09	0,97	0,81	0,63	0,51	0,46	0,815
25,70	25	70	0,43	0,56	0,76	0,97	1,12	1,14	1,05	0,92	0,75	0,57	0,43	0,38	0,757
25,75	25	75	0,35	0,49	0,69	0,91	1,07	1,09	1	0,87	0,69	0,5	0,36	0,31	0,694
25,80	25	80	0,27	0,42	0,62	0,85	1,01	1,04	0,95	0,81	0,62	0,43	0,28	0,23	0,628
25,85	25	85	0,19	0,34	0,55	0,78	0,95	0,98	0,89	0,74	0,55	0,35	0,21	0,15	0,557
25,90	25	90	0,11	0,26	0,47	0,71	0,88	0,91	0,82	0,67	0,48	0,28	0,13	0,08	0,483
26,00	26	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,000
26,05	26	5	1	1,01	1,03	1,05	1,06	1,06	1,05	1,04	1,03	1,01	1	1	1,028
26,10	26	10	0,99	1,02	1,05	1,09	1,11	1,11	1,09	1,07	1,05	1,02	0,99	0,99	1,048
26,15	26	15	0,98	1,02	1,07	1,12	1,16	1,16	1,13	1,1	1,06	1,02	0,98	0,97	1,064
26,20	26	20	0,96	1,01	1,08	1,15	1,2	1,2	1,16	1,12	1,07	1,01	0,96	0,94	1,072
26,25	26	25	0,93	0,99	1,08	1,17	1,23	1,23	1,19	1,13	1,06	0,99	0,94	0,91	1,071
26,30	26	30	0,9	0,97	1,07	1,18	1,25	1,25	1,2	1,14	1,06	0,97	0,9	0,88	1,064
26,35	26	35	0,86	0,94	1,06	1,18	1,27	1,27	1,21	1,14	1,04	0,94	0,86	0,83	1,050
26,40	26	40	0,82	0,91	1,04	1,18	1,27	1,27	1,21	1,13	1,02	0,91	0,82	0,79	1,031
26,45	26	45	0,77	0,87	1,01	1,17	1,27	1,27	1,21	1,11	0,99	0,86	0,77	0,73	1,003

26,50	26	50	0,71	0,82	0,98	1,15	1,26	1,27	1,19	1,09	0,96	0,82	0,71	0,67	0,969
26,55	26	55	0,65	0,76	0,94	1,12	1,24	1,25	1,17	1,06	0,92	0,77	0,65	0,61	0,928
26,60	26	60	0,58	0,71	0,89	1,08	1,22	1,23	1,15	1,03	0,87	0,71	0,59	0,54	0,883
26,65	26	65	0,51	0,64	0,83	1,04	1,18	1,19	1,11	0,98	0,82	0,65	0,52	0,47	0,828
26,70	26	70	0,44	0,58	0,77	0,99	1,14	1,16	1,07	0,94	0,76	0,58	0,45	0,4	0,773
26,75	26	75	0,37	0,5	0,71	0,93	1,09	1,11	1,02	0,88	0,7	0,51	0,37	0,32	0,709
26,80	26	80	0,29	0,43	0,64	0,87	1,04	1,06	0,97	0,82	0,63	0,44	0,3	0,24	0,644
26,85	26	85	0,21	0,35	0,57	0,8	0,97	1	0,91	0,76	0,56	0,37	0,22	0,16	0,573
26,90	26	90	0,13	0,27	0,49	0,73	0,9	0,93	0,84	0,69	0,49	0,29	0,14	0,08	0,498
27,00	27	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,000
27,05	27	5	1	1,01	1,03	1,05	1,06	1,06	1,05	1,04	1,03	1,01	1	1	1,028
27,10	27	10	1	1,02	1,06	1,09	1,12	1,11	1,1	1,08	1,05	1,02	1	0,99	1,053
27,15	27	15	0,99	1,02	1,07	1,13	1,16	1,16	1,14	1,1	1,06	1,02	0,99	0,97	1,068
27,20	27	20	0,97	1,01	1,08	1,16	1,21	1,2	1,17	1,13	1,07	1,01	0,97	0,95	1,078
27,25	27	25	0,94	1	1,09	1,18	1,24	1,24	1,19	1,14	1,07	1	0,94	0,92	1,079
27,30	27	30	0,91	0,98	1,08	1,19	1,26	1,26	1,21	1,15	1,06	0,98	0,91	0,88	1,073
27,35	27	35	0,87	0,95	1,07	1,2	1,28	1,28	1,22	1,15	1,05	0,95	0,87	0,84	1,061
27,40	27	40	0,83	0,92	1,05	1,19	1,29	1,29	1,22	1,14	1,03	0,91	0,83	0,79	1,041
27,45	27	45	0,78	0,88	1,02	1,18	1,29	1,29	1,22	1,12	1	0,87	0,78	0,74	1,014
27,50	27	50	0,72	0,83	0,99	1,16	1,28	1,28	1,21	1,1	0,97	0,83	0,72	0,68	0,981
27,55	27	55	0,66	0,78	0,95	1,13	1,26	1,27	1,19	1,07	0,93	0,78	0,66	0,62	0,942
27,60	27	60	0,6	0,72	0,9	1,1	1,24	1,24	0,16	1,04	0,88	0,72	0,6	0,55	0,813
27,65	27	65	0,53	0,66	0,85	1,06	1,2	1,21	1,13	1	0,83	0,66	0,53	0,48	0,845
27,70	27	70	0,45	0,59	0,79	1,01	1,16	1,17	1,09	0,95	0,78	0,6	0,46	0,41	0,788
27,75	27	75	0,38	0,52	0,73	0,95	0,11	1,13	1,04	0,9	0,71	0,53	0,39	0,33	0,643
27,80	27	80	0,3	0,45	0,66	0,89	1,06	1,08	0,98	0,84	0,65	0,45	0,31	0,26	0,661
27,85	27	85	0,22	0,37	0,58	0,82	1	1,02	0,93	0,78	0,58	0,38	0,23	0,18	0,591
27,90	27	90	0,14	0,29	0,51	0,75	0,93	0,95	0,86	0,71	0,51	0,3	0,15	0,1	0,517
28,00	28	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,000
28,05	28	5	1	1,02	1,03	1,05	1,06	1,06	1,05	1,04	1,03	1,01	1	1	1,029

28,10	28	10	1	1,02	1,06	1,1	1,12	1,12	1,1	1,08	1,05	1,02	1	0,99	1,055
28,15	28	15	0,99	1,03	1,08	1,13	1,17	1,17	1,14	1,11	1,07	1,02	0,99	0,98	1,073
28,20	28	20	0,97	1,02	1,09	1,16	1,21	1,21	1,17	1,13	1,08	1,02	0,97	0,95	1,082
28,25	28	25	0,95	1,01	1,09	1,19	1,25	1,24	1,2	1,15	1,08	1	0,95	0,93	1,087
28,30	28	30	0,92	0,99	1,09	1,2	1,27	1,27	1,22	1,15	1,07	0,98	0,92	0,89	1,081
28,35	28	35	0,88	0,96	1,08	1,21	1,29	1,29	1,23	1,16	1,06	0,96	0,88	0,85	1,071
28,40	28	40	0,84	0,93	1,06	1,21	1,3	1,3	1,24	1,15	1,04	0,92	0,84	0,8	1,053
28,45	28	45	0,79	0,89	1,04	1,2	1,3	1,3	1,23	1,14	1,01	0,89	0,79	0,75	1,028
28,50	28	50	0,73	0,84	1	1,18	1,3	1,3	1,22	1,12	0,98	0,84	0,73	0,69	0,994
28,55	28	55	0,67	0,79	0,96	1,15	1,28	1,28	1,2	1,09	0,94	0,79	0,68	0,63	0,955
28,60	28	60	0,61	0,73	0,92	1,12	1,26	1,26	1,18	1,05	0,9	0,73	0,61	0,57	0,912
28,65	28	65	0,54	0,67	0,86	1,08	1,22	1,23	1,14	1,01	0,85	0,67	0,55	0,5	0,860
28,70	28	70	0,47	0,6	0,81	1,03	1,18	1,19	1,1	0,97	0,79	0,61	0,48	0,42	0,804
28,75	28	75	0,39	0,53	0,74	0,97	1,14	1,15	1,06	0,91	0,73	0,54	0,4	0,35	0,743
28,80	28	80	0,32	0,46	0,67	0,91	1,08	1,1	1	0,86	0,66	0,47	0,33	0,27	0,678
28,85	28	85	0,24	0,38	0,6	0,84	1,02	1,04	0,94	0,79	0,59	0,39	0,25	0,19	0,606
28,90	28	90	0,16	0,31	0,53	0,77	0,95	0,98	0,88	0,72	0,52	0,32	0,17	0,11	0,535
29,00	29	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,000
29,05	29	5	1	1,02	12,03	1,05	1,07	1,06	1,05	1,04	1,03	1,02	1	1	1,948
29,10	29	10	1	1,03	1,06	1,1	1,12	1,12	1,1	1,08	1,05	1,02	1	0,99	1,056
29,15	29	15	0,99	1,03	1,08	1,14	1,18	1,17	1,15	1,11	1,07	1,03	0,99	0,98	1,077
29,20	29	20	0,98	1,03	1,1	1,17	1,22	1,22	1,18	1,14	1,08	1,02	0,98	0,96	1,090
29,25	29	25	0,95	1,01	1,1	1,2	1,26	1,25	1,21	1,15	1,08	1,01	0,95	0,93	1,092
29,30	29	30	0,92	1	1,1	1,21	1,28	1,28	1,23	1,16	1,08	0,99	0,92	0,9	1,089
29,35	29	35	0,89	0,97	1,09	1,22	1,3	1,3	1,24	1,17	1,07	0,97	0,89	0,86	1,081
29,40	29	40	0,85	0,94	1,07	1,22	1,32	1,31	1,25	1,16	1,05	0,93	0,85	0,81	1,063
29,45	29	45	0,8	0,9	1,05	1,21	1,32	1,32	1,24	1,15	1,02	0,9	0,8	0,76	1,039
29,50	29	50	0,74	0,85	1,02	1,19	1,31	1,31	1,23	1,13	0,99	0,85	0,75	0,71	10,824
29,55	29	55	0,68	0,8	0,98	1,17	1,3	1,3	1,22	1,1	0,95	0,8	0,69	0,64	0,969
29,60	29	60	0,62	0,75	0,93	1,14	1,28	1,28	1,19	1,07	0,91	0,75	0,63	0,58	0,928

29,65	29	65	0,55	0,69	0,88	1,1	1,24	1,25	1,16	1,03	0,86	0,69	0,56	0,51	0,877
29,70	29	70	0,48	0,62	0,82	1,05	1,2	1,22	1,12	0,98	0,8	0,62	0,49	0,44	0,820
29,75	29	75	0,41	0,55	0,76	0,99	1,16	1,17	1,07	0,93	0,74	0,55	0,42	0,36	0,759
29,80	29	80	0,33	0,48	0,69	0,93	1,1	1,12	1,02	0,87	0,68	0,48	0,34	0,28	0,693
29,85	29	85	0,25	0,4	0,62	0,87	1,04	1,06	0,96	0,81	0,61	0,41	0,26	0,21	0,625
29,90	29	90	0,17	0,32	0,54	0,79	0,97	1	0,9	0,74	0,54	0,33	0,18	0,13	0,551
30,00	30	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,000
30,05	30	5	1,01	1,02	1,04	1,06	1,07	1,07	1,06	1,05	1,03	1,02	1,01	1	1,037
30,10	30	10	1	1,03	1,07	1,1	1,13	1,12	1,11	1,08	1,06	1,03	1	1	1,061
30,15	30	15	1	1,03	1,09	1,15	1,18	1,18	1,15	1,12	1,07	1,03	1	0,98	1,082
30,20	30	20	0,98	1,03	1,1	1,18	1,23	1,22	1,19	1,14	1,09	1,03	0,98	0,96	1,094
30,25	30	25	0,96	1,02	1,11	1,2	1,27	1,26	1,22	1,16	1,09	1,02	0,96	0,94	1,101
30,30	30	30	0,93	1	1,11	1,22	1,3	1,29	1,24	1,17	1,09	1	0,93	0,91	1,099
30,35	30	35	0,9	0,98	1,1	1,23	1,32	1,31	1,25	1,17	1,08	0,97	0,9	0,87	1,090
30,40	30	40	0,85	0,95	1,08	1,23	1,33	1,33	1,26	1,17	1,06	0,94	0,86	0,82	1,073
30,45	30	45	0,81	0,91	1,06	1,22	1,33	1,33	1,26	1,16	1,04	0,91	0,81	0,77	1,051
30,50	30	50	0,75	0,87	1,03	1,21	1,33	1,33	1,25	1,14	1	0,86	0,76	0,72	1,021
30,55	30	55	0,7	0,82	0,99	1,19	1,32	1,32	1,23	1,12	0,97	0,81	0,7	0,66	0,986
30,60	30	60	0,63	0,76	0,95	1,15	1,3	1,3	1,21	1,08	0,92	0,76	0,64	0,59	0,941
30,65	30	65	0,57	0,7	0,9	1,11	1,27	1,27	1,18	1,04	0,87	0,7	0,57	0,52	0,892
30,70	30	70	0,5	0,63	0,84	1,07	1,23	1,24	1,14	1	0,82	0,64	0,5	0,45	0,838
30,75	30	75	0,42	0,56	0,78	1,01	1,18	1,19	1,09	0,95	0,76	0,57	0,43	0,38	0,777
30,80	30	80	0,35	0,49	0,71	0,95	1,13	1,14	1,04	0,89	0,69	0,5	0,35	0,3	0,712
30,85	30	85	0,27	0,42	0,64	0,89	1,07	1,09	0,98	0,83	0,63	0,42	0,28	0,22	0,645
30,90	30	90	0,19	0,34	0,56	0,81	1	1,02	0,92	0,76	0,55	0,35	0,2	0,14	0,570
31,00	31	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,000
31,05	31	5	1,01	1,02	1,04	1,06	1,07	1,07	1,06	1,05	1,03	1,02	1,01	1	1,037
31,10	31	10	1,01	1,03	1,07	1,11	1,13	1,13	1,11	1,09	1,06	1,03	1,01	1	1,065
31,15	31	15	1	1,04	1,09	1,15	1,19	1,18	1,15	1,12	1,08	1,03	1	0,99	1,085
31,20	31	20	0,99	1,04	1,11	1,19	1,24	1,23	1,19	1,15	1,09	1,03	0,99	0,97	1,102

31,25	31	25	0,97	1,03	1,12	1,21	1,28	1,27	1,22	1,17	1,1	1,02	0,97	0,94	1,108
31,30	31	30	0,94	1,01	1,12	1,23	1,31	1,3	1,25	1,18	1,09	1,01	0,94	0,91	1,108
31,35	31	35	0,9	0,99	1,11	1,24	1,33	1,33	1,26	1,18	1,09	0,98	0,9	0,88	1,099
31,40	31	40	0,86	0,96	1,1	1,25	1,35	1,34	1,27	1,18	1,07	0,95	0,86	0,83	1,085
31,45	31	45	0,82	0,92	1,07	1,24	1,35	1,35	1,27	1,17	1,05	0,92	0,82	0,78	1,063
31,50	31	50	0,77	0,88	1,04	1,23	1,35	1,35	1,26	1,15	1,02	0,87	0,77	0,73	1,035
31,55	31	55	0,71	0,83	1,01	1,2	1,34	1,34	1,25	1,13	0,98	0,83	0,71	0,67	1,900
31,60	31	60	0,65	0,77	0,96	1,17	1,32	1,32	1,22	1,1	0,94	0,77	0,65	0,6	0,956
31,65	31	65	0,58	0,71	0,91	1,13	1,29	1,29	1,19	1,06	0,89	0,71	0,59	0,54	0,908
31,70	31	70	0,51	0,65	0,86	1,09	1,25	1,26	1,16	1,01	0,83	0,65	0,52	0,46	0,854
31,75	31	75	0,44	0,58	0,79	1,04	1,2	1,21	1,11	0,96	0,77	0,58	0,44	0,39	0,793
31,80	31	80	0,36	0,51	0,73	0,98	1,15	1,17	1,06	0,91	0,71	0,51	0,37	0,31	0,731
31,85	31	85	0,28	0,43	0,66	0,91	1,09	1,11	1	0,84	0,64	0,44	0,29	0,23	0,660
31,90	31	90	0,2	0,35	0,58	0,84	1,02	1,05	0,94	0,78	0,57	0,36	0,21	0,16	0,588
32,00	32	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,000
32,05	32	5	1,01	1,02	1,04	1,06	1,07	1,07	1,06	1,05	1,03	1,02	1,01	1	1,037
32,10	32	10	1,01	1,04	1,07	1,11	1,14	1,13	1,11	1,09	1,06	1,03	1,01	1	1,067
32,15	32	15	1	1,04	1,1	1,16	1,19	1,19	1,16	1,12	1,08	1,04	1	0,99	1,089
32,20	32	20	0,99	1,04	1,11	1,19	1,24	1,24	1,2	1,15	1,1	1,04	0,99	0,97	1,105
32,25	32	25	0,97	1,03	1,12	1,22	1,29	1,28	1,3	1,17	1,1	1,03	0,97	0,95	1,119
32,30	32	30	0,95	1,02	1,13	1,24	1,32	1,31	1,26	1,19	1,1	1,01	0,95	0,92	1,117
32,35	32	35	0,91	1	1,12	1,26	1,34	1,34	1,27	1,19	1,09	0,99	0,91	0,88	1,108
32,40	32	40	0,87	0,97	1,11	1,26	1,36	1,35	1,28	1,19	1,08	0,96	0,87	0,84	1,095
32,45	32	45	0,83	0,93	1,09	1,26	1,37	1,36	1,28	1,18	1,06	0,93	0,83	0,79	1,076
32,50	32	50	0,78	0,89	1,06	1,24	1,37	1,36	1,28	1,17	1,03	0,88	0,78	0,74	1,048
32,55	32	55	0,72	0,84	1,02	1,22	1,36	1,35	1,26	1,14	0,99	0,84	0,72	0,68	1,012
32,60	32	60	0,66	0,79	0,98	1,19	1,34	1,34	1,24	1,11	0,95	0,78	0,66	0,62	0,972
32,65	32	65	0,59	0,73	0,93	1,15	1,31	1,31	1,21	1,07	0,9	0,73	0,6	0,55	0,923
32,70	32	70	0,53	0,66	0,87	1,11	1,27	1,28	1,17	1,03	0,85	0,66	0,53	0,48	0,870
32,75	32	75	0,45	0,6	„81	1,06	1,23	1,24	1,13	0,98	0,79	0,6	0,46	0,4	0,813

