



FLÁVIA RIBEIRO DE CARVALHO
Licenciada em Engenharia Industrial

MAPEAMENTO DE POTENCIAL FOTOVOLTAICO EM CONTEXTO DE FAVELA

ESTUDO DE CASO NA EXPANSÃO DA COOPERATIVA FOTOVOLTAICA NA
FAVELA DA BABILÓNIA

MESTRADO EM ENGENHARIA DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS

Universidade NOVA de Lisboa
Novembro, 2021

MAPEAMENTO DE POTENCIAL FOTOVOLTAICO EM CONTEXTO DE FAVELA

ESTUDO DE CASO NA EXPANSÃO DA COOPERATIVA FOTOVOLTAICA NA
FAVELA DA BABILÓNIA

FLÁVIA RIBEIRO DE CARVALHO

Licenciada em Engenharia Industrial

Orientador: Doutor João Pedro Gouveia, Investigador Auxiliar e Professor Auxiliar Convidado, CENSE – Centro de Investigação em Ambiente e Sustentabilidade, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA Lisboa

Coorientador: Prof. Doutor João Miguel Murta Pina, Professor Auxiliar, Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa

Júri:

Presidente: Prof. Doutor. Rui Lopes, Professor Auxiliar, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa

Arguente: Prof. Doutor Pedro Pereira, Professor Auxiliar, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa

Vogais: Doutor João Pedro Gouveia, Investigador Auxiliar e Professor Auxiliar Convidado, CENSE – Centro de Investigação em Ambiente e Sustentabilidade, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA Lisboa

MESTRADO EM ENGENHARIA DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

Universidade NOVA de Lisboa
Novembro, 2021

MAPEAMENTO DE POTENCIAL FOTOVOLTAICO EM CONTEXTO DE FAVELA

Copyright © FLÁVIA RIBEIRO DE CARVALHO, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade NOVA de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em especial os meus orientadores; Professor João Pedro Gouveia e Professor João Murta Pina. Ao Professor e orientador João Pedro Gouveia, pelos auxílios e a tão preciosa ajuda e disponibilidade durante esse longo processo de construção de tese. Além de ser muito solícito, agregou a minha dissertação com informações e fundamentos sólidos, enriquecendo e aprofundando aos meus estudos.

Ao meu co-orientador e Professor João Murta Pina, agradeço principalmente o incentivo inicial que foi de imensa importância para decidir o meu tema e sua relevância, o que me deu muita motivação para realizar este presente trabalho.

Não poderia deixar de agradecer à Universidade NOVA de Lisboa, por me oferecer essa oportunidade de realizar meus estudos de mestrado na Faculdade de Ciências e Tecnologia. Aqui deixo registado meus agradecimentos aos Professores do curso de Mestrado de Engenharia e Energias Renováveis. Foram dois anos de expansão de conhecimento que foram fundamentais para a minha vida profissional. Agradeço a todo grupo do MEER, alunos e colegas que comigo acompanharam essa trajetória. Uma turma unida que conseguiu demonstrar que é possível despertar o melhor que há em cada um de nós.

Meus especiais agradecimentos à ONG Revolusolar e seus integrantes por todo apoio fundamental para essa tese que, além de me prestarem todas as informações necessárias, tornaram possível a minha mobilidade dentro da favela da Babilónia. Agradeço também, ao grupo Solarize e 6D Drones por disponibilizarem o auxílio fundamental para que se fosse possível desenvolver esta metodologia.

Para além, devo meus maiores agradecimentos aos meus pais, Maria Helena Ribeiro de Oliveira e Cláudio Setembrino de Carvalho, pelo apoio na escolha dos meus estudos e o empenho que me deram durante todo esse período. À minha querida mãe, agradeço a tão preciosa ajuda nas suas revisões ortográficas da nossa complexa língua portuguesa.

Também agradeço ao meu querido tio e Professor Dr. Rogério Ribeiro de Oliveira, que me prestou todo o auxílio necessário no Rio de Janeiro para realizar a minha pesquisa de campo, além de me motivar e auxiliar na construção da tese.

*"O povo que subjuga outro, forja suas próprias cadeias."
(Karl Marx)*

RESUMO

A Organização das Nações Unidas (ONU) estabeleceu uma agenda para o ano de 2030 com 17 objetivos a serem alcançados (“Objetivos de Desenvolvimento Sustentável” (ODS)). Entre eles, encontramos: “energia limpa e acessível”, que se encontram no número sete, cujo objetivo é: “garantir o acesso a fontes de energia fiáveis, sustentáveis e modernas para todos”.

Esse trabalho tem por base o problema de pobreza energética das favelas brasileiras ao visar à exploração e utilização de recurso solar através da produção solar fotovoltaica, distribuída como parte da solução para reduzir este flagelo social, económico e ambiental.

Portanto, quantificou-se a pobreza energética na Favela da Babilónia através de indicadores pré-definidos para podermos compreender a dimensão do problema. Sendo assim, mapearemos a Babilónia por zonas com o intuito de realizar uma cooperativa de energia renovável para cada zona estipulada.