32,80	32	80	0,38	0,52	0,75	1	1,18	1,19	1,08	0,92	0,73	0,53	0,38	0,33	0,749
32,85	32	85	0,3	0,45	0,67	0,93	1,12	1,13	1,02	0,86	0,66	0,45	0,31	0,25	0,679
32,90	32	90	0,22	0,37	0,6	0,86	1,05	1,07	0,96	0,79	0,59	0,38	0,23	0,17	0,608
33,00	33	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,000
33,05	33	5	1,01	1,02	1,04	1,06	1,07	1,07	1,06	1,05	1,04	1,02	1,01	1,01	1,038
33,10	33	10	1,01	1,04	1,07	1,12	1,14	1,14	1,12	1,09	1,06	1,03	1,01	1	1,069
33,15	33	15	1,01	1,05	1,1	1,16	1,2	1,19	1,16	1,13	1,09	1,04	1,01	1	1,095
33,20	33	20	1	1,05	1,12	1,2	1,25	1,24	1,2	1,16	1,1	1,04	1	0,98	1,112
33,25	33	25	0,98	1,04	1,13	1,23	1,3	1,29	1,24	1,18	1,11	1,03	0,98	0,96	1,123
33,30	33	30	0,95	1,03	1,14	1,25	1,33	1,32	1,26	1,2	1,11	1,02	0,95	0,93	1,124
33,35	33	35	0,92	1,01	1,13	1,27	1,36	1,35	1,28	1,2	1,1	1	0,92	0,89	1,119
33,40	33	40	0,88	0,98	1,12	1,27	1,38	1,37	1,29	1,2	1,09	0,97	0,88	0,85	1,107
33,45	33	45	0,84	0,94	1,1	1,27	1,39	1,38	1,3	1,2	1,07	0,94	0,84	0,8	1,089
33,50	33	50	0,79	0,9	1,07	1,26	1,39	1,38	1,29	1,18	1,04	0,9	0,79	0,75	1,062
33,55	33	55	0,73	0,85	1,04	1,24	1,38	1,37	1,28	1,16	1,01	0,85	0,74	0,69	1,028
33,60	33	60	0,67	0,8	1	1,21	1,36	1,36	1,26	1,13	0,96	0,8	0,68	0,63	0,988
33,65	33	65	0,61	0,74	0,95	1,18	1,33	1,33	1,23	1,09	0,92	0,74	0,61	0,56	0,941
33,70	33	70	0,54	0,68	0,89	1,13	1,3	1,3	1,19	1,05	0,86	0,68	0,54	0,49	0,888
33,75	33	75	0,47	0,61	0,83	1,08	1,25	1,26	1,15	1	0,81	0,61	0,47	0,42	0,830
33,80	33	80	0,39	0,54	0,76	1,032	1,2	1,21	1,1	0,94	0,74	0,54	0,4	0,34	86,680
33,85	33	85	0,31	0,46	0,69	0,95	1,14	1,16	1,04	0,88	0,67	0,47	0,32	0,26	0,696
33,90	33	90	0,23	0,39	0,62	0,88	1,08	1,09	0,98	0,81	0,6	0,39	0,24	0,18	0,624
34,00	34	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,000
34,05	34	5	1,01	1,02	1,04	1,06	1,07	1,07	1,06	1,05	1,03	1,02	1,01	1	1,037
34,10	34	10	1,01	1,04	1,07	1,11	1,14	1,13	1,11	1,09	1,06	1,03	1,01	1	1,067
34,15	34	15	1	1,04	1,1	1,16	1,19	1,19	1,16	1,12	1,08	1,04	1	0,99	1,089
34,20	34	20	0,99	1,04	1,11	1,19	1,24	1,24	1,2	1,15	1,1	1,04	0,99	0,97	1,105
34,25	34	25	0,97	1,03	1,12	1,22	1,29	1,28	1,3	1,17	1,1	1,03	0,97	0,95	1,119
34,30	34	30	0,95	1,02	1,13	1,24	1,32	1,31	1,26	1,19	1,1	1,01	0,95	0,92	1,117
34,35	34	35	0,91	1	1,12	1,26	1,34	1,34	1,27	1,19	1,09	0,99	0,91	0,88	1,108

34,40	34	40	0,87	0,97	1,11	1,26	1,36	1,35	1,28	1,19	1,08	0,96	0,87	0,84	1,095
34,45	34	45	0,83	0,93	1,09	1,26	1,37	1,36	1,28	1,18	1,06	0,93	0,83	0,79	1,076
34,50	34	50	0,78	0,89	1,06	1,24	1,37	1,36	1,28	1,17	1,03	0,88	0,78	0,74	1,048
34,55	34	55	0,72	0,84	1,02	1,22	1,36	1,35	1,26	1,14	0,99	0,84	0,72	0,68	1,012
34,60	34	60	0,66	0,79	0,98	1,19	1,34	1,34	1,24	1,11	0,95	0,78	0,66	0,62	0,972
34,65	34	65	0,59	0,73	0,93	1,15	1,31	1,31	1,21	1,07	0,9	0,73	0,6	0,55	0,923
34,70	34	70	0,53	0,66	0,87	1,11	1,27	1,28	1,17	1,03	0,85	0,66	0,53	0,48	0,870
34,75	34	75	0,45	0,6	„81	1,06	1,23	1,24	1,13	0,98	0,79	0,6	0,46	0,4	0,813
34,80	34	80	0,38	0,52	0,75	1	1,18	1,19	1,08	0,92	0,73	0,53	0,38	0,33	0,749
34,85	34	85	0,3	0,45	0,67	0,93	1,12	1,13	1,02	0,86	0,66	0,45	0,31	0,25	0,679
34,90	34	90	0,22	0,37	0,6	0,86	1,05	1,07	0,96	0,79	0,59	0,38	0,23	0,17	0,608
35,00	35	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,000
35,05	35	5	1,01	1,03	1,04	1,06	1,08	1,07	1,06	1,05	1,04	1,02	1,01	1,01	1,040
35,10	35	10	1,02	1,04	1,08	1,12	1,15	1,14	1,12	1,1	1,07	1,04	1,02	1,01	1,076
35,15	35	15	1,02	1,05	1,11	1,17	1,21	1,21	1,17	1,14	1,09	1,05	1,02	1	1,103
35,20	35	20	1,01	1,06	1,13	1,22	1,27	1,26	1,22	1,17	1,11	1,05	1,01	0,99	1,125
35,25	35	25	0,99	1,05	1,15	1,25	1,32	1,31	1,25	1,2	1,12	1,05	0,99	0,97	1,138
35,30	35	30	0,97	1,04	1,15	1,28	1,36	1,35	1,28	1,21	1,13	1,04	0,97	0,94	1,143
35,35	35	35	0,94	1,02	1,15	1,29	1,39	1,38	1,31	1,22	1,12	1,02	0,94	0,91	1,141
35,40	35	40	0,9	1	1,14	1,3	1,41	1,4	1,32	1,23	1,11	0,99	0,9	0,87	1,131
35,45	35	45	0,86	0,97	1,13	1,3	1,42	1,41	1,33	1,22	1,09	0,96	0,86	0,82	1,114
35,50	35	50	0,81	0,93	1,1	1,3	1,43	1,42	1,32	1,21	1,07	0,92	0,81	0,77	1,091
35,55	35	55	0,76	0,88	1,07	1,28	1,42	1,41	1,31	1,19	1,03	0,87	0,76	0,72	1,058
35,60	35	60	0,7	0,83	1,03	1,25	1,41	1,4	1,29	1,16	0,99	0,82	0,7	0,66	1,020
35,65	35	65	0,64	0,77	0,98	1,22	1,38	1,38	1,27	1,12	0,95	0,77	0,64	0,59	0,976
35,70	35	70	0,57	0,71	0,93	1,18	1,35	1,35	1,23	1,08	0,9	0,71	0,57	0,52	0,925
35,75	35	75	0,5	0,64	0,87	1,13	1,31	1,31	1,19	1,03	0,84	0,64	0,5	0,45	0,868
35,80	35	80	0,42	0,57	8	1,07	1,26	1,26	1,14	0,98	0,78	0,57	0,43	0,37	1,404
35,85	35	85	0,34	0,5	0,73	1	1,2	1,21	1,09	0,92	0,71	0,5	0,35	0,29	0,737
35,90	35	90	0,26	0,42	0,66	0,93	1,13	1,15	1,02	0,85	0,64	0,42	0,27	0,21	0,663

36,00	36	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,000
36,05	36	5	1,01	1,03	1,05	1,07	1,08	1,08	1,07	1,05	1,04	1,02	1,01	1,01	1,043
36,10	36	10	1,02	1,05	1,08	1,13	1,15	1,15	1,13	1,1	1,07	1,04	1,02	1,01	1,079
36,15	36	15	1,02	1,06	1,12	1,18	1,22	1,21	1,18	1,14	1,1	1,05	1,02	1,01	1,109
36,20	36	20	1,01	1,06	1,14	1,22	1,28	1,27	1,22	1,18	1,12	1,06	1,01	0,99	1,130
36,25	36	25	1	1,06	1,16	1,26	1,33	1,32	1,26	1,2	1,13	1,05	1	0,98	1,146
36,30	36	30	0,98	1,05	1,16	1,29	1,37	1,36	1,29	1,22	1,13	1,04	0,98	0,95	1,152
36,35	36	35	0,95	1,03	1,16	1,31	1,4	1,39	1,32	1,23	1,13	1,02	0,95	0,92	1,151
36,40	36	40	0,91	1,01	1,16	1,32	1,43	1,41	1,33	1,24	1,12	1	0,91	0,88	1,143
36,45	36	45	0,87	0,98	1,14	1,32	1,44	1,43	1,34	1,23	1,1	0,97	0,87	0,84	1,128
36,50	36	50	0,82	0,94	1,12	1,31	1,45	1,44	1,34	1,22	1,08	0,93	0,82	0,78	1,104
36,55	36	55	0,77	0,9	1,08	1,3	1,44	1,43	1,33	1,2	1,05	0,89	0,77	0,73	1,074
36,60	36	60	0,71	0,84	1,5	1,27	1,43	1,42	1,31	1,17	1,01	0,84	0,71	0,67	1,073
36,65	36	65	0,65	0,79	1	1,24	1,41	1,4	1,29	1,14	0,96	0,78	0,65	0,6	0,993
36,70	36	70	0,58	0,73	0,95	1,2	1,37	1,37	1,25	1,1	0,91	0,72	0,59	0,53	0,942
36,75	36	75	0,51	0,66	0,89	1,15	1,33	1,33	1,21	1,05	0,85	0,66	0,52	0,46	0,885
36,80	36	80	0,44	0,59	0,82	1,09	1,28	1,29	1,16	1	0,79	0,59	0,44	0,39	0,823
36,85	36	85	0,36	0,51	0,75	1,03	1,23	1,23	1,11	0,94	0,73	0,52	0,37	0,31	0,758
36,90	36	90	0,28	0,44	0,68	0,96	1,16	1,17	1,05	0,87	0,65	0,44	0,29	0,23	0,685
37,00	37	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,000
37,05	37	5	1,02	1,03	1,05	1,07	1,08	1,08	1,07	1,06	1,04	1,03	1,01	1,01	1,046
37,10	37	10	1,02	1,05	1,09	1,13	1,16	1,15	1,13	1,1	1,08	1,05	1,02	1,01	1,083
37,15	37	15	1,02	1,06	1,12	1,19	1,23	1,22	1,18	1,15	1,1	1,06	1,02	1,01	1,113
37,20	37	20	1,02	1,07	1,15	1,23	1,29	1,28	1,23	1,18	1,12	1,06	1,02	1	1,138
37,25	37	25	1	1,07	1,16	1,27	1,34	1,33	1,27	1,21	1,14	1,06	1	0,98	1,153
37,30	37	30	0,98	1,06	1,17	1,3	1,38	1,37	1,3	1,23	1,14	1,05	0,98	0,96	1,160
37,35	37	35	0,96	1,04	1,17	1,32	1,42	1,41	1,33	1,24	1,14	1,03	0,96	0,93	1,163
37,40	37	40	0,92	1,02	1,17	1,34	1,44	1,43	1,35	1,25	1,13	1,01	0,92	0,89	1,156
37,45	37	45	0,88	0,99	1,15	1,34	1,46	1,45	1,35	1,25	1,11	0,98	0,88	0,85	1,141
37,50	37	50	0,84	0,95	1,13	1,33	1,47	1,46	1,35	1,24	1,09	0,94	0,84	0,8	1,120

37,55	37	55	0,78	0,91	1,1	1,32	1,47	1,45	1,35	1,22	1,06	0,9	0,78	0,74	1,090
37,60	37	60	0,73	0,86	1,06	1,3	1,45	1,44	1,33	1,19	1,02	0,85	0,73	0,68	1,053
37,65	37	65	0,66	0,8	1,02	1,26	1,43	1,42	1,31	1,16	0,98	0,8	0,67	0,62	1,011
37,70	37	70	0,6	0,74	0,9	1,22	1,4	1,4	1,27	1,12	0,93	0,74	0,6	0,55	0,956
37,75	37	75	0,53	0,68	0,91	1,17	1,36	1,36	1,23	1,07	0,87	0,67	0,53	0,48	0,905
37,80	37	80	0,45	0,6	0,84	1,12	1,31	1,31	1,19	1,02	0,81	0,6	0,46	0,4	0,843
37,85	37	85	0,38	0,53	0,77	1,05	1,26	1,26	1,13	0,96	0,74	0,53	0,38	0,32	0,776
37,90	37	90	0,3	0,45	0,7	0,98	1,19	1,2	1,07	0,89	0,67	0,46	0,3	0,25	0,705
38,00	38	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,000
38,05	38	5	1,02	1,03	1,05	1,07	1,08	1,08	1,07	1,06	1,04	1,03	1,02	1,01	1,047
38,10	38	10	1,03	1,05	1,09	1,14	1,16	1,16	1,13	1,11	1,08	1,05	1,02	1,02	1,087
38,15	38	15	1,03	1,07	1,13	1,19	1,23	1,22	1,19	1,15	1,11	1,06	1,03	1,01	1,118
38,20	38	20	1,02	1,07	1,15	1,24	1,3	1,29	1,24	1,19	1,13	1,07	1,02	1,01	1,144
38,25	38	25	1,01	1,08	1,17	1,28	1,35	1,34	1,28	1,22	1,14	1,07	1,01	0,99	1,162
38,30	38	30	0,99	1,07	1,18	1,31	1,4	1,38	1,31	1,24	1,15	1,06	0,99	0,97	1,171
38,35	38	35	0,97	1,05	1,19	1,34	1,43	1,42	1,34	1,25	1,15	1,04	0,96	0,94	1,173
38,40	38	40	0,93	1,03	1,18	1,35	1,46	1,45	1,36	1,26	1,14	1,02	0,93	0,9	1,168
38,45	38	45	0,89	1	1,17	1,36	1,48	1,47	1,37	1,26	1,13	0,99	0,89	0,86	1,156
38,50	38	50	0,85	0,97	1,15	1,35	1,49	1,48	1,37	1,25	1,1	0,96	0,85	0,81	1,136
38,55	38	55	0,8	0,92	1,12	1,34	1,49	1,48	1,36	1,23	1,07	0,91	0,8	0,75	1,106
38,60	38	60	0,74	0,87	1,08	1,32	1,48	1,47	1,35	1,21	1,04	0,86	0,74	0,69	1,071
38,65	38	65	0,68	0,82	1,04	1,29	1,46	1,45	1,33	1,18	0,99	0,81	0,68	0,63	1,030
38,70	38	70	0,61	0,76	0,98	1,25	1,43	1,42	1,29	1,14	0,94	0,75	0,61	0,56	0,978
38,75	38	75	0,54	0,69	0,93	1,2	1,39	1,39	1,25	1,09	0,89	0,69	0,54	0,49	0,924
38,80	38	80	0,47	0,62	0,86	1,14	1,34	1,34	1,21	1,04	0,83	0,62	0,47	0,42	0,863
38,85	38	85	0,39	0,55	0,79	1,08	1,29	1,29	1,15	0,98	0,76	0,55	0,4	0,34	0,798
38,90	38	90	0,31	0,47	0,72	1,01	1,22	1,23	1,09	0,91	0,69	0,47	0,32	0,26	0,725
39,00	39	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,000
39,05	39	5	1,02	1,03	1,05	1,07	1,09	1,08	1,07	1,06	1,04	1,03	1,02	1,01	1,048
39,10	39	10	1,03	1,06	1,1	1,14	1,17	1,16	1,14	1,11	1,08	1,05	1,03	1,02	1,091

39,15	39	15	1,03	1,07	1,13	1,2	1,24	1,23	1,19	1,16	1,11	1,07	1,03	1,02	1,123
39,20	39	20	1,03	1,08	1,16	1,25	1,31	1,29	1,25	1,2	1,14	1,07	1,03	1,01	1,152
39,25	39	25	1,02	1,08	1,18	1,29	1,36	1,35	1,29	1,23	1,15	1,07	1,02	1	1,170
39,30	39	30	1	1,08	1,19	1,33	1,41	1,4	1,33	1,25	1,16	1,07	1	0,97	1,183
39,35	39	35	0,98	1,06	1,2	1,35	1,45	1,43	1,35	1,27	1,16	1,05	0,97	0,94	1,184
39,40	39	40	0,94	1,04	1,19	1,37	1,48	1,46	1,37	1,27	1,15	1,03	0,94	0,91	1,179
39,45	39	45	0,9	1,01	1,18	1,37	1,5	1,48	1,38	1,27	1,14	1	0,9	0,87	1,167
39,50	39	50	0,86	0,98	1,16	1,37	1,51	1,5	1,39	1,26	1,12	0,97	0,86	0,82	1,150
39,55	39	55	0,81	0,94	1,13	1,36	1,51	1,5	1,38	1,25	1,09	0,93	0,81	0,77	1,123
39,60	39	60	0,75	0,89	1,1	1,34	1,51	1,49	1,37	1,22	1,05	0,88	0,75	0,71	1,088
39,65	39	65	0,69	0,83	1,05	1,31	1,49	1,47	1,35	1,19	1,01	0,83	0,69	0,65	1,047
39,70	39	70	0,63	0,77	1	1,27	1,46	1,45	1,32	1,15	0,96	0,77	0,63	0,58	0,999
39,75	39	75	0,56	0,71	0,95	1,23	1,42	1,41	1,28	1,11	0,91	0,7	0,56	0,51	0,946
39,80	39	80	0,48	0,64	0,88	1,17	1,37	1,37	1,23	1,06	0,84	0,64	0,49	0,43	0,883
39,85	39	85	0,41	0,56	0,81	1,11	1,32	1,32	1,18	1	0,78	0,56	0,41	0,35	0,818
39,90	39	90	0,33	0,49	0,74	1,04	1,25	1,26	1,12	0,93	0,71	0,49	0,33	0,28	0,748
40,00	40	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,000
40,05	40	5	1,02	1,03	1,05	1,08	1,09	1,09	1,07	1,06	1,05	1,03	1,02	1,01	1,050
40,10	40	10	1,03	1,06	1,1	1,14	1,17	1,16	1,14	1,11	1,08	1,05	1,03	1,02	1,091
40,15	40	15	1,04	1,08	1,14	1,21	1,25	1,24	1,2	1,16	1,12	1,07	1,03	1,02	1,130
40,20	40	20	1,03	1,09	1,17	1,26	1,32	1,3	1,25	1,2	1,14	1,08	1,03	1,02	1,158
40,25	40	25	1,02	1,09	1,19	1,3	1,38	1,36	1,3	1,23	1,16	1,08	1,02	1	1,178
40,30	40	30	1,01	1,09	1,2	1,34	1,43	1,41	1,34	1,26	1,17	1,07	1,01	0,98	1,193
40,35	40	35	0,98	1,07	1,21	1,37	1,47	1,45	1,37	1,28	1,17	1,06	0,98	0,95	1,197
40,40	40	40	0,95	1,05	1,21	1,39	1,5	1,48	1,39	1,29	1,16	1,04	0,95	0,92	1,194
40,45	40	45	0,92	1,03	1,2	1,39	1,52	1,5	1,4	1,29	1,15	1,01	0,91	0,88	1,183
40,50	40	50	0,87	0,99	1,18	1,39	1,54	1,52	1,41	1,28	1,13	0,98	0,87	0,83	1,166
40,55	40	55	0,82	0,95	1,15	1,38	1,54	1,52	1,4	1,27	1,1	0,94	0,82	0,78	1,139
40,60	40	60	0,77	0,9	1,12	1,36	1,53	1,51	1,39	1,24	1,07	0,89	0,77	0,72	1,106
40,65	40	65	0,71	0,85	1,07	1,34	1,51	1,5	1,37	1,21	1,03	0,84	0,71	0,66	1,067

40,70	40	70	0,64	0,79	1,02	1,3	1,49	1,47	1,34	1,17	0,98	0,78	0,64	0,59	1,018
40,75	40	75	0,57	0,73	0,97	1,25	1,45	1,44	1,3	1,13	0,92	0,72	0,57	0,52	0,964
40,80	40	80	0,5	0,66	0,9	1,2	1,41	1,4	1,25	1,08	0,86	0,65	0,5	0,45	0,905
40,85	40	85	0,42	0,58	0,84	1,14	1,35	1,35	1,2	1,02	0,8	0,58	0,43	0,37	0,840
40,90	40	90	0,34	0,5	0,76	1,07	1,29	1,29	1,14	0,95	0,73	0,5	0,35	0,29	0,768
41,00	41	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,000
41,05	41	5	1,02	1,03	1,05	1,08	1,09	1,09	1,07	1,06	1,05	1,03	1,02	1,02	1,047
41,10	41	10	1,03	1,06	1,1	1,15	1,18	1,17	1,14	1,12	1,09	1,06	1,03	1,02	1,096
41,15	41	15	1,04	1,08	1,14	1,21	1,26	1,24	1,21	1,17	1,12	1,07	1,04	1,03	1,134
41,20	41	20	1,04	1,09	1,17	1,27	1,33	1,31	1,26	1,21	1,15	1,08	1,04	1,02	1,164
41,25	41	25	1,03	1,1	1,2	1,32	1,39	1,37	1,31	1,24	1,17	1,09	1,03	1,01	1,188
41,30	41	30	1,02	1,09	1,21	1,35	1,44	1,42	1,35	1,27	1,18	1,08	1,01	0,99	1,201
41,35	41	35	0,99	1,08	1,22	1,38	1,49	1,47	1,38	1,29	1,18	1,07	0,99	0,96	1,208
41,40	41	40	0,96	1,06	1,22	1,4	1,52	1,5	1,4	1,3	1,18	1,05	0,96	0,93	1,207
41,45	41	45	0,93	1,04	1,21	1,41	1,55	1,52	1,42	1,3	1,16	1,03	0,93	0,89	1,199
41,50	41	50	0,88	1,01	1,19	1,41	1,56	1,54	1,42	1,3	1,14	0,99	0,88	0,84	1,180
41,55	41	55	0,84	0,97	1,17	1,41	1,57	1,54	1,42	1,28	1,12	0,95	0,83	0,79	1,158
41,60	41	60	0,78	0,92	1,14	1,39	1,56	1,54	1,41	1,26	1,08	0,91	0,78	0,73	1,125
41,65	41	65	0,72	0,87	1,09	1,36	1,54	1,53	1,39	1,23	1,04	0,85	0,72	0,67	1,084
41,70	41	70	0,66	0,81	1,04	1,32	1,52	1,5	1,36	1,19	0,99	0,8	0,66	0,61	1,038
41,75	41	75	0,59	0,74	0,99	1,28	1,48	1,47	1,32	1,15	0,94	0,73	0,59	0,54	0,985
41,80	41	80	0,52	0,67	0,93	1,23	1,44	1,43	1,28	1,1	0,88	0,67	0,52	0,46	0,928
41,85	41	85	0,44	0,6	0,86	1,16	1,38	1,38	1,23	1,04	0,82	0,6	0,44	0,39	0,862
41,90	41	90	0,36	0,52	0,78	1,09	1,32	1,32	1,17	0,98	0,74	0,52	0,36	0,31	0,789
42,00	42	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,000
42,05	42	5	1,02	1,04	1,06	1,08	1,09	1,09	1,08	1,06	1,05	1,03	1,02	1,02	1,053
42,10	42	10	1,04	1,06	1,11	1,15	1,18	1,17	1,15	1,12	1,09	1,06	1,04	1,03	1,100
42,15	42	15	1,04	1,09	1,15	1,22	1,26	1,25	1,21	1,17	1,13	1,08	1,04	1,03	1,139
42,20	42	20	1,05	1,1	1,18	1,28	1,34	1,32	1,27	1,21	1,15	1,09	1,04	1,03	1,172
42,25	42	25	1,04	1,1	1,21	1,33	1,4	1,38	1,32	1,25	1,17	1,09	1,04	1,01	1,195

42,30	42	30	1,02	1,1	1,23	1,37	1,46	1,44	1,36	1,28	1,19	1,09	1,02	1	1,213
42,35	42	35	1	1,09	1,23	1,4	1,51	1,48	1,39	1,3	1,19	1,08	1	0,97	1,220
42,40	42	40	0,97	1,08	1,24	1,42	1,54	1,52	1,42	1,31	1,19	1,06	0,97	0,94	1,222
42,45	42	45	0,94	1,05	1,23	1,43	1,57	1,54	1,43	1,32	1,18	1,04	0,94	0,9	1,214
42,50	42	50	0,9	1,02	1,21	1,44	1,59	1,56	1,44	1,31	1,16	1	0,89	0,86	1,198
42,55	42	55	0,85	0,98	1,19	1,43	1,59	1,57	1,44	1,3	1,13	0,97	0,85	0,8	1,175
42,60	42	60	0,8	0,93	1,15	1,41	1,59	1,57	1,43	1,28	1,1	0,92	0,79	0,75	1,143
42,65	42	65	0,74	0,88	1,11	1,39	1,57	1,55	1,41	1,25	1,06	0,87	0,74	0,69	1,105
42,70	42	70	0,67	0,82	1,07	1,35	1,55	1,53	1,38	1,21	1,01	0,81	0,67	0,62	1,058
42,75	42	75	0,6	0,76	1,01	1,31	1,52	1,5	1,35	1,17	0,96	0,75	0,6	0,55	1,007
42,80	42	80	0,53	0,69	0,95	1,25	1,47	1,46	1,3	1,12	0,9	0,68	0,53	0,48	0,947
42,85	42	85	0,46	0,62	0,88	1,19	1,42	1,41	1,25	1,06	0,83	0,61	0,46	0,4	0,883
42,90	42	90	0,38	0,54	0,81	1,12	1,36	1,35	1,19	1	0,76	0,54	0,38	0,32	0,813
43,00	43	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,000
43,05	43	5	1,02	1,04	1,06	1,08	1,1	1,09	1,08	1,07	1,05	1,03	1,02	1,02	1,055
43,10	43	10	1,04	1,07	1,11	1,16	1,19	1,18	1,15	1,12	1,09	1,06	1,04	1,03	1,103
43,15	43	15	1,05	1,09	1,15	1,23	1,27	1,26	1,22	1,18	1,13	1,08	1,05	1,03	1,145
43,20	43	20	1,05	1,1	1,19	1,29	1,35	1,33	1,28	1,22	1,16	1,09	1,05	1,03	1,178
43,25	43	25	1,04	1,11	1,22	1,34	1,42	1,4	1,33	1,26	1,18	1,1	1,04	1,02	1,205
43,30	43	30	1,03	1,11	1,24	1,38	1,48	1,45	1,37	1,29	1,2	1,1	1,03	1	1,223
43,35	43	35	1,01	1,1	1,25	1,42	1,52	1,5	1,41	1,31	1,2	1,09	1,01	0,98	1,233
43,40	43	40	0,98	1,09	1,25	1,44	1,56	1,54	1,43	1,33	1,2	1,07	0,98	0,95	1,235
43,45	43	45	0,95	1,06	1,24	1,45	1,59	1,57	1,45	1,33	1,19	1,05	0,95	0,91	1,228
43,50	43	50	0,91	1,03	1,23	1,46	1,61	1,58	1,46	1,33	1,17	1,02	0,91	0,87	1,215
43,55	43	55	0,86	1	1,21	1,45	1,62	1,59	1,46	1,32	1,15	0,98	0,86	0,82	1,193
43,60	43	60	0,81	0,95	1,17	1,44	1,62	1,59	1,45	1,3	1,12	0,94	0,81	0,76	1,163
43,65	43	65	0,75	0,9	1,13	1,41	1,61	1,58	1,43	1,27	1,08	0,89	0,75	0,7	1,125
43,70	43	70	0,69	0,84	1,09	1,38	1,58	1,56	1,41	1,23	1,03	0,83	0,69	0,64	1,081
43,75	43	75	0,62	0,78	1,03	1,34	1,55	1,53	1,37	1,19	0,98	0,77	0,62	0,57	1,029
43,80	43	80	0,55	0,71	0,97	1,28	1,51	1,49	1,33	1,14	0,92	0,7	0,55	0,49	0,970

43,85	43	85	0,47	0,64	0,9	1,22	1,45	1,44	1,28	1,08	0,85	0,63	0,47	0,42	0,904
43,90	43	90	0,39	0,56	0,83	1,16	1,39	1,38	1,22	1,02	0,78	0,56	0,4	0,34	0,836
44,00	44	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,000
44,05	44	5	1,02	1,04	1,06	1,09	1,1	1,1	1,08	1,07	1,05	1,04	1,02	1,02	1,058
44,10	44	10	1,04	1,07	1,11	1,16	1,19	1,18	1,16	1,13	1,1	1,06	1,04	1,03	1,106
44,15	44	15	1,05	1,09	1,16	1,23	1,28	1,27	1,22	1,18	1,13	1,09	1,05	1,04	1,149
44,20	44	20	1,06	1,11	1,2	1,3	1,36	1,34	1,28	1,23	1,17	1,1	1,05	1,04	1,187
44,25	44	25	1,05	1,12	1,23	1,35	1,43	1,41	1,34	1,27	1,19	1,11	1,05	1,03	1,215
44,30	44	30	1,05	1,12	1,25	1,4	1,49	1,47	1,38	1,3	1,2	1,11	1,04	1,01	1,235
44,35	44	35	1,02	1,11	1,26	1,43	1,54	1,52	1,42	1,32	1,21	1,1	1,02	0,99	1,245
44,40	44	40	1	1,1	1,26	1,46	1,59	1,56	1,45	1,34	1,21	1,08	0,99	0,96	1,250
44,45	44	45	0,96	1,08	1,26	1,48	1,62	1,59	1,47	1,35	1,2	1,06	0,96	0,92	1,246
44,50	44	50	0,92	1,05	1,25	1,48	1,64	1,61	1,48	1,34	1,19	1,03	0,92	0,88	1,233
44,55	44	55	0,88	1,01	1,22	1,48	1,65	1,62	1,48	1,33	1,16	0,99	0,87	0,83	1,210
44,60	44	60	0,82	0,97	1,19	1,47	1,65	1,62	1,47	1,32	1,13	0,95	0,82	0,78	1,183
44,65	44	65	0,77	0,92	1,16	1,44	1,64	1,61	1,46	1,29	1,09	0,9	0,76	0,72	1,147
44,70	44	70	0,7	0,86	1,11	1,41	1,62	1,59	1,43	1,26	1,05	0,85	0,7	0,65	1,103
44,75	44	75	0,64	0,8	1,06	1,37	1,59	1,56	1,4	1,21	1	0,78	64	0,58	6,333
44,80	44	80	0,56	0,73	0,99	1,32	1,54	1,52	1,36	1,16	0,94	0,72	0,56	0,51	0,993
44,85	44	85	0,49	0,66	0,93	1,26	1,49	1,48	1,31	1,11	0,87	0,65	0,49	0,43	0,931
44,90	44	90	0,41	0,58	0,85	1,19	1,43	1,42	1,25	1,04	0,8	0,57	0,41	0,35	0,858

# CAGFOT - Método de classificação de áreas para a implantação de unidades de geração fotovoltaica

Silva, Esp. José Humberto S.<sup>1)</sup> (humberto.jhss@gmail.com) e Leme, Dr. Sandro Petry Laureano<sup>1)</sup> (sandro.leme@ufms.br)

<sup>1)</sup> Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS); Faculdade de Engenharias e Arquiteturas e Urbanismo e Geografia, Mestrado Profissional em Eficiência Energética e Sustentabilidade

## ABSTRACT

This thesis deals with the development of an innovative method of classification, assigning scores to areas, to find, among the options analyzed, the most efficient and sustainable. The method was baptized with the name of CAGFOT (Classification of Areas for Photovoltaic Energy Generation). CAGFOT uses indicators, points and weights developed by Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018) and by Caruso Company (CARUSO, 2020), duly adapted for photovoltaic generation, in order to incorporate socio-environmental aspects, which are not considered by the actors responsible for the Electric Generation Expansion Planning, in the decision making of which area to be implemented in the photovoltaic electric energy generation. Therefore, The CAGFOT Method is a tool specialized in a single renewable source of electricity generation, photovoltaics. The CAGFOT Method was applied in the classification of areas available for the generation of photovoltaic electricity, by the Federal Police in Mato Grosso do Sul, which are distributed in the cities of Campo Grande, Dourados, Ponta Porã, Naviraí, Corumbá and Três Lagoas. The application of the CAGFOT Method, in the Federal Police areas in Mato Grosso do Sul, resulted in the area of the Federal Police Station in the City of Três Lagoas/MS as the most efficient and sustainable area, which obtained a score of 9.94 points, two of which 6.79 points for efficiency in the production of electric energy, and 3.15 points for sustainability. The area, despite being one of the smallest available, due to its characteristics and its location, added to the total effective power produced of 1,114.07 Wh.day/m<sup>2</sup>, which corroborates the data from the region of Três Lagoas/MS, which has an irradiation of 5.34 kWh.day/m<sup>2</sup>, the highest irradiation per m<sup>2</sup> in the state of Mato Grosso do Sul. The CAGFOT Method improves the analysis, as it is presented as another viable and useful tool for analysts who work in the planning of the expansion of electric energy generation, being the first tool to analyze and compare, in an efficient and sustainable way, the options of areas for the use of sunlight.