Usando como modelo e caso de estudo a favela da Babilónia, no Rio de Janeiro, este trabalho apresenta uma metodologia para o mapeamento solar e avaliação do potencial de geração fotovoltaica com recurso a aerofotogrametria, estabelecendo parcerias com agentes locais (e.g. ONG Revolusolar). Desta forma, realizou-se uma análise de zonas selecionadas na favela para modelação em 3D das habitações, além da configuração dos painéis mais vantajosa para uma cobertura determinada, podendo-se assim, estipular a potência para cada sistema fotovoltaico, considerando fatores financeiros para o investimento do projeto.

Os principais resultados deste trabalho foram a identificação de sete zonas diferentes que dividem a favela, (C, E, F, H, I, J e K), num investimento de R\$ 800.000,00 (€ 128.000,00) para a construção de oito sistemas fotovoltaicos com o potencial de 182 kWp, a cobrir 12 coberturas diferentes. A realização total desse projeto produziria cerca de 239.766 kWh ao ano, o que permitiria cobrir o consumo de energia elétrica de 148 residências da comunidade. A prioridade para a construção de cada sistema solar PV, seria nesta ordem: C, J, H, E, K1+1, F, I e K1.

Palavas chave: Aerofotogrametria, Cooperativa Fotovoltaica, Energia Fotovoltaica, Geração Distribuída, Mapeamento Solar na Favela, Pobreza Energética, Revolusolar.

ABSTRACT

The United Nations (UN) created an agenda for the year 2030 with 17 goals to be achieved (“Sustainable Development Goals” (SDGs)). Among them, we found: “clean and accessible energy”, which was sought in number seven, whose objective is: “to ensure access to reliable, sustainable and modern energy sources for all”.

This work is based on the problem of energy poverty in Brazilian favelas. It explores the use of the solar resource through distributed solar photovoltaic production as part of the solution to reduce this social, economic, and environmental scourge.

Energy poverty in Favela da Babilónia was quantified through pre-defined indicators to understand the scale of the problem. Using a model and case study of a favela in Babilónia, in Rio de Janeiro, this work presents a methodology for solar mapping and assessing the potential for photovoltaic generation using aero photogrammetry while establishing partnerships with local agents (for example, NGO Revolusolar). Therefore, we mapped Babilónia by zones to realize a renewable energy community for each stipulated zone. An analysis of selected areas in the favela was carried out for 3D modelling of the dwellings and the configuration of the most advantageous panels. Thus, it is possible to stipulate the power for each photovoltaic system, financial factors for the project investment.

The main results of this work were the assessment of 7 different zones dividing the favela (C, E, F, H, I, J and K), with a total investment of R\$ 800.000,00 (€ 128.000,00) for the construction of 8 photovoltaic plants with a potential of 182 kWp, covering 12 different roofs. The full implementation of the project would produce around 239,766 kWh per year, covering the consumption of 148 residences in the community. The priority for the construction of each solar PV system would be in this order: C, J, H, E, K1 + 1, F, I, and K1.

Keywords: Energy Poverty, Photovoltaic Cooperative, Aero photogrammetry, Photovoltaic Energy, Solar Mapping in Favela, Revolusolar, Distributed Generation.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	VI
RESUMO	IX
ABSTRACT	XI
ÍNDICE	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XV
ÍNDICE DE TABELAS	XVII
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XX
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. CONTEXTO E MOTIVAÇÃO	1
1.2. PROBLEMA E OBJETIVOS	4
1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	4
2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO	6
2.1. POBREZA ENERGÉTICA	6
2.1.1. <i>Pobreza Energética no Brasil</i>	11
2.1.2. <i>Indicadores de Pobreza Energética</i>	13
2.2. TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA E SUAS APLICAÇÕES.....	14
2.2.1. <i>Investimento em Geração Distribuída (Índia e China)</i>	18
2.2.2. <i>Geração Distribuída no Brasil</i>	19
2.3. MAPEAMENTO DE POTENCIAL SOLAR.....	23
3. CARACTERIZAÇÃO DA FAVELA	26
3.1. HISTÓRIA E CARACTERIZAÇÃO DA FAVELA	26
3.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.....	27
3.3. CARACTERÍSTICAS SOCIAIS	29
4. METODOLOGIA	38
4.1. INDICADORES DE POBREZA ENERGÉTICA	39
4.2. MAPEAMENTO DA FAVELA.....	43
4.3. MODELAÇÃO 3D	47
4.4. PROJEÇÃO FOTOVOLTAICA E ANÁLISE FINANCEIRA	49
5. RESULTADO E DISCUSSÃO	60

5.1.	POBREZA ENERGÉTICA NA FAVELA BABILÓNIA.....	60
5.2.	MAPEAMENTO E DEFINIÇÃO DA MISSÃO.....	64
5.3.	MODELAÇÃO 3D	67
5.4.	PROJEÇÃO FOTOVOLTAICA E ANÁLISE FINANCEIRA	69
6.	CONCLUSÃO	74
	BIBLIOGRAFIA.....	76
A.	ANEXO	82
	PERFIL DE PRODUÇÃO FOTOVOLTAÍCA POR UM ANO DE CADA INSTALAÇÃO POR ZONA.....	82