## 1. Introdução

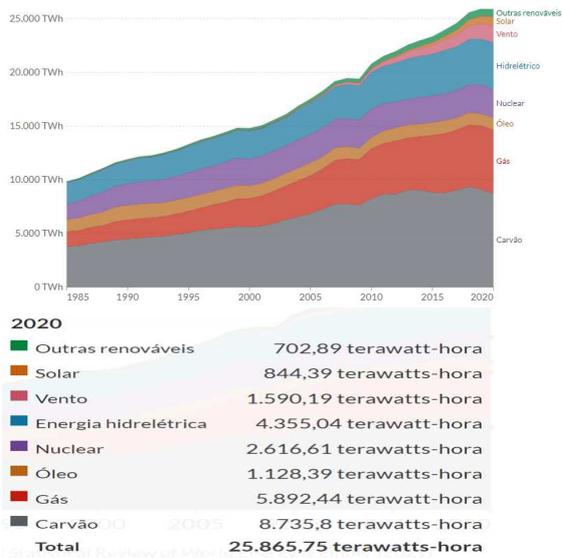
Segundo o Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018), a energia elétrica traz desenvolvimento, bem-estar, conforto e comodidade aos seus consumidores. No entanto, existe a dificuldade de armazená-la de uma forma economicamente viável, por isso o sistema elétrico deve ser dimensionado para atender a demanda máxima de energia. Neste aspecto, a longa distância entre os centros consumidores e os centros geradores, demanda vastos e complexos sistemas de transmissão e distribuição, os quais exigem grandes investimentos e ações permanentes de planejamento na operação e manutenção do sistema.

Conforme o Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018) o setor elétrico atualmente e principalmente na década de 1990, passou a ser operado de forma distinta, com a separação comercial dos segmentos da geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia, os quais passaram a ser operados por diferentes agentes, e daí vem a grande importância do planejamento energético, para garantir um funcionamento eficiente de novo modelo de operação.

De acordo com o Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018), surgiram as necessidades de se estabelecer um Planejamento Indicativo, que é aquele que sinaliza ao agente os empreendimentos de interesse para a expansão dos sistemas elétricos, e o Planejamento Determinativo, que é aquele em que o governo age para direcionar a implantação dos empreendimentos prioritários, havendo ou não, interesse dos agentes privados. A integração ao sistema existente, que é um grande desafio operacional, possui custos elevados, pois quanto maior a confiabilidade do suprimento, maior é a modicidade tarifária da energia.

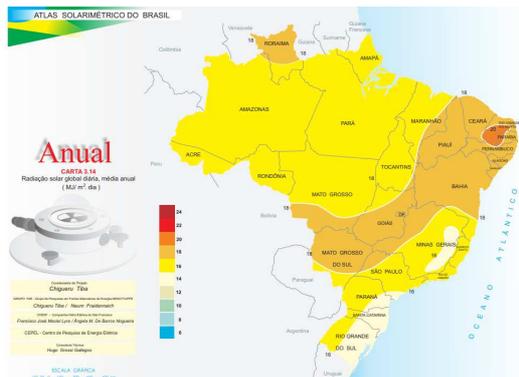
Para contribuir na solução de toda esta problemática, nesta Dissertação de Mestrado o foco foi na maior fonte de energia que chega ao nosso planeta, a Energia Solar, à qual é ainda subutilizada pela humanidade, conforme demonstrado na Figura 1, pois a humanidade ainda está no caminho inicial de evolução dos sistemas de captação. Analisando o Atlas Solarimétrico do Brasil (2000, p. 59), Figura 2, constatou-se que o Estado do Mato Grosso do Sul possui um ótimo potencial de geração de fonte solar no território brasileiro, o que é ainda praticamente inexplorado em larga escala. Portanto ainda está sendo desperdiçado este potencial extraordinário de geração de energia limpa no planejamento para a ampliação da matriz energética.

Figura 1 – Geração de Energia Elétrica Mundial por fonte.



Fonte: Our World in Data, 2021, adaptado pelo Autor.

Figura 2 – Atlas Solarimétrico do Brasil.



Fonte: Atlas Solarimétrico do Brasil, 2020, adaptado pelo Autor.

Visando atender a necessidade de se estabelecer um planejamento indicativo, aliado ao aproveitamento do potencial do Estado de Mato Grosso do Sul, para a geração de energia de fonte solar, a dissertação irá desenvolver, um método de classificação de áreas através de pontuação atribuídas em diversas equações matemáticas.

O método desenvolvido recebeu o nome de CAGFOT (Classificação de Áreas para Geração de Energia Fotovoltaica). O CAGFOT tem o objetivo de classificar áreas para o planejamento e futura implantação de unidades de geração fotovoltaica no Brasil. Este método busca preencher uma lacuna, na implantação de unidades de geração fotovoltaicas, pois leva em consideração a incorporação, nas suas equações matemáticas, de indicadores de sustentabilidade e não apenas os indicadores de eficiência energética.

Diversos indicadores já foram desenvolvidos no Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018), para comparação de todos os tipos de fontes energéticas, tanto a de matriz renováveis como não renováveis, como também pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020), os quais foram utilizados na caracterização e análise socioambiental para implementação

da Linha de Transmissão de 500 kV, entre a Cidade de Ponta Grossa a Assis, do Edital do Leilão nº 2/2021-ANEEL.

As áreas classificadas e comparadas pelo método CAGFOT receberam as suas respectivas pontuações, indicado, no final, através da maior pontuação alcançada a mais eficiente e sustentável, isto é, a área com a melhor eficiência na produção de energia fotovoltaica, com o menor impacto social e ambiental.

## 2. Objetivo Geral e Objetivo Específico

O objetivo geral da dissertação é desenvolver um método de pontuação e classificação, nominado com CAGFOT (Classificação de Áreas para Geração de Energia Fotovoltaica), utilizando os indicadores, pontos dos indicadores e pesos, desenvolvidos no Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018) e da Empresa Caruso (CARUSO, 2020), devidamente adaptados para geração fotovoltaica, para pontuação e classificação de áreas para o planejamento e futura implantação de unidades de geração fotovoltaica no Brasil.

O objetivo específico é aplicar o método CAGFOT, desenvolvido na dissertação, em áreas disponíveis para geração de energia fotovoltaica da Polícia Federal em Mato Grosso do Sul, nas unidades instaladas nas cidades de Campo Grande/MS, Ponta Porã/MS, Dourados/MS, Naviraí/MS, Três Lagoas e Corumbá/MS, segundo PF (2022) e indicar a mais eficiente e sustentável na produção de energia elétrica fotovoltaica. Isso no intuito de suprir as necessidades de demanda energética do referido Órgão Federal em Mato Grosso do Sul.

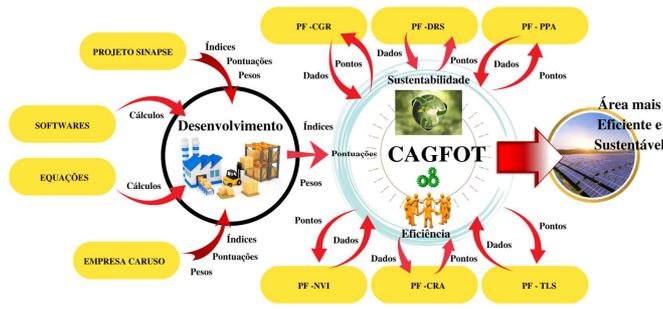
## 3. Metodologia

O Método CAGFOT foi desenvolvido tendo como base os índices, pontuações e pesos que do Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018), representados pelas Tabelas 2 e 3, e os desenvolvidos pela da Empresa Caruso (CARUSO, 2020).

Tais índices, pontuações e pesos foram adaptados, especificamente para a geração fotovoltaica, buscando enquadrá-los a especialidade. Foram adaptados 28 índices no total, onde o Índice 1, que representa a Eficiência na produção de energia elétrica no Método CAGFOT, tem a pontuação mais representativa, em termo de valores numéricos, pois quem irá fazer uso do Método CAGFOT, tem como objetivo produzir energia elétrica fotovoltaica de forma eficiente. No tocante ao impacto social, que faz parte da sustentabilidade, como o Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018), desenvolveu seus índices de impacto social relacionados diretamente a eficiência na produção de energia elétrica, no Método CAGFOT tal representatividade ficou totalmente inserida no Índice 1, sem a necessidade índices específicos do impacto social, devido ao alto valor numérico alcançado pelo Índice 1 frente aos demais 27 índices. Os outros 27 índices do Método CAGFOT representam a Sustentabilidade, sendo os índices de 2 a 6, específicos da licença ambiental, os índices de 7 ao 27, ambientais, e o Índice 28, representa os riscos do empreendimento.

No total, 5 equações foram elaboradas, e utilizados alguns softwares de acesso livre, como exemplo, para a elaboração da Tabela K, Anexo A. Depois com os dados coletados, calculou-se as pontuações das áreas em análise, os resultados foram centralizados em uma tabela, para fins de comparação, análise dos resultados e indicação da área mais eficiente e sustentável. A Figura 16 traz o Diagrama da metodologia de desenvolvimento usado na criação do Método CAGFOT.

Figura 3 – Diagrama da metodologia de desenvolvimento do Método CAGFOT.



Fonte: Autor, 2022.

As principais equações desenvolvidas para o método CAGFOT são as seguintes as equações (1), (2), (3), (4) e (5).

$$\text{Pontuação da Área} = (\text{Valor do Índice 1} + \text{Valor do Índice 2} + \text{Valor do Índice 3} + \dots + \text{Valor do Índice 27} + \text{Valor do Índice 28}) / 10 \quad (1)$$

Onde:

$$\text{Valor do Índice } n = \text{Pontuação do Índice } n \times \text{Peso do Índice } n \quad (2)$$

$$\text{Potência Efetiva média diária produzida} = \text{ISDMMk médio (W)} \times (\text{Potência Instalada (W)} / 1000) \times (1 - \text{Fator de Perdas adotado}) \quad (3)$$

Sendo:

ISDMMk - Irradiação solar diária média mensal corrigido pela constante k (kWh/m<sup>2</sup>. dia), k é uma constante relacionada ao posicionamento do sol em relação a instalação da placa no local.

Fator de Perdas adotado - Fator de Perdas de potência dos módulos de instalados em %.

Fator de Perdas - É o que realmente é entregue de potência pelas placas, pois pega a potência especificada e retira da equação as perdas totais durante a geração.

$$\text{Pontuação do Índice 1} = \text{Potência Efetiva média produzida dia} \times \text{Constante Eficiência da Instalação} \quad (4)$$

Onde:

$$\text{Constante de eficiência da instalação} = \frac{\text{Potência Efetiva média diária produzida. m}^2}{\text{Potência Total média da área diária disponível. m}^2} \quad (5)$$

A escolha do Índice 1 foi baseado no item 1.1.1 Ind.: Área ocupada pela geração de energia (km<sup>2</sup>/ TWh), Tópico Solo, Dimensão Ambiental âmbito do Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018).

Estes termos foram escolhidos para compor o Método CAGFOT, pois têm uma relação direta com a área utilizada e a potência gerada. Fornecendo parâmetro importante relacionado à eficiência, pois quanto maior a potência produzida por m<sup>2</sup>, maior sua eficiência. No entanto, no Método CAGFOT a relação área ocupada por potência produzida foi invertida e para a relação de potência produzida por área ocupada, e as unidades foram adaptadas de km<sup>2</sup> / MWh, do Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018), para kWh / m<sup>2</sup>.

Os outros índices do Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018), em sua grande maioria, excetuando os de Licença Ambiental, têm relação direta com a potência de geração de energia, mostrando-se mais relevantes em usá-los, quando compara-se diferentes matrizes de geração.

No caso do Método CAGFOT a potência já está bem representada pelo Índice 1, acrescentar mais índices relacionados à potência, iria aumentar a pontuação, na proporção da potência gerada, sem criar uma diferença substancial na classificação final.

Todas as áreas cresceriam em valores de pontos de acordo com suas potencialidades de geração. Portanto, o próximo passo foi se concentrar na utilização dos índices desenvolvidos pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020).

Os Índices 2, 3, 4, 5 e 6 da Dimensão Política e Institucional, Licença Ambiental, da Tabela 2 do Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018), foram escolhidos e usados integralmente, com o valor do índice atrelado ao peso adotado, sendo extremamente necessários, pois a licença ambiental está presente em todas as fases de qualquer estudo de expansão do sistema elétrico, e isso não poderia ser diferente no Método CAGFOT.

Os índices de 2 à 6 se foram especificados conforme segue:

- Índice 2 - Flexibilidade na escolha da localização do empreendimento é importante pois, caso contrário, pode-se ficar restrito a áreas de pouca eficiência e com alto impacto ambiental. Manteve-se a pontuação e pesos atribuídas pelo Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018);

- Índice 3 - Simplicidade dos Estudos Ambientais exigidos pelo licenciamento ambiental, diminuindo os custos e o prazo do projeto. Manteve-se a pontuação, pesos e classificações atribuídas pelo Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018);

- Índice 4 - Potencial envolvimento de menos órgãos no processo de Licenciamento Ambiental, diminuindo os prazos e possibilidade de legislações confrontantes. Manteve-se a pontuação, pesos e classificações atribuídas pelo Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018);

•Índice 5 - Potencial para cumprimento do prazo regulatório para licenciamento ambiental, também está relacionado ao prazo e viabilidade do projeto acontecer efetivamente e impacta diretamente nos custos do empreendimento. Manteve-se a pontuação, pesos e classificações atribuídas pelo Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018);

•Índice 6 – Potencial para cumprimento do prazo regulatório para licenciamento ambiental, caso este item não se cumpra todo o projeto estaria em risco. Manteve-se a pontuação, pesos e classificações atribuídas pelo Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018).

Os outros 22 índices restantes do Método CAGFOT, de 7 a 28, foram inspirados nos índices desenvolvidos pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020), para o Projeto de construção de uma Linha de Transmissão de 500 kV, entre as Cidades de Ponta Grossa/PR à Assis/SP.

Os índices foram adaptados para o Método CAGFOT, sendo que alguns tiveram classificações acrescentadas, alguns mantiveram a pontuação atribuída, outros foram acrescentados novas pontuações e, os pesos, em sua grande parte, foram modificados, procurando adaptá-los mais a condição de uma unidade de geração fotovoltaica.

Os índices de 7 à 28 foram especificados conforme segue:

•Índice 7 - Territórios indígenas e territórios indígenas não demarcados – A importância deste índice ocorre porque estes territórios são também reservas ambientais, tornando a licença ambiental mais onerosa e demorada. E, durante o processo de construção das usinas, o impacto ambiental e social pode ser grande, conforme detalhado no item 4.2.6. A classificação Proximidade de até 10 km, foi atribuída a pontuação 0. Manteve-se a pontuação atribuída pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020) a classificação Ausência de reservas indígenas. As pontuações foram ampliadas de 3 para 7 valores, incluindo três valores negativos o -1, -1,5 e o -2. Novas classificações com distâncias foram inseridas a tabela original, e quanto mais perto da reserva, maior tornaram-se os valores dos pontos negativos. Manteve-se o peso original atribuído pela Empresa Caruso;

•Índice 8 - Unidades de conservação – Pelos mesmos motivos do Índice 7, no entanto, manteve-se o ponto zero para a classificação Ausência, atribuído originalmente pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020), as pontuações foram ampliadas de 3 para 7 valores, incluindo três valores negativos o -1, -1,5 e o -2. Novas distâncias foram inseridas a tabela original, e quanto mais perto da unidade de conservação, maior tornaram-se os valores dos pontos negativos. Manteve-se o peso original atribuído pela Empresa Caruso;

•Índice 9 - Aeródromos – Este índice foi inserido pois a concentração de painéis fotovoltaicos em determinado área, com média ou grande concentração, pode causar impactos negativos aos aviões pela reflexão da luz solar, conforme detalhado no item 4.2.2. Manteve-se o ponto 0 para a classificação Ausência, atribuído originalmente pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020), as pontuações foram ampliadas de 3 para 7 valores, incluindo três valores negativos

o -1, -1,5 e o -2. Novas distâncias foram inseridas a tabela original, e quanto mais perto do aeródromo, maior tornaram-se os valores dos pontos negativos. O peso foi diminuído de 2 para 1,5;

•Índice 10 - Espeleologia (formação geológica de cavernas) – Estas características estão relacionadas com o tipo de formação do solo onde a unidade de geração será instalada, pois locais com possibilidade de ocorrência de cavernas subterrâneas, são sujeitos ao aluimento de seus tetos. Como exemplo, pode-se apontar os cenotes no México, o que viria a pôr em risco todo o projeto. A ocorrência improvável de cavidades foi atribuída a pontuação um, modificando a pontuação atribuída originalmente pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020). As pontuações foram ampliadas de 3 para 7 valores, incluindo três valores negativos o -1, -1,5 e o -2. Outras classificações foram inseridas a tabela original, e quanto maior a classificação de Possibilidade de ocorrência, maior tornaram-se os valores dos pontos negativos. Manteve-se o peso original atribuído pela Empresa Caruso;

•Índice 11 - Sítios arqueológicos – A presença e possível destruição, parcial ou total, de um sítio arqueológico pelo empreendimento, seria algo irreparável, e poderia causar perdas inestimáveis para toda a humanidade. A ausência foi atribuída a pontuação um, modificando a pontuação atribuída originalmente pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020). As pontuações foram ampliadas de 3 para 7 valores, incluindo três valores negativos o -1, -1,5 e o -2. Foi inserida a classificação Presença de sítio arqueológico a uma distância de até 500 m, e quanto menor a distância, maior tornaram-se os valores dos pontos negativos. O peso teve um aumento de 1,5 para 3;

•Índice 12 - Sítios paleontológicos (ocorrências fossilíferas) – Pelo mesmo motivo elencado no Índice 11. A ausência foi atribuída a pontuação um, modificando a pontuação atribuída originalmente pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020). As pontuações foram ampliadas de 3 para 7 valores, incluindo três valores negativos o -1, -1,5 e o -2. Foi inserida a classificação Presença de sítio paleontológicos a uma distância de até 500 m, e quanto menor a distância, maior tornaram-se os valores dos pontos negativos. O peso teve um aumento de 1,5 para 3;

•Índice 13 - Uso do Solo – A questão do uso do solo está diretamente relacionada a segurança alimentar, a utilização de solo fértil não deve ser incentivada, no entanto, a recuperação de solos degradadas traz benefícios, tudo já bem detalhado nos itens 4.2.1 e 4.2.6. Diversas classificações foram acrescentadas às elaboradas originalmente pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020). As pontuações foram ampliadas de 3 para 7 valores, incluindo três valores negativos o -1, -1,5 e o -2. O peso teve um aumento de 1,5 para 2;

•Índice 14 - Processos minerários – A presença de processos minerários no local de geração pode acarretar um grande índice de partículas suspensas no ar, com a movimentação de caminhões, ou mesmo o uso de explosivos, as quais acabariam depositando-se nos painéis, afetando diretamente a sua eficiência, aumento o consumo de água ou produtos químicos em sua manutenção. Manteve-se as classificações originais adotadas pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020), no entanto, o sinal de suas pontuações foi invertido para o negativo, enquadrando-os três valores

negativos inseridos, o -1, -1,5 e o -2. As pontuações foram ampliadas de 3 para 7 valores. O peso teve um aumento de 1,5 para 2;

- Índice 15 - Áreas Urbanas – A questão de a instalação ser realizada em áreas urbanas em si é benéfica, pela proximidade do centro de demanda por consumo de eletricidade, mas especificamente o índice, em questão, vem de encontro com os problemas gerados com as bolhas de calor, as quais foram detalhadas no item 4.2.3. Diversas classificações foram acrescentadas às elaboradas originalmente pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020). As pontuações foram ampliadas de 3 para 7 valores, incluindo três valores negativos o -1, -1,5 e o -2. Manteve-se o peso original atribuído pela Empresa Caruso;

- Índice 16 - Usina Hidro existentes, PCHs (Pequenas Centrais Hidroelétricas), Usinas Termoelétricas e Subestações – A presença de usinas e subestação deve ser pontuada positivamente, pois viabiliza o projeto, diminuindo os investimentos, pois a unidade fotovoltaica pode compartilhar a mesma infraestrutura existente dessas unidades de geração e distribuição elétricas, diminuindo os custos e o uso de novos materiais, conforme detalhado no item 4.2.4. Diversas classificações foram acrescentadas às elaboradas originalmente pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020), a classificação Ausência foi retirada. As pontuações foram ampliadas de 3 para 7 valores, incluindo três valores negativos o -1, -1,5 e o -2, no entanto, somente a classificação de distâncias superiores a 10.000 recebeu a pontuação negativa. Manteve-se o peso original atribuído pela Empresa Caruso;

- Índice 17 - Assentamentos rurais – consolidados e planejados – A presença ou planejamento de assentamentos próximos a área de instalação é salutar, pois a unidade pode vir a ser uma opção de atendimento a essas comunidades carentes de energia limpa e barata. Foi acrescentado uma classificação às elaboradas originalmente pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020), separando as distâncias de existência de assentamentos em até 500 e uma superior a 500 até 1.000 metros. A classificação Distância de até 500 metros recebeu pontuação máxima positiva. Manteve-se o peso original atribuído pela Empresa Caruso;

- Índice 18 - Remanescentes de Mata Atlântica – Neste caso, a destruição de mata ameaçada de extinção, seja qual for, segue a mesma motivação dos índices 11 e 12. As pontuações foram ampliadas de 3 para 7 valores, incluindo três valores negativos o -1, -1,5 e o -2. A classificação Presença de remanescentes de Mata Atlântica recebeu a pontuação máxima negativa, a classificação Ausência permaneceu com pontuação zero. O peso teve um aumento de 1 para 3;

- Índice 19 - Presença de infraestrutura – Vias – Este índice está relacionado a diminuição de custos para implantação e sua justificativa pode ser encontrada nos itens 4.2.4 e 4.2.6. Diversas classificações foram acrescentadas às elaboradas originalmente pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020). As pontuações foram ampliadas de 3 para 7 valores, incluindo três valores negativos o -1, -1,5 e o -2. O peso teve um aumento de 1 para 2;

- Índice 20 – Declividade – A declividade do terreno interfere nos aspectos técnicos de funcionamento do sistema, em algumas vezes agindo positivamente, mas no caso do

índice em questão, está diretamente relacionada ao potencial erosivo do terreno, locais planos são menos susceptíveis a processos erosivos. A justificativa do uso do índice pode ser encontrada em 4.2.5. As pontuações foram ampliadas de 3 para 7 valores, incluindo três valores negativos o -1, -1,5 e o -2. A classificação Alta declividade e Muito alta declividade receberam pontuações negativas. O peso teve um aumento de 1 para 3;

- Índice 21 – Litologia (descrição das rochas) – A presença de rochas foi positivamente pontuada, e sua justificativa vem no intuito de que solos com maior presença de rochas não são suscetíveis a erosão e dificilmente tem aptidão agropastoril. As classificações elaboradas originalmente pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020) foram mantidas, as pontuações foram ampliadas de 3 para 7 valores, incluindo três valores negativos o -1, -1,5 e o -2. A classificação Baixa suscetibilidade foi mantida com a pontuação 0, a classificação Média suscetibilidade foi passada de 1 para 1,5, e a classificação Muito alta suscetibilidade foi mantida como dois. O peso teve um aumento de 0,5 para 1;

- Índice 22 – APPs Hídricas (Área de Preservação Permanente) – A presença de áreas de preservação permanentes hídricas podem gerar uma série de problemas ao ambiente, e foram amplamente tratadas em 4.2.5. Foram acrescentadas duas classificações à elaborada originalmente pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020). As pontuações foram ampliadas de 3 para 7 valores, incluindo três valores negativos o -1, -1,5 e o -2. A todas foram atribuídas valores negativos, atribuindo o valor 0 para a classificação de Ausência. O peso teve um aumento de 0,5 para 3;

- Índice 23 – Áreas Prioritárias – A questão de áreas prioritária, pode ser com relação direta com a questão social, questão técnica, como a carência de suprir a demanda de energia em determinada localidade. Foram mantidas as classificações e pontuações atribuídas originalmente pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020). O peso teve um aumento de 0,5 para 3;

- Índice 24 – LTs existentes e LTs planejadas (LT – Linhas de Transmissão de Energia) – Questão de infraestrutura existente vem não só de encontro com as questões dos custos e, menor tempo de execução, mas também estão relacionadas com a menor utilização de matéria-prima para o funcionamento da unidade de geração, o que foi amplamente tratada no item 4.2.4. Diversas classificações foram acrescentadas às elaboradas originalmente pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020). As pontuações foram ampliadas de 3 para 7 valores incluindo três valores negativos o -1, -1,5 e o -2. A classificação Ausência passou do valor 0 para o valor máximo negativo. O peso teve um aumento de 0,5 para 3;

- Índice 25 – Eixo ferroviário/rodoviário – Este índice está diretamente relacionado à questão de manutenção dos painéis, pois a ferrovia, como também a rodovia, costuma transportar minérios, grãos e outros produtos. O movimento intenso destas cargas pode sobrecarregar o ar com partículas de poeiras e outros elementos. Foi acrescentado uma classificação às elaboradas originalmente pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020). As pontuações foram ampliadas de 3 para 7 valores incluindo três valores negativos o -1, -1,5 e o -2. A classificação Ausência manteve-se a pontuação 0 e as

demais foram atribuídos valores negativos. Manteve-se o peso original atribuído pela Empresa Caruso;

- Índice 26 – Contaminação do Lençol freático, rios e riachos – A contaminação das águas pode ocorrer de diversas formas e foi amplamente tratada nos itens 4.2.4 e 4.2.5. Este índice não faz parte aos elaborados originalmente pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020). As pontuações foram criadas com 7 valores, incluindo três valores negativos o -1, -1,5 e o -2, um valor 0 e três valores positivos, o 1, 1,5 e o 2. A classificação Ausência foi atribuída a pontuação 0, a classificação Muito pouca possibilidade recebeu a pontuação 1, e a pequena, média e grande possibilidade receberam as pontuações -1, -1,5 e -2, respectivamente. O peso atribuído ao índice foi o de valor 3;

- Índice 27 – Exposição a salinidade marítima poeira e partículas – A exposição a salinidade acarreta o aumento do uso de água, para limpeza dos painéis, e está relacionada a corrosão das estruturas e componentes, o que foi tratado nos itens 4.2.4 e 4.2.5. Este índice não faz parte aos elaborados originalmente pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020). As pontuações foram criadas com 7 valores, incluindo três valores negativos o -1, -1,5 e o -2, um valor 0 e três valores positivos, o 1, 1,5 e o 2. A classificação Ausência foi atribuída a pontuação 0, a classificação Muito pouca possibilidade recebeu a pontuação 1, e a pequena, média e grande possibilidade receberam as pontuações -1, -1,5 e -2, respectivamente. O peso atribuído ao índice foi o de valor 1,5;

- Índice 28 – Pedologia (estudo dos solos) – Este índice agrega junto com o Índice 20, a questão de declividade e a possível ocorrência de erosão. No, entanto, ele especificamente está ligado a tipologia do solo onde o projeto será implementado, e verifica a questão do risco do empreendimento, pois dependendo do tipo de solo, pela sua composição, é mais suscetível a erosão, o que pode ocasionar prejuízos financeiros e ambientais. Foram acrescentados duas classificações às elaboradas originalmente pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020), as quais receberam as pontuações 1 e 0, passando as pontuações de 3 valores para 5 valores. Os valores originais tiveram seus sinais invertidos de positivo para negativo. Manteve-se o peso original atribuído pela Empresa Caruso.

A Equação 1 foi construída somando-se os 28 valores dos índices escolhidos para compor o Método CAGFOT. Alguns desses valores somam-se positivamente, agregando pontos no valor final, e outros negativamente, subtraindo pontos ao valor final.

O valor final, resultado da soma de todos os valores de índices é dividido por 10, buscando deixá-lo em um intervalo de resultados entre 1 e 10. O valor do índice 1 é o mais representativo em valores numéricos, pois ele representa a capacidade direta de geração de energia fotovoltaica, ligado assim diretamente a eficiência energética.

No desenvolvimento do Método foi escolhida uma área para a realização de um estudo de caso, para melhor exemplificação e entendimento, sendo tal área escolhida propositalmente no litoral do sul do Brasil. Isso no intuito de demonstrar que o método desenvolvido pode ser aplicado em qualquer região, pois no objetivo específico da dissertação as seis áreas analisadas estão todas no Estado de Mato Grosso do Sul.

De todas as sete áreas analisadas foram levantados dados e características específicas, calculando para cada uma o seu Índice 1 e enquadrando nas Tabela 10 e 11 os demais 27 Índices desenvolvidos. Ao final, após chegar à pontuação geral de cada área, os resultados foram comparados para indicar a área mais eficiente e sustentável para a geração fotovoltaica.

O Método CAGFOT não foi criado para habilitar ou desabilitar o uso de determinada área, para fins de uso de geração fotovoltaica, e sim para classificar áreas habilitadas, indicando qual é a mais eficiente e sustentável.

#### 4. Desenvolvimento

O objetivo geral da dissertação é desenvolver um método de pontuação e classificação, nominado CAGFOT (Classificação de Áreas para Geração de Energia Fotovoltaica), adaptando os indicadores desenvolvidos no Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018) e pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020), com a finalidade de pontuação, classificação e indicação de áreas para o planejamento e futura implantação de unidades de geração fotovoltaica no Brasil, e depois atendendo o objetivo específico é aplicar o método CAGFOT, desenvolvido na dissertação, em áreas disponíveis para geração de energia fotovoltaica da Polícia Federal em Mato Grosso do Sul.

##### 4.1 – Desenvolvimento do Método CAGFOT

Inicialmente partiu-se do desenvolvimento do índice 1, que representa a eficiência na produção de energia fotovoltaica, e criação e adaptação dos 27 Índices restantes do Método CAGFOT, que representam a sustentabilidade, com a utilização de um estudo de caso na Cidade de Florianópolis no Estado de Santa Catarina.

##### 4.1.1 – Definição do Índice 1 do Método CAGFOT - Obtenção do valor de Irradiação solar diária média mensal do estudo de caso

Para a desenvolvimento do Índice 1, o primeiro passo é a realização do cálculo de irradiação solar em um plano inclinado de uma área a ser avaliada. Para tal, define-se a localidade que se pretende analisar como estudo de caso. Foi escolhida uma área de 10.000 m<sup>2</sup>, de área de aterro, na Praia do Saco dos Limões, ao lado do Terminal de Ônibus, na Ilha da Cidade de Florianópolis/SC, contendo a Latitude de 27,601° S e Longitude 48,549° W, conforme informações constantes no Google Earth (2022).

Através dessas coordenadas é possível calcular, com o software SunData, no site da Cresesb (CRESESB, 2022), a inclinação do plano de menor irradiação solar mensal. Deve ser levado em consideração nos resultados apresentados pelo SunData, a Estação de Medição cuja distância for a menor em km, da área a ser avaliada. No caso a estação escolhida está a 3,2 km de distância.

A inclinação adotada para a instalação das placas é a de menor irradiação solar mensal, porque é a situação mais crítica, e se essa condição é respeitada com o intuito de garantir um fornecimento contínuo de energia elétrica. Isso

não significa que o analista não possa adotar outras opções, como ângulo igual a latitude ou a maior média anual, a única restrição é que se adotar um dos métodos para uma das áreas, deverá aplicar o mesmo para as outras áreas que estão sendo comparadas e analisadas. Inclinação de instalação da placa escolhida foi de  $\alpha = 40^\circ$ .

Após o resultado do cálculo, conforme demonstra a Figura 04, o resultado do valor da Irradiação Solar diária média anual foi de 4,31 [kWh/m<sup>2</sup>.dia], a inclinação de instalação da placa adotada é  $\alpha = 40^\circ$ . Resultado foi baseado em uma estação localizada a 3,2 km de distância, do local escolhido para classificação do estudo de caso usado na elaboração do Índice 1.

Figura 4 – Cálculo da Irradiação solar diária média [kWh/m<sup>2</sup>.dia]. Resultado apresentado pelo software SunData.

Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal (kWh/m <sup>2</sup> .dia)												Média	Delta
		Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Plano Horizontal	0° N	5,97	5,45	4,71	3,77	3,05	2,57	2,78	3,41	3,58	4,38	5,54	6,91	4,25	3,44
Ângulo igual a latitude	27° N	5,28	5,20	4,93	4,42	3,98	3,52	3,60	4,17	3,82	4,27	5,02	5,26	4,45	1,74
Maior média anual	22° N	5,44	5,32	4,95	4,34	3,84	3,38	3,45	4,06	3,82	4,34	5,20	5,49	4,47	2,12
Maior mínimo mensal	40° N	4,72	4,83	4,76	4,46	4,16	3,74	3,79	4,27	3,74	4,02	4,67	4,71	4,31	1,09

Fonte: CRESESB, 2022. Adaptada pelo Autor.

#### 4.1.2 Definição do Índice 1 do Método CAGFOT - Escolha do tipo e modelo de placa fotovoltaica a ser utilizada na área

Importante salientar que a placa fotovoltaica escolhida poderá ser qualquer modelo ou marca que atenda tecnicamente a instalação, a única restrição é que a escolhida deverá ser a mesma em todos os locais, objetos de comparação. Esta medida é muito importante, pois ao diversificar o tipo de placa nas localidades em comparação, insere-se uma variável que prejudica o principal objetivo do Método CAGFOT, que é compará-las em termos de eficiência. Essa medida, não impede que arranjos individuais de distribuição das placas sejam feitos, isto é claro, de acordo com as características específicas do local, buscando uma eficiência intrínseca de um determinado local.

A placa fotovoltaica escolhida para o estudo de caso foi a BiHiKu7\_CS7N-MB-AG\_v2.4, monocristalina, de potência de 665 Wp, da Empresa Canadian (CANADIAN, 2022), à qual possui as seguintes dimensões: 1,303 m de largura por 2,384 m de comprimento, com área total de 3,106 m<sup>2</sup>. Tal escolha foi aleatória, no entanto, procurou-se escolher a marca de referência com as características e potências de geração mais recentes e mercado.

#### 4.1.3 Definição do Índice 1 do Método CAGFOT -Calcular a quantidade de placas que poderão ser instaladas

O estudo de caso, apresentado no item 6.1.1, possui uma área total de 10.000 m<sup>2</sup>, com 100m de comprimento por 100 m de largura. Para calcular a quantidade de placas que poderão ser instaladas no local, o primeiro obstáculo é definir o espaçamento entre as linhas do arranjo de instalação dos módulos fotovoltaicos, denominado “d”.

Tais espaçamentos interferem diretamente sobre a eficiência na conversão de energia solar elétrica, indicando a

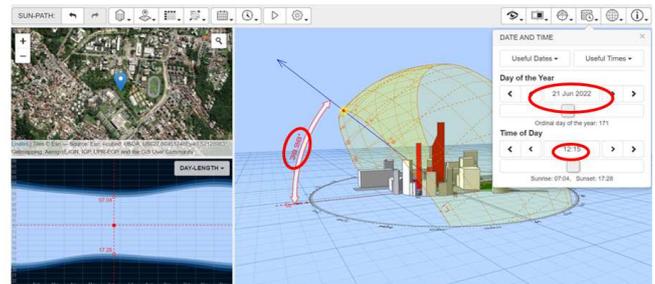
quantidade total de placas que poderão ser instaladas na área escolhida, o que irá impactar diretamente na eficiência da instalação.