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1- MAPA SOLAR DO RIO DE JANEIRO	2
FIGURA 2- EXCLUSÃO DAS FAVELAS NO MAPA SOLAR DO RIO DE JANEIRO.....	3
FIGURA 3 - PLANEAMENTO COOPERATIVA SOLAR DA BABILÓNIA.....	22
FIGURA 4 - COOPERATIVA REVOLUSOLAR FONTE: FOTOGRAFIA PRÓPRIA.....	22
FIGURA 5 - COLABORAÇÃO REVOLUSOLAR COM HOSTEL.....	23
FIGURA 6 - MAPEAMENTO POR 9 ZONAS	43
FIGURA 7 - CURVA DE ELEVAÇÃO/ ALTITUDE.....	45
FIGURA 8 - MAPEAMENTO DE ZONAS POR MISSÃO.....	46
FIGURA 9 - DRONE MAVIC 2 PRO	47
FIGURA 10 - PONTOS HOMÓLOGO	47
FIGURA 11 - EXEMPLO DE MALHA TRIANGULAR IRREGULAR (RTI)	48
FIGURA 12 - PROJEÇÃO 3D VISÃO SUPERIOR	49
FIGURA 13 - PROJEÇÃO EM 3D ZONA F.....	50
FIGURA 14 - CONFIGURAÇÃO DOS PAINÉIS (ZONA F).....	52
FIGURA 15 - ANÁLISE DE SOMBREAMENTO (ZONA F).....	53
FIGURA 16 - PROJEÇÃO DOS PAINÉIS (ZONA I).....	54
FIGURA 17 - AUTOMATIZAÇÃO PV*SOL PARA OS CABEAMENTOS	55
FIGURA 18 - MAPA DE CAMINHADA DA VISITA TÉCNICA	64
FIGURA 19 - DEFINIÇÃO DA MISSÃO	65
FIGURA 20 - MAPEAMENTO DE MISSÕES DO DRONE.....	66
FIGURA 21 - MODELAÇÃO EM 3D (EX. 1)	67
FIGURA 22 - MODELAÇÃO EM 3D (EX. 2)	68
FIGURA 23 - MODELAÇÃO EM 3D (EX. 3)	68
FIGURA 24 - PERFIL DE PRODUÇÃO DA ZONA C EM KWH.....	82
FIGURA 25 - PERFIL DE PRODUÇÃO DA ZONA E EM KWH.....	83

FIGURA 26 - PERFIL DE PRODUÇÃO DA ZONA F EM KWH	83
FIGURA 27 - PERFIL DE PRODUÇÃO DA ZONA I EM KWH	84
FIGURA 28 - PERFIL DE PRODUÇÃO DA ZONA J EM KWH	84
FIGURA 29 - PERFIL DE PRODUÇÃO DA ZONA H EM KWH	85
FIGURA 30 - PERFIL DE PRODUÇÃO DA ZONA K EM KWH.....	85
FIGURA 31 - PERFIL DE PRODUÇÃO DA ZONA K1 + 1 EM KWH.....	86

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - CONCENTRAÇÃO DE HABITANTES NAS FAVELAS.....	32
TABELA 2 - DIFERENÇA DO ORDENADO MÉDIO FAMILIAR.....	33
TABELA 3 - DIFERENÇA DO ORDENADO PER CAPITA.....	34
TABELA 4 - DOMICÍLIOS POR NÚMERO DE RESIDENTES	36
TABELA 5 - DOMICÍLIOS POR TIPO DE FONTE ENERGÉTICA	36
TABELA 6 - TOTAL DE DOMICÍLIOS POR RENDIMENTO NOMINAL MENSAL DOMICILIAR PER CAPITA	39
TABELA 7 - ESCALA DE TARIFÁRIO.....	40
TABELA 8 - CUSTO COM ELETRICIDADE NA BABILÓNIA.....	41
TABELA 9 - ORDENADO MÍNIMOS.....	41
TABELA 10 - LINHA DA POBREZA.....	42
TABELA 11 - ESPECIFICAÇÃO DO PAINEL FOTOVOLTAICO.....	51
TABELA 12 - CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO DE PRIORIDADE OPERACIONAL	59
TABELA 13 - CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO DE PRIORIDADE FINANCEIRA.....	59
TABELA 14 - ANÁLISE TPR.....	60
TABELA 15 - ANÁLISE 2M.....	61
TABELA 16 - ANÁLISE MIS-BASED.....	62
TABELA 17 - ANÁLISE HCLI.....	62
TABELA 18 - ANÁLISE M/2	63
TABELA 19 - RESULTADOS OPERACIONAIS	69
TABELA 20 - RESULTADOS FINANCEIROS	70
TABELA 21 - MATRIZ DE PRIORIDADE OPERACIONAL.....	71
TABELA 22 - MATRIZ DE PRIORIDADE FINANCEIRA	72
TABELA 23 - RESULTADO DA MATRIZ DE PRIORIDADE	72

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - LCOE MÉDIO PONDERADO DE PROJETOS FOTOVOLTAICOS SOLARES DE GRANDE ESCALA	15
GRÁFICO 2- EVOLUÇÃO DA CAPACIDADE INSTALADA DE SOLAR TÉRMICO E SOLAR FOTOVOLTAICO (2010- 2020).....	16
GRÁFICO 3 - PERCENTAGENS DE AUMENTO DE CAPACIDADE SOLAR PV POR SECTOR DE USO FINAL.....	17
GRÁFICO 4 - ANÁLISE DE ORDENADO DOMICILIAR DA BABILÓNIA	40

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contexto e Motivação

A Organização das Nações Unidas (ONU) estabeleceu uma agenda para o ano de 2030 com dezassete objetivos a serem alcançados (“Objetivos de Desenvolvimento Sustentável”, ODS) (ONU 2015). Todos esses objetivos envolvem a promoção de um mundo sustentável, menos desigual e com o intuito de erradicar a pobreza. Entre os dezassete objetivos da agenda, encontramos: “energia limpa e acessível”, que se encontra no número sete, cujo objetivo é: “garantir o acesso a fontes de energia fiáveis, sustentáveis e modernas para todos” (Nações Unidas, 2021).