Na análise da Figura 4 fica notório que o mês de menor irradiação solar é o mês de junho, pois o resultado do software SunData, no site da Cresesb (CRESESB, 2022), vem com a irradiação solar diária média destacada em vermelho, chamando a atenção para o mês mais crítico para a geração fotovoltaica em questão.

Então, com a utilização de mais um software, o 3D-SUN-PATH do site do Dr. Masch (MASCH, 2022), colocando as coordenadas do item 6.1.1, nota-se que o horário de 12 h:15 min é o horário em que os pontos do Norte Geográfico coincidem com o Norte Magnético, este ponto é o que possui o menor ângulo de inclinação do sol.

Após isso, percorrendo todos os dias do mês de junho, dia a dia, até e encontrar o dia de junho, que possui a menor ângulo do Sol com relação ao plano horizontal, no horário de 12 h:15 min, nota-se que o ângulo se estabiliza, isto é, ou o ângulo após esse dia ou antes dele a crescer ou diminuir. Isto pode melhor ser representado e entendido na Figura 5. Tais características foram observadas no 3D-SUN-PATH, procurando o menor ângulo de inclinação do sol e o dia mais crítico do mês mais crítico.

Figura 5 – Tela com o resultado do Software 3D-SUN-PATH para o estudo de caso.



Fonte: MASCH, 2022, adaptada pelo Autor.

No caso específico como a posição mais baixa do Sol, o dia 21 de junho às 12 h 15 min, para o ano de 2022 em que o estudo de caso está sendo realizado. Como resultado o menor ângulo de inclinação do sol encontrado foi o do ângulo  $\beta = 38,98^\circ$ , destacado em vermelho na Figura 5. Com o  $\beta = 38,98^\circ$  verifica-se a situação mais crítica, para a incidência de sombreamento entre as linhas do arranjo da unidade geradora.

De acordo com Solar View (SOLAR VIEW, 2022), o espaçamento mínimo entre as linha

s de placas é a distância “d”, que vem representada pela Figura 6, seu cálculo, evita a incidência de sombreamento entre as linhas de placas do sistema.

Segundo Solar View (SOLAR VIEW, 2022) “d” é calculado através da seguinte equação:

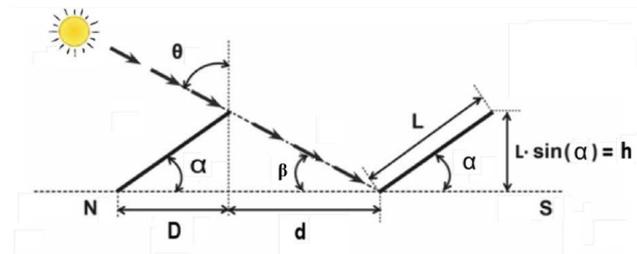
$$d = (3,5 \times h) - D$$

Sendo:

h: valor da haste de fixação, calculado a partir de  $h = L \times \text{sen. } \alpha$ ;

D: a distância da base, calculado a partir de  $D = L \times \cos.\alpha$ ;  
L: tamanho do módulo solar;  
 $\alpha$ : ângulo de inclinação.

Figura 6 – Espaçamento entre as placas e sombreamento.



Fonte: Solar View, 2022, adaptada pelo Autor.

No estudo de caso, utilizado para demonstrar a metodologia, onde  $\alpha = 40^\circ$  (ângulo de inclinação das placas) e  $L = 2,384$  m (comprimento da placa escolhida).

Portanto, de acordo com as razões trigonométricas, da Figura 21, define-se:

$$h = L \times \text{sen. } \alpha = 2,384 \times \text{sen. } 40 = 2,384 \times 0,6428 = 1,532 \text{ m,}$$

$$D = L \times \text{cos. } \alpha; = 2,384 \times \text{cos. } 40 = 2,384 \times 0,7660 = 1,826 \text{ m,}$$

$$d = (3,5 \times h) - D = (3,5 \times 1,532) - 1,826 \text{ m} = 3,536 \text{ m,}$$

Segundo o triângulo da Figura 6;

$$\beta + \alpha + 90^\circ = 180^\circ, \quad \beta + 40^\circ + 90^\circ = 180^\circ, \quad \beta = 180^\circ - 130^\circ = 50^\circ, \quad \text{e } \Theta = 40^\circ.$$

O valor mínimo de  $\beta$ , do ângulo de inclinação do sol, para não dar sombreamento é de  $50^\circ$ , na configuração e localidade indicadas na Figura 6.

No entanto, como evidenciado no software o 3D-SUN-PATH do Mach (MASCH, 2022), a data de 21 junho, obteve-se um  $\beta = 38,98^\circ$ , o que representa na pior situação do ano de 2022. A tang.  $38,98^\circ = h / d$  mínimo, onde  $0,8092 = 1,532 / d$  mínimo, portanto,  $d$  mínimo =  $1,532 / 0,8092 = 1,8932$  m.

Adotando o  $\beta = 38,98^\circ$ , pior situação do ano, a Tang.  $38,98^\circ = h / d$  mínimo, onde  $0,8092 = 1,532 / d$  mínimo, portanto,  $d$  mínimo =  $1,532 / 0,8092 = 1,8932$  m.

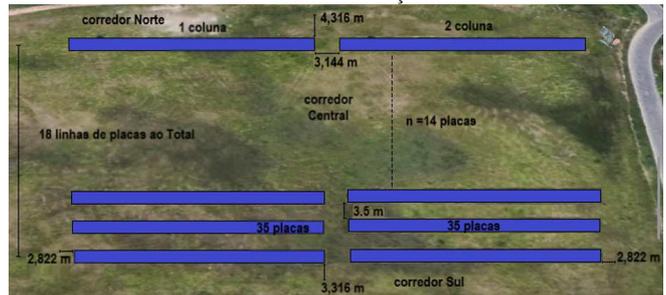
Comparando os dois resultados de  $d$ , o  $d$  calculado segundo Solar View (SOLAR VIEW, 2022) tem o valor de  $3,536$  m e o  $d$  mínimo, evidenciado através do software o 3D-SUN-PATH, cujo valor é valor de  $1,8932$  m, ficou evidenciado uma diferença entre eles de  $1,67$  m. Esta diferença pode ser trabalhada pelo analista na hora de definir o valor exato do espaçamento entre as linhas do arranjo das placas, o único cuidado que o analista tem que notar é que a distância escolhida deve ser superior ao  $d$  mínimo. Para o estudo de caso o valor de  $d$  adotado será de  $3,5$  m, valor próximo ao definido em fórmula por Solar View (SOLAR VIEW, 2022), que atende plenamente o valor de  $d$  mínimo de

$1,8932$  m e possibilita a passagem de veículos de manutenção com segurança.

A área do estudo de caso possui o tamanho de  $10.000$  m<sup>2</sup>. Área definida em  $100$  m de largura por  $100$  m de comprimento. Em volta de toda a área, formando uma borda, reserva-se uma distância livre de  $2,5$  m de distância. Espaço suficiente para passagem de um veículo tipo picape média, à qual tem a largura aproximada de  $1,85$  m, de acordo com a empresa Toyota (Toyota, 2022).

Os espaçamentos entre as placas ficaram com  $3,5$  m. O último corredor de linha, batizado como corredor norte, ficou com  $4,316$  m, tudo conforme evidenciado na Figura 7.

Figura 7 – Disposição das placas e espaçamentos dos corredores de acesso e manutenção.



Fonte: Autor, 2022.

Através dos cálculos de ocupação da área de exemplo, resultou duas colunas, contendo cada coluna 18 linhas, onde cada linha possui 35 placas fotovoltaicas de  $665$  Wp de potência da marca Canadian (CANADIAN, 2022), com as seguintes dimensões  $1,303$  m de largura por  $2,384$  m de comprimento, isto é com  $3,106$  m<sup>2</sup>.

Portanto, tem-se  $35$  placas  $\times$   $18$  linhas  $\times$   $2$  colunas, dando um total de  $1.260$  placas fotovoltaicas de  $665$  Wp, com um total de  $837,9$  kWp de Potência instalada. Lembrando, o que evidencia a Figura 22, que a área ocupada pelas placas em solo, é igual à largura da placa  $\times$   $D$ , ou seja,  $1,303$  m (largura)  $\times$   $1,826$  m ( $D$ ) =  $2,37928$  m<sup>2</sup>, que ao ser multiplicado pela quantidade de placas,  $1.260$ , dá um total de  $2.997,89$  m<sup>2</sup> de área ocupada efetivamente no solo.

Potência instalada = Potência individual de cada placa  $\times$  total de placas =  $1260 \times 665 = 837,9$  kWp.

Taxa de ocupação de  $T_x \text{ ocup} = 100\% \times (\text{Área efetivamente ocupada pelas placas} / \text{Área disponível para ocupação}) = (2.997,89 / 10.000) = 0,2998$  ou  $29,98\%$ .

#### 4.1.4 – Definição do Índice 1 do Método CAGFOT

Cálculo da Potência Efetiva média diária produzida, em kWh.dia.

A do estudo de caso, consegue comportar  $1.260$  placas de  $665$  Wp, da Canadian (CANADIAN, 2022). Ao aplicar a Equação (3) tem-se o seguinte:

$$\text{Potência Efetiva média diária produzida} = \text{ISDMMk médio (W)} \times (\text{Potência Instalada (W)} / 1000) \times (1 - \text{Fator de Perdas adotado}) \quad (3)$$

Para tal, primeiro ao calcular os valores de uma constante denominada como k, onde possui um k para cada mês do ano e um k médio, que é a soma aritmética dos k mensais. O k é a correção por inclinação, para cada mês do ano, conforme a posição do Sol.

Todo os resultados de k foram calculados previamente, utilizando-se o software PVSyst (PVSYST, 2022), preenchidos em uma Tabela K, no Anexo A

A constante k está diretamente relacionada a posição do Sol, relacionada ao posicionamento da placa, isto é, ao seu azimute e sua inclinação de instalação.

Na Tabela K os resultados foram inseridos um a um, linha por linha. Cada linha de resultado recebeu uma codificação que vai de 0,00 a 44,90, com intervalos de 5 a 5. A Tabela K ficou no total com 856 linhas e 16 colunas. As 856 linhas são preenchidas com valores de latitudes, que vão de 0 a 44°, e as inclinações de instalação da placa fotovoltaica, que vai de 0° a 90°, aumentando em intervalos de 5° em 5°. Ainda nas respectivas colunas foram distribuídos os 12 meses do ano, e na coluna final, a média simples da soma dos resultados de k mensais dos 12 meses do ano.

O código de localização do estudo de caso na Tabela K foi o de 28,40. Para efetuar o cálculo desse código pega-se o valor dor da Latitude da área (aproximado sempre para cima o valor, quando este for quebrado), depois soma-se ao resultado do valor da inclinação real da placa dividida por 100, conforme cálculo a seguir:

Código de posição de k na Tabela K = latitude do local +  $\alpha/100$

Código de posição de k na Tabela K =  $28 + 40/100 = 28 + 0,04 = 28,40$

O resultado do cálculo do valor do Código de posição de k, pode dar um valor exatamente igual a um existente na Tabela K. Caso não dê, é só adotar como código o valor mais próximo dos códigos existentes na Tabela K.

Tabela 1 – Resultado de cálculo da constante k, para o estudo de caso.

Latitude do Projeto	28	Fator de Correção por inclinação (k) para a Tabela K													
		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Média	
Inclinação Real da Placa	40														
Código Lat. x Incl	28,40	0,84	0,93	1,06	1,21	1,30	1,30	1,24	1,15	1,04	0,92	0,84	0,80	1,05	

Fonte: Autor, 2022.

Tal posição representa a inclinação adotada no estudo de caso, onde  $\alpha = 40^\circ$ , na Cidade de Florianópolis, conforme Tabela 2 a seguir, com valores de ISDMM extraídos da Figura 4.

Tabela 2 – Resultado do Cálculo no Plano Inclinado do estudo de caso.

Ângulo	Inclinação	ISDMM - Irradiação solar diária média mensal (kWh/m². dia)												
		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Média
Maiores Mínimo Mensal	40° N	4,72	4,85	4,76	4,46	4,16	3,74	3,79	4,27	3,74	4,02	4,57	4,71	4,32

Fonte: Autor, 2022.

Para realizar a correção dos valores de cada mês do ISDMM, pega-se cada valor de k, do mês do ano

correspondente da Tabela 1, e multiplicasse pelo valor de ISDMM, ao mês correspondente da Tabela 2, obtendo o ISDMMk, de cada mês, e o ISDMMk médio (soma aritmética dos valores de ISDMMk mensais dividido por 12), os quais os resultados estão representados na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultado dos valores de ISDMMk para o estudo de caso.

Ângulo	Inclinação	ISDMMk - Irradiação solar diária média mensal corrigido pela constate k (kWh/m². dia)												
		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Médio
Maiores Mínimo Mensal	40° N	3,96	4,51	5,05	5,40	5,41	4,86	4,70	4,91	3,89	3,70	3,84	3,77	4,50

Fonte: Autor, 2022.

Para a definição do Fator de Perdas das placas foi adotado como padrão, para o estudo de caso e para uso em todas as áreas analisadas no desenvolvimento, o valor de 16,6%.

Ao realizar a substituição os valores calculados e adotados, na Equação (3) tem-se o seguinte resultado:

Potência Efetiva média diária produzida = ISDMMk médio x (Potência Instalada /1000) x (1 – Fator de Perdas adotado) =  $4,50 \times 1000 \times (837,9 \times 1000 / 1000) \times (1 - 0,166) = 3144,64 = 3,144 \text{ MWh.dia}$

4.1.5 – Definição do Índice 1, Pontuação e Peso do Método CAGFOT.

Portanto, o Índice 1 do Método CAGFOT é definido como a Energia Gerada na área ocupada. kWh.dia por m², semelhante, e inspirado, ao Índice 1.1.1 Ind.: Área ocupada pela geração de energia (km²/ TWh) do Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018), no entanto, de forma invertida e em kWh e em m² em vez de TWh e km².

Índice 1 (Método CAGFOT) = Energia Gerada na área ocupada kWh.dia por m²

Sendo o Índice 1 do Método CAGFOT, dentre todos, o mais representativo em relação a pontuação, pois além de alcançar pontuação expressiva, como será demonstrado a seguir, ele é a base, para o qual todos os outros índices serão somados ou subtraídos. A Potência fez compor diversos índices do Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018), no caso do Método CAGFOT acrescentar mais índices relacionados a potência, só iria aumentar a pontuação numérica, sem agregar valor ao método, pois todas as áreas cresceriam em valores de pontos de acordo com suas potencialidades de geração. No caso do Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018), o abundante uso de índices de potência fez-se necessário, pois a objeto era o de comparar matrizes diferentes de geração de energia.

Portanto, com o valor da Potência Efetiva média diária produzida, que foi calculada em 3,144 MWh.dia, e aplicando na Equação (4) tem-se:

Potência Efetiva média diária produzida/ m² = Potência Efetiva média diária produzida/ área total ocupada pelas placas em solo (projeção) m².

Como a área ocupada pelas placas em solo (projeção) é de 2.997,89 m².

Potência Efetiva média diária produzida/ m<sup>2</sup> = 3,144 MWh.dia/2.997,89 m<sup>2</sup> = 1048,74 Wh.dia por m<sup>2</sup>.

Da mesma forma ao multiplicar o ISDMMk médio, da Tabela 3, por esta área de 10.000 m<sup>2</sup>, a Potência Total média diária disponível será:

Potência Total média diária disponível = ISDMMk médio x área total da área em m<sup>2</sup>

Tem-se então,

Potência Total média diária disponível = 4,50 x 1.000 x 10.000 = 45 MWh.dia m<sup>2</sup>.

Constante Eficiência da instalação = 1.048,74 Wh.dia/m<sup>2</sup>/ 45.000.000 Wh.dia.m<sup>2</sup> = 0,0000233

Portanto, a pontuação do primeiro índice adotado para o CAGFOT, Índice 1, será definida pela equação (4), a seguir:

Pontuação do Índice 1 = Potência Efetiva média produzida dia x Eficiência da Instalação = 3144000 x 0,0000233 = 73,25

Para o cálculo do Peso do Índice 1, tomaremos o Peso do Índice 1.1.1 Ind.: Área ocupada pela energia gerada (km<sup>2</sup> /MWh), do Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018), onde este peso tem o valor de = 0,5.

O valor do Peso do Índice 1 do Método CAGFOT, será o mesmo do valor do Peso do Índice 1.1.1 Ind.: Área ocupada pela energia gerada, adotado pelo Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018), que consta na Tabela 3, cujo valor é igual a 0,5.

Portanto, definida a Pontuação e seu Peso, e aplicando a Equação 2, o valor calculado para o Índice 1, será dado pela Equação (2) a seguir:

Equação 2 - Valor do Índice 1 = Pontuação do Índice 1 x Peso do índice 1

Valor do Índice 1 = 73,25 x 0,5 = 36,63.

#### 4.1.6 – Definição dos outros índices do método CAGFOT

A Tabela 5, apresenta todos os índices do Método CAGFOT, valores de pontuação e pesos, onde as pontuações e pesos dos Índices 2, 3, 4, 5 e 6, Licença Ambiental, são exatamente os mesmos adotados pelo Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018).

Tabela 5 - Índices do CAGFOT, conforme o Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018).

Índices	Parâmetros	Pontuação		Peso
		Sim	Não	
Índice 1	A Energia Gerada na área ocupada. kWh.dia por m <sup>2</sup>	73,25		0,5
<b>Licença Ambiental</b>		<b>Sim</b>	<b>Não</b>	
Índice 2	Flexibilidade na escolha da localização do empreendimento	3,00	0	0,17
Índice 3	Simplicidade dos Estudos Ambientais exigidos pelo licenciamento ambiental	3,63	0	0,15
Índice 4	Potencial envolvimento de menos órgãos no processo de Licenciamento Ambiental	3,00	0	0,16
Índice 5	Potencial para cumprimento do prazo regulatório para licenciamento ambiental	3,50	0	0,26
Índice 6	Potencial menor risco de judicialização do processo de licenciamento ambiental	3,75	0	0,26

Fonte: Junior, Moraes, Tavares, Filho e Furtado, 2020. Adaptado pelo Autor.