Em meio a pandemia do Covid-19, esse tema nos leva a refletir sobre o futuro, como por exemplo, de que forma iremos lidar com as dificuldades que a sociedade terá que enfrentar em diversas esferas como as sociais, económicas e ambientais. Além das metas estipuladas pelas grandes nações, a necessidade de descarbonizar a economia é fundamental, além de ser uma boa estratégia para a retomada económica.

A desigualdade só vem a aumentar com o alastramento da pandemia. Com a sua chegada, é como se o mundo inteiro tivesse retrocedido alguns anos ao combate à pobreza. Sendo portanto importante, repensar como iremos sair desse momento extremamente difícil da melhor forma possível, sem fazer com que a desigualdade aumente. Uma das medidas que deverá ser explorada para a nova realidade que iremos enfrentar, será o combate à Pobreza Energética, devendo, para tanto, ser realizada de forma que haja inclusão social e transição energética para as fontes de energia renováveis.

Um dos aliados mais importantes ao combate da Pobreza Energética, é a tecnologia de energia mais promissora do mercado: a energia solar fotovoltaica. Criada pelo Bell Telephone Laboratories nos Estados Unidos em 1954, esta tecnologia ganhou espaço no mercado a partir da viragem do século, ao alcançar valores de custo cada vez menores (IRENA, 2021), estando a alcançar importantes benefícios ambientais. O Solar Fotovoltaico também é a tecnologia de energia renovável que mais cresceu no mercado, tendo um grande potencial de ser a fonte de energia dominante no médio prazo no mix energético global de geração de eletricidade.

Existem diversos tipos de tecnologias para utilização do recurso solar, porém, os mais utilizados são em grandes produções, como é o caso das centrais solares fotovoltaicas ou a Energia Solar Concentrada (CSP, de *Concentrated Solar Power*). Existem também configurações menores como as de Geração Descentralizada (GD), como microproduções e uso residencial.

A grande vantagem da produção em GD é a sua potencial utilização em coberturas e outros espaços já construídos, além da proximidade da geração com o consumo, promovendo a independência energética aos consumidores.

O governo do Rio de Janeiro, criou um mapa dinâmico sob o qual observa-se o potencial da geração fotovoltaica nas residências. Foi realizado pela Secretaria de Desenvolvimento Económico, Energia, Indústria e Serviços do Governo do Estado do Rio de Janeiro (SEDEIS), a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), do Governo Federal, o Instituto Pereira Passos da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro (IPP) e pela Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável por meio da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) (<http://mapasolar.rio>, recuperado em 26 de fevereiro, 2021).

A Figura 1, foi retirada do site do Mapa Solar do Rio de Janeiro para demonstrar sua funcionalidade:

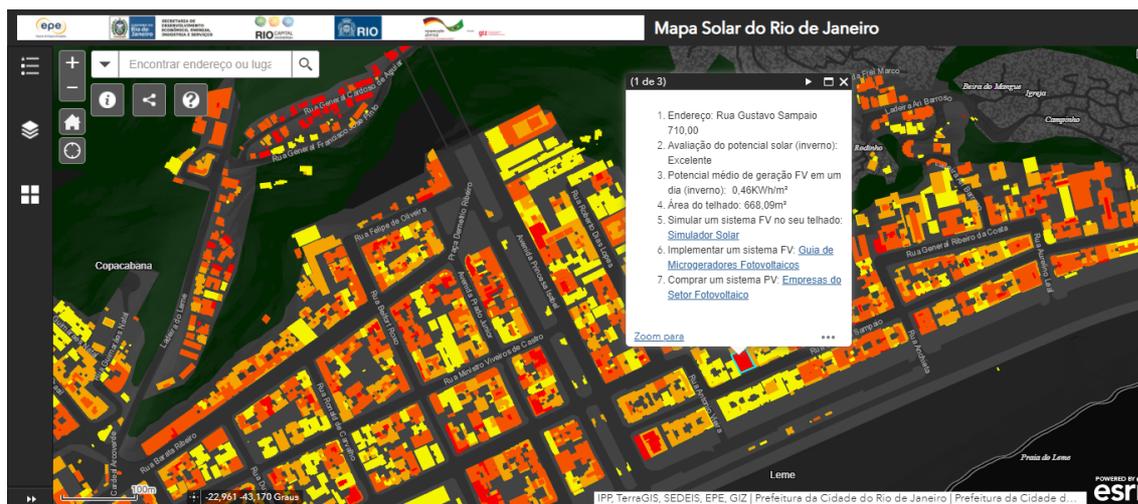


Figura 1- Mapa Solar do Rio de Janeiro

Fonte: Site do Mapa Solar do Rio de Janeiro (<http://mapasolar.rio>, recuperado em 26 de fevereiro, 2021)

Trata-se de uma ação muito útil para aqueles que têm interesse em instalar painéis fotovoltaicos nas coberturas, porém, todas as favelas foram excluídas do plano. A Figura 2 demonstra como as favelas aparecem no mapa. Na mancha cinza no centro do mapa encontra-se a favela da Babilônia e a do Chapéu Mangueira.

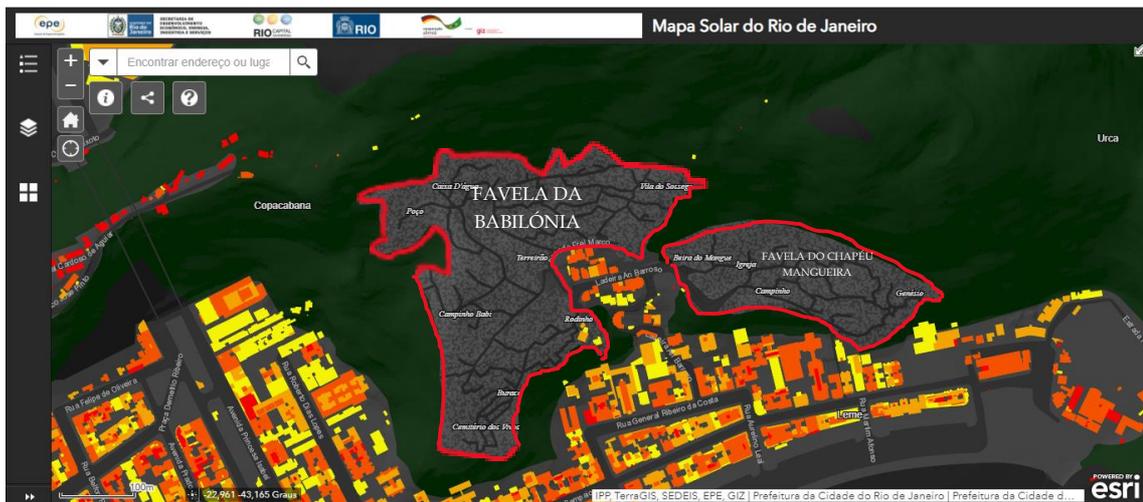


Figura 2- Exclusão das favelas no Mapa Solar do Rio de Janeiro

Fonte: Site do Mapa Solar do Rio de Janeiro (<http://mapasolar.rio>, recuperado em 26 de fevereiro, 2021)

Com este enquadramento, o objetivo deste trabalho foca-se precisamente na tentativa de colmatar este gap de informação e conhecimento. Para isso foi desenvolvida uma colaboração com a Organização não Governamental (ONG) Revolusolar, que está no momento a realizar a primeira cooperativa fotovoltaica numa favela brasileira, no sentido de salientar a necessidade de inclusão dessas ações aos menos favorecidos.

Quando o governo deixa de lado as comunidades carentes, está dando sinais de que não vale a pena investir nesses lugares. A justificativa dada pelos dirigentes do projeto do mapa solar, é de que trata-se de áreas informais as quais não há dados suficientes de execução desses projetos. Todas as organizações participantes desvalorizaram projetos importantíssimos que ocorrem nas favelas, como é o caso da Revolusolar e Insolar, que promovem a alternativa energética nas favelas do Rio de Janeiro. Além disso, estes projetos têm o poder de gerar empregos dentro das comunidades, bem como trazer tecnologia e conhecimento para seus moradores. Como avaliado por Feitosa, Lima e Cukierman (2020), quando o governo não atende essas comunidades é como se dissesse: “Para o governo do Rio de Janeiro, é como se não houvesse sol nas favelas”.

Nas favelas podemos encontrar diversos grupos vulneráveis, entre eles os que são energeticamente desassistidos. Entre pessoas suscetíveis à pobreza energética, existem determinados grupos que são invisíveis pelas políticas públicas implementadas. Ou seja: são grupos que são energeticamente pobres, entretanto, não são identificados pelo Estado. Assim, não se enquadram nos benefícios sociais. Observando-se o Mapa Solar, pode-se concluir que a favela comporta em si um grupo invisível e pobre energeticamente (*“Invisible energy precarity groups”*) (Middlemiss L., Gillard R., Pellicer V. & Straver K., 2018).

Logo, com o envolvimento entre associação de moradores, conselheiros locais, governo, pesquisadores e ONGs, seria possível identificar os grupos para que fossem implementadas políticas públicas adequadas. Porém, refletindo sobre esse conceito (que será abordado mais à frente), é inevitável pensar numa solução para que essas comunidades tenham maior acesso a energia e redução de custos promovendo também mais independência energética. Assim, a

ONG Revolusolar, deu início à primeira cooperativa solar numa favela no Brasil ao pensar no desenvolvimento económico e social interno da favela. Assim, através do desenvolvimento do trabalho nesse contexto, pretende-se contribuir para promoção de ações para o alcance dos ODS.