As pontuações e pesos das variáveis, elaboradas pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020), foram analisadas,

desmembradas e adaptadas, para abrigar os índices de 7 a 28 do Método CAGFOT. Atribui-se pontuações positivas ou negativas aos índices, acrescentando-se detalhes, e mais opções de classificação, para após serem incorporadas a Tabela 6.

#### 4.1.7 – Conclusão do desenvolvimento do Método CAGFOT - Pontuação Final

Dos 27 índices apresentados no item 4.1.6, mais o Índice 1, definido e pontuado no item 4.1.5, representados através das Tabelas 5 e 6, dá-se a continuidade de pontuação do estudo de caso, para melhor entendimento do Método CAGFOT, na Ilha de Santa Catarina na Cidade de Florianópolis/SC, Figura 8.

A parte do terreno do exemplo, com área de 10.000 m<sup>2</sup>, encontra-se desocupado, sem vegetação, o solo é compactado, composto de aterro que foi realizado na Praia do Saco dos Limões (anexo ao terminal), com baixa suscetibilidade a erosão, o terreno possui inclinação de 3%, com escoamento da água na direção do canal de ligação, entre a captação de água pluvial, e o mar. A área é urbana, possui boa incidência de ventilação natural, vias de acesso pavimentadas, Subestação de Energia de 300 MW, há 6 km de distância, aeroporto a 8 km de distância. Possui incidência solar direta durante todo o dia, sem a incidência de sombreamento. A Figura 8 pode melhor descrevê-lo.

Figura 8 – Estudo de caso - Latitude de 27,601° S e Longitude 48,549° W, na Ilha da Cidade de Florianópolis/SC



Fonte: Google Earth, 2022, adaptada pelo Autor.

Sendo o destaque em  a opção escolhida, de cada pontuação, da Tabela 5 e 6, do estudo de caso.

A Tabela 7 com todos os pontos, pesos e valores individuais, referentes aos 28 índices, e valor final da pontuação da área em exemplo, após a aplicação da equação (1), ficou assim calculado:

Pontuação da Área do estudo de caso = (36,63 + 0,510 + 0,545 + 0,480 + 0,910 + 0,975 + 2 + 0 + 1,5 + 1,5 + 3 + 3 + 0 + 0 + 3 + 3 + 0 + 0 + 4 + 6 + 1,5 + 0 + 0 + 6 + 0 - 6 - 3 - 1) / 10 = 6,55.

Pontuação da Área do estudo de caso = 6,55.

Tabela 6 – Índices do CAGFOT conforme a Empresa Caruso (CARUSO, 2020).

Índice	Parâmetros	Pontuação						Peso	
		2	1,5	1	0	-1	-1,5		-2
7	Territórios indígenas e territórios indígenas não demarcados			Ausência	Distância de até 10.000 m	Distância de até 5.000 m	Distância de até 3.000 m	Presença ou limítrofe	2
8	Unidades de conservação			Ausência	Distância de até 5.000 m	Distância de até 3.000 m	Distância de até 1.000 m	Presença ou limítrofe	2
9	Aeródromos		Presença a uma distância acima de 5000 m	Presença a uma distância acima de 1001 m a 5000 m	Ausência	Presença a uma distância acima de 300 m a 1000 m	Presença a uma distância acima de 101 m a 200 m	Presença ou uma distância abaixo de 100 m	1
10	Espeleologia			Ocorrência improvável		Baixa probabilidade	Média probabilidade	Alta e muito alta probabilidade	1,5
11	Sítios arqueológicos			Ausência			Presença a uma distância de até 500 m	Presença de sítios arqueológicos	3
12	Sítios paleontológicos (ocorrências fossilíferas)			Ausência			Presença a uma distância de até 500 m	Presença ou distância de até 200 m	3
13	Uso do Solo	Área com presença de processo erosivo	Área com início de processo erosivo	Áreas antropizadas e pastagens em solo de baixa fertilidade	Área sem cobertura vegetal, estável sem possibilidade de uso agrícola	Vegetação herbácea em terra com potencial agrícola	Culturas agrícolas, pivô de irrigação	Silvicultura e Florestas Nativas	2
14	Processos minerários			Ausência de processos e áreas em disponibilidade		Presença de processos minerários em fase de autorização e requerimento de pesquisa	Presença de processos minerários em fase de requerimento de licenciamento	Processos minerários em fase de concessão de lavra, lavra garimpeira, registro de extração, requerimento de lavra, lavra garimpeira e registro de extração.	2
15	Áreas Urbanas	Área com excelente incidência e ventilação natural	Área com média incidência e ventilação natural	Área com incidência e ventilação natural		Área com baixa incidência e ventilação natural		Área sem incidência e ventilação natural	1,5
16	Usina Hidro existentes, PCHs e Usinas Termoeletricas e Subestações	Presença a menos de 1000 m	Presença a menos de 1001 a 5000 m	Presença a menos de 5001 a 10.000 m				Sem a presença a menos há mais de 10.001 m	2
17	Assentamento s rurais, consolidados e planejados	Presença em até 500 m	Presença em até 1000 m		Ausência				1
18	Remanescentes de Mata Atlântica				Ausência			Presença	3
19	Presença de infraestrutura - Vias	Presença de estradas e acessos a menos de 500 m	Presença de estradas e acessos a menos de 501 a 1000 m	Presença de estradas e acessos a menos de 1001 a 5000 m	Presença de estradas e acessos a menos de 5001 a 10000 m	Presença de estradas e acessos a mais de 10.000 m a 15.000 m	Presença de estradas e acessos a mais de 15.001 m	Presença de estradas e acessos a mais de 18km	2
20	Declividade	Baixa declividade de (0 a 6°)	Média declividade de (6° a 12°)				Alta declividade (12° a 30°)	Muito alta declividade (<30°)	3
21	Litologia	Muito alta suscetibilidade	Média suscetibilidade		Baixa suscetibilidade				1
22	APPs Hídricas				Ausência	Presença em 501 a 2000 m	Presença em até 500 m a 100 m	Presença de ou em área Limítrofe	3
23	Áreas Prioritárias	Extremamente Alta	Muito Alta	Alta	Ausência				3
24	LTs existentes e LTs planejadas	Presença a menos de 100 m	Presença a menos de 101 a 500 m	Presença a menos de 501 a 1000 m	Presença a menos de 1001 a 5000 m	Presença a menos de 5001 a 10.000 m	Presença a mais de 10.001 m	Ausência	3
25	Eixo ferroviário/rodoviário				Ausência	Presença entre 501 a 1.000 m	Presença a menos de 100 m		0,5
26	Contaminação do Lençol freático, rios e riachos			Muita pouca possibilidade	Ausência	Pequena possibilidade	Média Possibilidade	Grande possibilidade	3
27	Exposição a salinidade			Muita pouca possibilidade	Ausência	Pequena possibilidade	Média Possibilidade	Grande possibilidade	1,5
28	Pedologia			1	0	-1	-2	-3	1,5
				Área sem a possibilidade de erosão (Rocha)	Áreas estáveis com pouca suscetibilidade a erosão	Latossol ou baixa suscetibilidade a erosão	Argissolo ou média suscetibilidade a erosão	Cambissolo Neossolos Gelissolos Organossolo alta suscetibilidade a erosão	

Fonte: CARUSO, 2020. Adaptada pelo Autor.

Tabela 7 – Pontuação alcançada - Área em exemplo - Latitude de 27,601° S e Longitude 48,549° W, na Ilha da Cidade de Florianópolis/SC.

Índices	Pontuação	Peso	Total
1	73,25	0,5	36,63
2	3	0,17	0,510
3	3,63	0,15	0,545
4	3	0,16	0,480
5	3,5	0,26	0,910
6	3,75	0,26	0,975
7	1	2	2,000
8	0	2	0,000
9	1,5	1	1,500
10	1	1,5	1,500
11	1	3	3,000
12	1	3	3,000
13	0	2	0,000
14	0	2	0,000
15	2	1,5	3,000
16	1,5	2	3,000
17	0	1	0,000
18	0	3	0,000
19	2	2	4,000
20	2	3	6,000
21	1,5	1	1,500
22	0	3	0,000
23	0	3	0,000
24	2	3	6,000
25	0	0,5	0,000
26	-2	3	-6,000
27	-2	1,5	-3,000
28	-1	1,5	-1,500
<b>Pontuação Final da Área em exemplo</b>			<b>6,55</b>

Fonte: Autor, 2022.

## 4.2 – Aplicação do método CAGFOT nas Unidades da PF em MS

Após alcançar o objetivo geral da dissertação, demonstrado através do exemplo prático. O método será aplicado, buscando alcançar o objetivo específico da dissertação, que é aplicar o método CAGFOT em áreas disponíveis para geração de energia fotovoltaica da Polícia Federal em Mato Grosso do Sul, nas unidades instaladas nas cidades de Campo Grande/MS, Ponta Porã/MS, Dourados/MS, Naviraí/MS, Três Lagoas e Corumbá/MS, indicando qual é a mais eficiente e mais sustentável.

Portanto, dando continuidade e buscando alcançar o objetivo específico, segue-se análise das unidades da Polícia Federal em Mato Grosso do Sul.

### 4.2.1 - Área da Delegacia da PF em Campo Grande/MS – PF-CG

Na Superintendência da PF em Campo Grande/MS foram calculados 6.325 placas fotovoltaicas.

Área de projeção total ocupada em solo pelas placas = 17.343,06 + 320,67 = 17.663,73 m<sup>2</sup>.

Potência instalada = 665 x 6.325 = 4.206,12 kWp = 4,206 MWp.

Potência Efetiva média diária produzida = ISDMMk médio x (Potência Instalada /1000) x (1 - Fator de Perdas adotado) = 5,38 x 1000 x (4.206,12 x 1000 / 1000) x (1 - 0,166) = 18872523,95 = 18,87 MWh.dia.

Potência Efetiva média diária produzida/ m<sup>2</sup> = 18,87 MWh.dia/17.663,73 m<sup>2</sup> = 1.068,29 Wh.dia por m<sup>2</sup>.

Potência Total média diária disponível. m<sup>2</sup> = 5,38 x 1.000 x 30.000 = 161,4 MWh.dia. m<sup>2</sup>.

Constante de Eficiência da instalação = 1.068,29 Wh.dia/ 161,4 MWh.dia = 0,00000662.

Pontuação do Índice 1 = 18,87 M x 0,00000662 = 124,90.

A Tabela 8 demonstra toda a pontuação da PF-CG.

Tabela 8 – Pontuação alcançada - PF-CG.

Índices	Pontuação	Peso	Total
1	124,90	0,5	62,45
2	0	0,17	0,000
3	0	0,15	0,000
4	3	0,16	0,480
5	3,5	0,26	0,910
6	3,75	0,26	0,975
7	1	2	2,000
8	0	2	0,000
9	1,5	1	1,500
10	1	1,5	1,500
11	1	3	3,000
12	1	3	3,000
13	-1,5	2	-3,000
14	0	2	0,000
15	1	1,5	1,500
16	1	2	2,000
17	0	1	0,000
18	0	3	0,000
19	2	2	4,000
20	2	3	6,000
21	0	1	0,000
22	-1	3	-3,000
23	0	3	0,000
24	2	3	6,000
25	-1,5	0,5	-0,75
26	-2	3	-6,000
27	0	1,5	0,000
28	-1	1,5	-1,500
<b>Pontuação Final da Área em exemplo</b>			<b>8,11</b>

Fonte: Autor, 2022.

#### 4.2.2 - Área da Delegacia da PF em Dourados/MS – PF-DRS

Na Delegacia da PF em Dourados/MS foram calculados 564 placas fotovoltaicas.

Potência instalada = 665 x 564 = 375,06 kWp = 0,375 MWp.

Área de Projeção das placas em solo é de 5,636 x 1,303 x 188 = 1.380,62 m<sup>2</sup>.

Potência Efetiva média diária produzida = ISDMMk médio x (Potência Instalada /1000) x (1 – Fator de Perdas adotado) = 4,83 x 1000 x (375,06 x 1000 / 1000) x (1- 0,166) = 1510824,19 = 1,51 MWh.dia.

Potência Efetiva média diária produzida/ m<sup>2</sup> = 1,51 MWh.dia/1.380,62 m<sup>2</sup> = 1.093,71 Wh.dia por m<sup>2</sup>.

Potência Total média diária disponível = 4,83 x 1.000 x 7.000 = 33,81 MWh.dia.m<sup>2</sup>.

Constante Eficiência da instalação = 1.093,71 Wh.dia/ 33,81 MWh.dia = 0,0000324.

Pontuação do Índice 1 = 1,51 M x 0,0000324= 48,85.

A Tabela 9, apresenta a pontuação alcançada pela PF-DRS.

#### 4.2.3 - Área da Delegacia da PF em Ponta Porã/MS – PF-PPA

Na Delegacia da PF em Ponta Porã/MS foram calculados 3.051 placas fotovoltaicas.

A área de projeção ocupada em solo pelas placas é de D x largura da placa x quantidade de placas/3 – 5,56 x 1,303 x 1.017 = 7.367,84 m<sup>2</sup>.

Potência instalada = 665 x 3.051 = 2.028,92 kWp = 2,029 MWp.

Potência Efetiva média diária produzida = ISDMMk médio x (Potência Instalada /1000) x (1 – Fator de Perdas adotado) = 4,81 x 1000 x (2.028,92 x 1000 / 1000) x (1- 0,166) = 8139093,74 = 8,14 MWh.dia.

Tabela 9 – Pontuação alcançada - PF-DRS.

Índices	Pontuação	Peso	Total
1	48,85	0,5	24,43
2	0	0,17	0,000
3	3,63	0,15	0,5445
4	3	0,16	0,480
5	3,5	0,26	0,910
6	3,75	0,26	0,975
7	-1	2	-2,000
8	0	2	0,000
9	1,5	1	1,500
10	1	1,5	1,500
11	1	3	3,000
12	1	3	3,000
13	-1,5	2	-3,000
14	0	2	0,000
15	-1	1,5	-1,500
16	1,5	2	3,000
17	0	1	0,000
18	0	3	0,000
19	2	2	4,000
20	2	3	6,000
21	0	1	0,000
22	0	3	0,000
23	0	3	0,000
24	2	3	6,000
25	0	0,5	0,000
26	1	3	3,000
27	0	1,5	0,000
28	-1	1,5	-1,500
<b>Pontuação Final da Área</b>			<b>5,03</b>

Fonte: Autor, 2022.

Potência Efetiva média diária produzida/ m<sup>2</sup> = 8,14 MWh.dia/7.367,84 m<sup>2</sup> = 1.104,80 Wh.dia por m<sup>2</sup>.

Potência Total média diária disponível. m<sup>2</sup> = 4,81 x 1.000 x 21.000 = 101,01 MWh.dia. m<sup>2</sup>.

Constante de Eficiência da instalação = 1.104,80 Wh.dia/ 101,01 MWh.dia = 0,0000109375.

Pontuação do Índice 1 = 8,14 M x 0,0000109375 = 89,03.

A Tabela 10, a seguir, demonstra a pontuação alcançada pela PF-PPA.

Tabela 10 – Pontuação alcançada - PF-PPA.

Índices	Pontuação	Peso	Total
1	89,03	0,5	44,51
2	0	0,17	0,000
3	3,63	0,15	0,5445
4	3,00	0,16	0,480
5	3,5	0,26	0,910
6	3,75	0,26	0,975
7	1	2	2,000
8	0	2	0,000
9	1	1	1,000
10	1	1,5	1,500
11	1	3	3,000
12	1	3	3,000
13	-1	2	-2,000
14	0	2	0,000
15	-1	1,5	-1,500
16	1,5	2	3,000
17	0	1	0,000
18	0	3	0,000
19	2	2	4,000
20	2	3	6,000
21	0	1	0,000
22	0	3	0,000
23	0	3	0,000
24	2	3	6,000
25	-1,0	0,5	-0,50
26	-1	3	-3,000
27	0	1,5	0,000
28	-1	1,5	-1,500
<b>Pontuação Final da Área</b>			<b>6,84</b>

Fonte: Autor, 2022.

#### 4.2.4 - Área da Delegacia da PF em Naviraí/MS – PF-NVI

Na Delegacia da PF em Naviraí/MS foram calculados 690 placas fotovoltaicas.

A área de projeção ocupada em solo pelas placas é de  $D \times largura \text{ da placa} \times \text{quantidade de placas} / 3 = 5,31 \times 1,303 \times 230 = 1.600,34 \text{ m}^2$ .

Potência instalada =  $665 \times 690 = 458,85 \text{ kWp} = 0,59 \text{ MWp}$ .

Potência Efetiva média diária produzida =  $\text{ISDMMk médio} \times (\text{Potência Instalada} / 1000) \times (1 - \text{Fator de Perdas adotado}) = 3,78 \times 1000 \times (458,85 \times 1000 / 1000) \times (1 - 0,166) = 1.446.533,80 = 1,45 \text{ MWh.dia}$ .

Potência Efetiva média diária produzida/  $\text{m}^2 = 1,45 \text{ MWh.dia} / 1.600,34 \text{ m}^2 = 906,06 \text{ Wh.dia por m}^2$ .

Potência Total média diária disponível.  $\text{m}^2 = 3,78 \times 1.000 \times 5.040 = 19,05 \text{ MWh.dia. m}^2$ .