1.2. Problema e Objetivos

Nesse trabalho, abordaremos os conceitos de Pobreza Energética que existem nas favelas, mais focados no Rio de Janeiro e apresentaremos uma metodologia para o mapeamento solar adequado para esse meio utilizando a Favela da Babilónia como modelo e estudo de caso. Colaborando com os próximos passos da cooperativa e da ONG Revolusolar, este trabalho tem como objetivo principal a identificação e mapeamento do potencial solar da Favela da Babilónia (Rio de Janeiro), com o intuito de suportar a tomada de decisão dos agentes económicos locais, em especial, de cooperativas solares que atenderão aos moradores das comunidades. Este trabalho pretende ainda atingir alguns objetivos específicos:

1. Quantificar a Pobreza Energética na Favela da Babilónia através de indicadores pré-definidos.
2. Mapear a Babilónia por zonas com o intuito de realizar uma cooperativa de energia renovável para cada zona estipulada. Aqui, a considerar fatores como localização no morro, disposição solar, qualidade de acesso à rede de distribuição e acessibilidade à zona.
3. Realização de um mapa com as localidades das residências que serão sugeridas para a implementação dos painéis fotovoltaicos, a considerar o seu acesso e questões políticas/sociais que podem impossibilitar o ingresso à cooperativa fotovoltaica.
4. Realização de aerofotogrametria das zonas selecionadas para modelação em 3D das habitações, além disso, apresentar visualização em 3D da configuração dos painéis mais vantajosa para a cobertura determinada.
5. Observar as coberturas das moradias e dimensioná-las, detetar as que possuem bom potencial para instalação de painéis, a levar em conta o tamanho mínimo, a tipologia do material utilizado na construção, o tipo de utilização do espaço disponível e a localização que se encontra na favela.

Fazer uma análise de sombreamento nas coberturas que afetarão os painéis fotovoltaicos, além de estipular a potência adequada para cada sistema fotovoltaico, considerando fatores financeiros para o investimento do projeto. Analisar a aquisição de todas as cooperativas/zonas propostas. Por fim, para auxiliar na tomada de decisão, realizar uma matriz para facilitar a escolha de prioridade de construção de cada zona.

1.3. Organização da Dissertação

Esse capítulo contempla a estrutura a ser seguida por essa dissertação de tese. Essa organização foi pensada para permitir ao leitor ter um conhecimento mais aprofundado da situação atual que é abordada nesse trabalho, além de complementos históricos fundamentais que

nos levam à compreensão do presente. A seguir ao capítulo introdutório, a dissertação está organizada em outros cinco capítulos, como descritos abaixo:

Capítulo 2. Enquadramento Teórico: Esse capítulo visa explicar os principais conceitos abordados pela tese para que haja a compreensão do problema com base teórica. Assim, serão explorados os conceitos fundamentais da tecnologia fotovoltaica, bem como as principais evoluções do campo, suas funções e benefícios, além de apresentar o contexto do ambiente da favela como um todo, especificamente da Favela da Babilónia. Por fim, é apresentado o conceito da Pobreza Energética, com estudo focado no país.

Capítulo 3. Caracterização da Favela: Aqui é apresentado um estudo minucioso sobre a história da favela, a passar pelas suas características sociais, físicas e económicas, além de questões políticas que são fundamentais para essas comunidades. Este capítulo traz ao leitor a conceção da realidade desse espaço que é necessário para a compreensão deste trabalho de tese.

Capítulo 4. Metodologia: Nesta etapa será exposta a metodologia criada como forma de solução para o problema proposto e a adaptação dos indicadores de Pobreza Energética para a favela. Aqui foi dividido em quatro segmentos: a primeira consiste em realizar o mapeamento da favela de acordo com os objetivos específicos. Em seguida, é apresentada a programação e a organização, que foram criadas para realizar a parte prática do trabalho. A finalizar esse capítulo, será apresentada a forma como foi gerado o mapeamento fotovoltaico para o projeto e a explicação das análises de potencial fotovoltaico e financeira.

Capítulo 5. Resultados e discussão: Aqui serão apresentados os resultados obtidos no trabalho prático dessa tese, a conter informações relevantes quanto a projeção e configuração dos painéis fotovoltaicos e análises financeiras e técnicas.

Capítulo 6. Conclusão: Por fim, o último capítulo demonstra as principais conclusões obtidas com os resultados e discussões, além de apresentar algumas das limitações que o trabalho sofreu a sugerir melhorias e futuros trabalhos que possam contribuir com a continuação dessa metodologia.

ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Neste capítulo iremos abordar a história da origem das favelas, suas estruturas geográficas e sociais, as estatísticas demográficas, investigações realizadas nesse ambiente e a cultura pertencente e similares que existem nessas comunidades.

Este capítulo tem importância para o entendimento desse ambiente denominado “favela” e serve para o entendimento da Pobreza Energética enfrentada nessa tipologia de comunidade, conceito que será abordado em seguida.

Além do estudo desses dois âmbitos (Favela e Pobreza Energética) há um capítulo referente à tecnologia fotovoltaica e suas aplicações e evoluções. Todo o conceito aqui abordado servirá de base teórica para a metodologia desse trabalho. A finalizar com um capítulo que explora algumas hipóteses de metodologias existentes de mapeamento de potencial solar.

2.1.Pobreza Energética

A Pobreza Energética é um conceito recente que vem sendo muito discutido em diversos contextos na Europa, USA, África, etc. Além de ser multidisciplinar, é um tema subjetivo que dependerá do local e do contexto em que está sendo analisado (Karpinska & Śmiech, 2020). Após a compreensão da origem da favela, a cultura que lá existe e suas características demográficas foi possível identificar e aplicar o conceito da Pobreza Energética nesse espaço de estudo.

Preliminarmente, é necessário salientar a importância desse tema, pois, através dessa ótica, a humanidade poderá se conscientizar que, a questão da energia, deveria ser tratada como um direito inquestionável de cada cidadão. Não há como diminuir a desigualdade social sem enfrentar a questão de como a energia poderia ser distribuída aos diversos segmentos da população. Assim, adiante 'haverá 'a explicação do conceito de pobreza energética, além de citar alguns autores, que previamente estudaram esse tema, para podermos ampliar, questionar e concluir de acordo com tudo que foi estudado e analisado pelos que se interessam pelo assunto.

Pereira da Silva e Freitas (2018, p.2) define em seu artigo: “Pobreza energética resulta em necessidades básicas não atendidas e oportunidades económicas e educacionais reduzidas que são particularmente difundidas entre mulheres, crianças e minorias”. O acesso à energia e sua qualidade é fundamental para o desenvolvimento social. O enfrentamento à Pobreza Energética influencia e auxilia ao combate de diferentes conflitos sociais, como a desigualdade de gênero, social e racial, além de melhorias na saúde e na educação.

Casillas e Kammem (2010, apud Pereira et al. (2018, p.2)) afirmou que a expansão do serviço de energia por si só não irá erradicar a pobreza, mas irá imediatamente melhorar a vida diária da população. Sovacool et al. (2016) (apud Pereira et al. (2018, p.3)). Afirmam também que a “pobreza energética deve ser interpretada como uma violação da justiça distributiva”. Vista por esse ângulo, podemos comparar os Estados desenvolvidos com os Estados em desenvolvimento. Por exemplo: o bem-estar básico da sociedade americana é muito diferente que o da África Subsaariana. Pereira utiliza da comparação entre a região de Nova Iorque e toda região da África Subsaariana a qual chega a ter quarenta vezes mais habitantes, onde o consumo elétrico são compatíveis. Ao observar essa comparação, levanta-se a questão do que seja o “bem-estar básico” para uma pessoa que vive em Nova Iorque e, o que é “bem-estar básico” para aqueles que vivem a realidade de África Subsaariana.

Levando-se em conta essa reflexão, Campos (1984, p. 8, apud Pereira et al. (2018, p. 4)), levanta questões a serem refletidas num conjunto mundial. Como dependemos do acesso à energia de boa qualidade para exercer tarefas básicas da rotina, ou para manter uma qualidade de vida digna, não deveria então haver um direito essencial e constitucional à energia para cada cidadão? O acesso à energia de qualidade vai além da sua definição, ela está ligada a benefícios trazidos pelas tecnologias, acesso à cultura entre outros fatores relevantes a qualidade de vida.

Sendo assim, Pereira et al. (2018, p. 3) conclui que: “A teoria da justiça distributiva afirma que a segurança física é um direito básico; assim, as condições que garantem devem ser criadas por meio de empregos, acesso a alimentos, condições de vida digna e acesso sustentável ao meio ambiente e seus recursos. Nesse contexto, portando, as pessoas teriam o direito a um conjunto mínimo de serviços de energia, que lhes proporcionaria um padrão mínimo de bem-estar, sendo que, um desses serviços seria a energia elétrica.” Possivelmente este autor está se referenciando à justiça ambiental; uma categoria que abraça diversas formas de equidade social.

Pereira et al. (2018) levanta em sua investigação os valores ligados a um direito da sociedade: o da energia. Assim, observa grupos com pouco poder aquisitivo numa situação que se veem sem outra saída a não ser optar pela clandestinidade. O seguinte trecho relatado por esse autor, expõe claramente a injustiça social que vem ocorrendo:

“Quanto à aquisição e uso de energia, uma parte significativa da população mundial tem pouca ou nenhuma receita, portanto, a aquisição de energia por meio da compra é impossível para eles. Para este grupo, o acesso informal à rede de fornecimento de energia é a única alternativa. (...) Pessoas pobres são as mais vulneráveis e os menos resilientes aos efeitos

das mudanças climáticas. Considerar também, que a maioria dos mais pobres entre os pobres vive na periferia urbana e nas áreas rurais. Expandir o acesso à eletricidade a preços acessíveis e melhorar a qualidade do fornecimento de serviços de energia são essenciais para o desenvolvimento humano e económico para se adaptar face às alterações climáticas.” (Pereira et al., (2018, p. 4).

Para Pereira et al. (2018), o propósito do combate à Pobreza Energética é de fundamental importância para erradicação da pobreza, já que a eletricidade é um dos pilares da educação e saúde contemporâneos. Há que se ter em mente que existe uma diferença fundamental no que se refere às formas de enfrentamento entre a Gripe Espanhola de 1918 e a atual pandemia da Covid 19; que é justamente o acesso à energia e à informação. Estes dois aspetos configuram ao mesmo tempo a diferença entre as duas epidemias e evidenciam o quadro de injustiça energética, uma vez que, a falta de informação, constitui diferença crucial no combate à pandemia da Covid 19. Logo, é preciso maximizar o bem-estar social, antes de maximizar os lucros destinados aos fornecedores. O acesso à energia e à informação é inerente ao desenvolvimento e a democracia, ou seja, deve ser interpretado como um direito e uma ferramenta de grande influência no combate à desigualdade social.