Constante de Eficiência da instalação =  $906,06 \text{ Wh.dia} / 19,05 \text{ MWh.dia} = 0,00004756$ .

Pontuação do Índice 1 =  $1,45 \text{ M} \times 0,00004756 = 68,97$ .

A Tabela 11, a seguir, demonstra a pontuação alcançada pela PF-NVI.

Tabela 35 – Pontuação alcançada - PF-NVI.

Índices	Pontuação	Peso	Total
1	68,97	0,5	34,49
2	0	0,17	0,000
3	3,63	0,13	0,5445
4	3,00	0,16	0,480
5	3,5	0,26	0,910
6	3,75	0,26	0,975
7	1	2	2,000
8	0	2	0,000
9	1	1	1,000
10	1	1,5	1,500
11	1	3	3,000
12	1	3	3,000
13	1	2	2,000
14	0	2	0,000
15	1,5	1,5	2,250
16	2,0	2	4,000
17	0	1	0,000
18	0	3	0,000
19	2	2	4,000
20	2	3	6,000
21	0	1	0,000
22	-1,5	3	-4,500
23	0	3	0,000
24	2	3	6,000
25	0	0,5	0,000
26	-2	3	-6,000
27	0	1,5	0,000
28	-2	1,5	-3,000
<b>Pontuação Final da Área em exemplo</b>			<b>5,86</b>

Fonte: Autor, 2022.

#### 4.2.5 - Área da Delegacia da PF em Corumbá/MS – PF-CRA

Na Delegacia da PF em Corumbá/MS foram calculados 5.334 placas fotovoltaicas.

A área de projeção ocupada em solo pelas placas é de  $D \times largura \text{ da placa} \times \text{quantidade de placas} / 3 = 6,13 \times 1,303 \times 1.778 = 14.201,58 \text{ m}^2$ .

Potência instalada =  $665 \times 5.334 = 3.547,11 \text{ kWp} = 3,55 \text{ MWp}$ .

Potência Efetiva média diária produzida =  $\text{ISDMMk médio} \times (\text{Potência Instalada} / 1000) \times (1 - \text{Fator de Perdas adotado}) = 4,26 \times 1000 \times (3.547,11 \times 1000 / 1000) \times (1 - 0,166) = 12602314,3 = 12,60 \text{ MWh.dia}$ .

Potência Efetiva média diária produzida/  $\text{m}^2 = 12,60 \text{ MWh.dia} / 14.201,58 \text{ m}^2 = 887,23 \text{ Wh.dia por m}^2$ .

Potência Total média diária disponível.  $\text{m}^2 = 4,26 \times 1.000 \times 30.000 = 127,8 \text{ MWh.dia. m}^2$ .

Constante de Eficiência da instalação =  $887,23 \text{ Wh.dia} / 127,8 \text{ MWh.dia} = 0,0000069423$ .

Pontuação do Índice 1 =  $12,60 \text{ M} \times 0,0000069423 = 87,47$ .

A Tabela 12, a seguir, demonstra a pontuação alcançada pela PF-CRA.

Tabela 12 – Pontuação alcançada - PF-CRA.

Índices	Pontuação	Peso	Total
1	87,47	0,5	43,74
2	0	0,17	0,000
3	0	0,13	0,000
4	0	0,16	0,000
5	0	0,26	0,000
6	3,75	0,26	0,975
7	1	2	2,000
8	0	2	0,000
9	1	1	1,000
10	-1,5	1,5	-2,25
11	0	3	0,000
12	0	3	0,000
13	1	2	2,000
14	-1	2	-2,000
15	1	1,5	1,500
16	2	2	4,000
17	0	1	0,000
18	0	3	0,000
19	2	2	4,000
20	2	3	6,000
21	2	1	2,000
22	-1,5	3	-4,500
23	0	3	0,000
24	2	3	6,000
25	-1	0,5	-0,500
26	-2	3	-6,000
27	0	1,5	0,000
28	-3	1,5	-4,500
<b>Pontuação Final da Área</b>			<b>5,35</b>

Fonte: Autor, 2022.

#### 4.2.6 - Área da Delegacia de PF em Três Lagoas/MS – PF-TLS

Na Delegacia da PF em Três Lagoas/MS foram calculados 330 placas fotovoltaicas.

A área de projeção ocupada em solo pelas placas, para este arranjo, é de  $895,81 \text{ m}^2$ .

Potência instalada =  $665 \times 330 = 219,45 \text{ kWp} = 0,22 \text{ MWp}$ .

Potência Efetiva média diária produzida =  $\text{ISDMMk médio} \times (\text{Potência Instalada} / 1000) \times (1 - \text{Fator de Perdas adotado}) = 4,55 \times 1000 \times (219,45 \times 1000 / 1000) \times (1 - 0,166) = 998497,5 = 0,998 \text{ MWh.dia}$ .

Potência Efetiva média diária produzida/  $\text{m}^2 = 0,998 \text{ MWh.dia} / 895,81 = 1.114,07 \text{ Wh.dia por m}^2$ .

Potência Total média diária disponível.  $\text{m}^2 = 4,55 \times 1.000 \times 1798 = 8,18 \text{ MWh.dia. m}^2$ .

Constante de Eficiência da instalação =  $1.114,07 \text{ Wh.dia} / 8,18 \text{ MWh.dia} = 0,000136$ .

Pontuação do Índice 1 =  $0,998 \text{ M} \times 0,000136 = 135,92$ .

A Tabela 13, a seguir, demonstra a pontuação alcançada pela PF-TLS.

Tabela 13 – Pontuação alcançada - PF-TLS.

Índices	Pontuação	Peso	Total
1	135,92	0,5	67,96
2	0	0,17	0,000
3	3,63	0,15	0,5445
4	3,00	0,16	0,480
5	3,50	0,26	0,910
6	3,75	0,26	0,975
7	1	2	2,000
8	0	2	0,000
9	1	1	1,000
10	1	1,5	1,500
11	1	3	3,000
12	1	3	3,000
13	1	2	2,000
14	0	2	2,000
15	-1	1,5	-1,500
16	1,5	2	3,000
17	0	1	0,000
18	0	3	0,000
19	2	2	4,000
20	2	3	6,000
21	0	1	0,000
22	-1	3	-3,000
23	0	3	0,000
24	2	3	6,000
25	-1	0,5	-0,500
26	1	3	3,000
27	0	1,5	0,000
28	-2	1,5	-3,000
<b>Pontuação Final da Área</b>			<b>9,94</b>

Fonte: Autor, 2022.

## 4.3 – Resultado do Método CAGFOT

Segue o Resultado da aplicação do Método CAGFOT, nas áreas da PF - Polícia Federal/MS, na Tabela 14 e 15.

Tabela 14 – Resultados do Método CAGFOT 1

Unidades	Local	Áreas Totais (m <sup>2</sup> )	Área (m <sup>2</sup> ) efetivamente ocupada com as placas fotovoltaicas	Potência Total Efetiva produzida MWh. mês	Potência Total Efetiva produzida em kWh.dia a cada m <sup>2</sup>	Índice 1/10	Somas dos demais índices/10	Pontuação Total do Método CAGFOT
Estudo de caso	Florianópolis/SC	10.000	2.997,89	94,32	1.048,74	3,66	2,89	6,55
PF - CGR	Campo Grande/MS	30.000	17.343,06	566,10	1.060,29	6,24	1,87	8,11
PF DRS	Dourados/MS	7.000	1.380,62	45,3	1.093,71	2,44	2,59	5,03
PF PPA	Ponta Porã/MS	21.000	7.367,84	244,20	1.104,80	4,45	2,39	6,84
PF NVI	Naviraí/MS	5.040	1.600,34	43,5	906,06	3,45	2,41	5,86
PF CRA	Corumbá/MS	30.000	14.201,58	378	887,23	4,37	0,98	5,35
PF TLS	Três Lagoas/MS	1.798	895,81	29,94	1.114,07	6,79	3,15	9,94
<b>Média Simples</b>					<b>1.030,70</b>	<b>4,48</b>	<b>2,33</b>	<b>6,81</b>

Fonte: Autor, 2022.

Tabela 15 – Resultados do Método CAGFOT 2

Unidades	Local	Potência Total média diária disponível m <sup>2</sup> (ΔW/h)	Potência Instalada (MWp)	Potência Efetiva média diária produzida	Taxa de ocupação da área - Tx. ocup (%)	Impacto da pontuação do Índice 1 de eficiência na pontuação total (%)	Impacto da pontuação dos 27 índices de sustentabilidade na pontuação total (%)
Estudo de caso	Florianópolis/SC	45	837,9	3,144	29,97	57,88	44,12
PF - CGR	Campo Grande/MS	161,4	4,206	18,87	57,81	76,94	23,06
PF DRS	Dourados/MS	33,81	0,375	1,51	19,72	48,51	51,49
PF PPA	Ponta Porã/MS	101,01	2,029	8,14	35,08	65,06	34,94
PF NVI	Naviraí/MS	19,05	0,46	1,45	31,75	58,87	41,13
PF CRA	Corumbá/MS	127,8	3,55	12,60	47,33	81,68	18,32
PF TLS	Três Lagoas/MS	8,18	0,22	0,998	49,80	68,31	31,69
<b>Média Simples</b>					<b>38,78</b>	<b>65,80</b>	<b>34,20</b>

Fonte: Autor, 2022.

De acordo com os cálculos do Método CAGFOT a área mais Eficiente e Sustentável é a da PF-TLS, cumprindo o objetivo específico da dissertação. Ao ser analisado o índice de eficiência lhe conferiu 6,79 pontos, a maior pontuação, o que reflete e comprova os dados da Figura 6, Irradiação média anual no MS, onde a área que compreende a Cidade de Três

Lagoas possui a maior irradiação média no MS. Os índices, os 27 restantes, que representam a sustentabilidade lhe conferiram um acréscimo de 3,15 pontos, totalizando 9,94 pontos.

A Cidade de Três Lagoas teve o melhor índice de eficiência, do grupo de cidades analisadas, no entanto, o seu resultado deve-se em muito aos índices sustentabilidade, que lhe conferiram 3,15 pontos. A Cidade de Campo Grande, segundo lugar na pontuação geral, obteve 8,11 pontos, menor em 18,41% que a pontuação total de Três Lagoas. O índice que representa a eficiência em Campo Grande foi de 6,24 pontos, menor em 8,1 % que o de Três Lagoas. A soma dos índices de sustentabilidade de Campo Grande foram de 1,87 pontos, menor em 40,63% que o de Três Lagoas.

Portanto, se Campo Grande tivesse obtido um resultado 17,7% maior que a soma dos índices de sustentabilidade alcançados por Três Lagoas, o resultado seria outro, mesmo possuindo uma eficiência menor em 8,1%. O que demonstra que a sustentabilidade poderia ter alterado o resultado, já que na média ela representa 34,2% dos pontos obtidos.

O resultado na Cidade de Florianópolis, estudo de caso, ficou bem próximo da média geral dos casos analisados. Tanto na pontuação geral, como nos índices que representam a sustentabilidade e no que representa a eficiência. Isso demonstra a versatilidade do método, podendo ser usado em ambientes e localizações diversas.

Conforme PF (2022), a demanda mensal média de toda a Polícia Federal no Estado de Mato Grosso do Sul é em média de 96 MWh/mês, dados do ano de 2021, e o sentimento dentro da engenharia do órgão, segundo a PF (2022), é realizar os investimentos na área disponível em Campo Grande/MS, PF-CGR, onde está demanda pode ser atendida, e que ficou em segundo lugar no Método CAGFOT, no entanto, segundo PF (2022), esta área é de comodato, com prazo de 20 anos e o contrato deu início 2015, faltando somente 13 anos para a expiração. Os resultados do CAGFOT demonstram que é mais viável tanto economicamente, como ambientalmente, e será mais viável a PF conseguir uma área semelhante na Cidade de Três Lagoas/MS, em uma área com características semelhantes a analisada, e com as dimensões necessárias para a produção média mensal que atenda a sua demanda da PF Mato Grosso do Sul.

## 5. Conclusão

A dissertação apresentou como proposta o desenvolvimento de um método para pontuação e classificação de áreas para a implantação de geração fotovoltaica, no intuito de ser uma ferramenta de implementação do planejamento energético no Brasil. Levando-se em consideração a eficiência na geração de energia e a sustentabilidade, atribuindo pontos as áreas analisadas, e no final dos cálculos e análises, comparar e indicar a área mais eficiente e sustentável para a geração de energia fotovoltaica.

Estabeleceu como objetivo geral o desenvolvimento de uma ferramenta, Método CAGFOT, que utilizasse indicadores de sustentabilidade e eficiência, pesos e pontos desenvolvidos pelo Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018) e pela Empresa Caruso (CARUSO, 2020). Tais indicadores,

pontos e pesos sofreram adaptações no intuito de adequá-los a geração fotovoltaica, haja visto que os mesmos do Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018) foram desenvolvidos para indicar a melhor matriz de geração, de fontes renováveis e não renováveis, para uma determinada área, enquanto a Empresa Caruso (CARUSO, 2020) fez seu desenvolvimento para o uso em um projeto de expansão da rede de transmissão de energia elétrica. O objetivo específico foi aplicar o método criado áreas disponíveis para geração de energia fotovoltaica da Polícia Federal em Mato Grosso do Sul, nas unidades instaladas nas cidades de Campo Grande/MS, Ponta Porã/MS, Dourados/MS, Naviraí/MS, Três Lagoas e Corumbá/MS.

A metodologia de desenvolvimento além de utilizar os dados do Sinapse (PROJETO SINAPSE, 2018) e da Empresa Caruso (CARUSO, 2020), fez uso de diversos softwares, de uso livre, de equações pré-estabelecidas, e utilizou um exemplo prático, passo a passo, para o seu melhor entendimento.

Desenvolvido o Método CAGFOT foi aplicado nas Delegacias da Polícia Federal em Mato Grosso do Sul, e tivemos como resultado como área mais eficiente e sustentável a área disponível na Cidade de Três Lagoas/MS. Os pontos alcançados pela área foram de 9,94 pontos, dois quais 6,79 pontos por eficiência na produção de energia elétrica, e 3,15 pontos de sustentabilidade. A área apesar de ser uma das menores disponíveis, devido a suas características e sua localização, somada ainda potência total efetiva produzida de 1.114,07 Wh.dia/m<sup>2</sup>, o que vem corroborar com os dados da Figura 6, onde a região de Três lagoas/MS possui uma irradiação de 5,34 kWh.dia/m<sup>2</sup>, a maior irradiação por m<sup>2</sup> no Estado de Mato Grosso do Sul.

O Método CAGFOT vem aprimorar e se apresenta como mais uma ferramenta viável e útil aos analistas que trabalham no planejamento da expansão da geração de energia elétrica, sendo a primeira ferramenta a analisar e comparar, de forma eficiente e sustentável, as opções de áreas para o aproveitamento da luz do Sol.

Como sugestão para trabalhos futuros, propõe-se a elaboração de métodos semelhantes ao CAGFOT, para outras fontes renováveis e não renováveis, para a análise de áreas indicadas para geração de energia elétrica.

## Referências

ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) - Mapa dos Empreendimentos de Geração de Energia Elétrica. - <https://sigel.aneel.gov.br/portal/home/webmap/viewer.html?webmap>. 2021.

ATLAS SOLARIMÉTRICO DO BRASIL – Banco de Dados Solarimétricos. Editora Universitária da UFPE. Recife – PE, 2000.

CANADIAN. Canadian Solar Inc. Empresa fabricante de módulos fotovoltaicos solares - CS-Datasheet-BiHiKu7\_CS7N-MB-AG\_v2.4\_EN, 2022.

CARUSO. Soluções Ambientais Inovadoras. Caracterização e Análise Socioambiental (R3) da Linha de Transmissão de 500

kV, entre a Cidade de Ponta Grossa a Assis, do Edital do Leilão nº 2/2021- ANEEL, Brasília, Brasil, 2020.

CRESESB. Centro de Referências para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito. – <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>, 2022.

GOOGLE EARTH – Programa de computador – Empresa Google - <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>, 2022.

INMET – Normais Climatológicas do Brasil 1991- 2020, temperatura média C° - <https://portal.inmet.gov.br/uploads/normais/> 2022.

JUNIOR, Amaro O. P; MORAES, Rafael C.; TAVARES, Maíra; FILHO, Marciano M.; FURTADO, Ricardo C.; FURTADO, Marcelo G.; PESSANHA, Francisco M. - Inserindo variáveis socioambientais no planejamento da expansão do setor elétrico. PPE/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil. 2020.

MASCH, Dr. Andrew – 3D-SUN-PATH - Software - Demonstrando a relação entre localização geográfica e posição solar, <http://andrewmarsh.com/software>, 2022.

NOSSO MUNDO EM DADOS. Our Word in Data based on BP Statistical Review of World Energy & Ember - 2021- <https://ourworldindata.org/grapher/electricity-prod-source-stacked>.

PF – Polícia Federal. Organograma – Unidades centrais. Disponível em: <https://www.gov.br/pf/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/estrutura>. Acesso em: ago. 2022.

PVSYST. Software PVsyst - <https://www.pvsyst.com/>, 2022.

SINAPSE – PROJETO SINAPSE – Inclusão da Variável Ambiental no Planejamento Elétrico. ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica, CEC – Companhia Energética Candeias, 2018.

SOLAR VIEW – Empresa de gestão e monitoramento de unidades de geração fotovoltaica. <https://solarview.com.br/espacamento-entre-modulos-fotovoltaicos>, 2022.

SOUZA, Ronilson Di – Introdução aos Sistemas de Energia Solar Fotovoltaica – Livro <https://www.blue-sol.com.br>, 2019.

TOYOTA – Toyota Motor Corporation fabricante automotivo. <https://www.toyota.com.br/modelos/hilux-cabine-dupla/comparativo/>, 2022.