Para além, a definição de acesso à energia elaborada pela Agência Internacional de Energia (EIA) engloba o fornecimento de instalações para cozimento, as quais podem ser usadas sem prejudicar a saúde das pessoas, por ser ambientalmente sustentável e eficiente em termos energéticos em relação aos tradicionais fogões de biomassa, utilizados em muitos países em desenvolvimento. Esta definição, se refere principalmente aos sistemas de biogás, fogões de gás petróleo liquefeito (GPL) e fogões de biomassa avançados, onde há emissões consideravelmente mais baixas, de maior eficiência do que os tradicionais fogões de “três pedras” para cozinhar. Presume-se que os fogões à LPG e os fogões de biomassa avançados, sejam os mais adequados na substituição dos antigos fogões de biomassa. Com base nessa definição, a pobreza energética é avassaladora (A. Halff, B. K. Sovacool & J. Rozhom, 2014).

Somando-se às definições dadas para a Pobreza Energética, existem mais considerações, porém, menos significativas perante o acesso à energia. Segundo Gouveia et al. (2019) é considerado Pobreza Energética a deficiência em aquecer ou refrescar as habitações, ocorrência de baixa eficiência energética em edifícios, sistemas descentralizados de climatização de baixa eficiência, além do preço da energia. Utiliza-se também a taxa de mortalidade durante o inverno e indicadores sócio-económicos para se identificar o nível de Pobreza Energética. Esses fatores são considerados os indicadores para mensurar a Pobreza Energética, como ocorre por exemplo nos países pertencentes à União Europeia.

Tendo em vista esta complexidade, pode-se reafirmar aquilo que foi dito anteriormente: trata-se de uma questão subjetiva. A Pobreza Energética que se tenta combater em Portugal, por exemplo, é distinta da do Brasil. Para além da localidade, esse conceito ganha outros enfoques dependendo da evolução da luta contra a pobreza energética. Como por exemplo, o caso do Brasil, que praticamente erradicou a falta de acesso à energia elétrica. Neste caso, não significa que a pobreza energética tenha acabado. Apenas seu enfoque será direcionado para o próximo nível da pirâmide das necessidades básicas da sociedade (comparando-se com a

pirâmide de Maslow), podendo ser considerado, também, a qualidade da eletricidade, por exemplo.

Apesar da Pobreza Energética estar espalhada pelo mundo, existem duas regiões que mais sofrem com isso; o sul da Ásia e a África Subsaariana, que por si só, não é uma coincidência, já que essas são as regiões onde há mais pobreza.

No caso da África Subsaariana, 45% da população não tem acesso a energia elétrica. Houve progresso nos últimos anos, e, em particular, os países que melhor se desenvolveram foram a Etiópia, Angola, Costa do Marfim e Senegal (Halff et al., 2014).

A obra “Energy Poverty: Global Challenges and Local Solutions” (Halff et al., 2014) exalta bons exemplos sobre as diferentes realidades encontradas em diversos países e as diferentes maneiras de combatê-las. Os autores desse livro ainda falam da importância do papel que as Nações Unidas e outras organizações estão exercendo quando inserem, em seus principais objetivos, o acesso à energia universal para o desenvolvimento da economia sustentável, bem como suporte ao “*Millennium Development Goals*” (os dezassete “Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis”), designado em 2012 como o “Ano Internacional da Energia Sustentável para Todos”. Os principais agentes da ONU, estabeleceram o objetivo de atingir cem por cento (100%) de acesso à energia elétrica em todo mundo até 2030, criando alto nível de programas de apoio e atividades de promoção para a causa. Foi então criada a iniciativa “*Sustainable Energy for All*” (SE4ALL), em 2013, com a participação multilateral dos bancos de desenvolvimento, recursos diretos do governo e do setor privado.

Até então, segundo a ONU, quarenta países conseguiram alcançar o objetivo do acesso à eletricidade, entre eles, Marrocos, Egito, Brasil, México, Chile, Argentina, Uruguai, Ucrânia, China, Iraque e Irão. Porém, durante a Assembleia Ambiental realizada pelas Nações Unidas, houve a divulgação de dados que não animaram muito os colaboradores para alcançar o objetivo estipulado para 2030. O Relatório revela que, pelo menos seiscentos e setenta e quatro milhões de pessoas, não poderão contar com o acesso à energia (Agência Internacional da Energia (AIE, 2018).

Outro exemplo surpreendente é o caso da China, onde meio bilhão de chineses da geração passada, não tinham acesso à eletricidade. Hoje a China é um dos principais consumidores de energia (Halff et al., 2014, pg. 1), além de ter o papel de uma das principais nações que colaboram com a transição energética.

Vale ressaltar que a solução ideal para o combate à pobreza energética, está ligada em sua metodologia. Ou seja, não adianta produzir cada vez mais energia se não houver diversidade de fontes energética, principalmente as renováveis. O papel das energias sustentáveis vem sendo fundamental para lugares remotos. Além do mix energético, é necessário conscientizar a sociedade como um todo para o uso adequado da eletricidade. Se os países em desenvolvimento alcançarem o consumo energético de certos países já desenvolvidos, poderemos ter uma situação catastrófica.

Como referido no livro “*Energy Poverty: Global Challenges and Local Solutions*” (Halff et al., 2014), o acesso ao serviço de energias modernas melhora a vida dos mais pobres de

inúmeras formas. A luz elétrica proporciona o prolongamento do dia, resultando em horas extras para leitura e trabalho. Os fogões modernos protegem mulheres e crianças da exposição diária de gases nocivos de cozinha. A refrigeração permite que as clínicas locais mantenham os medicamentos necessários em temperaturas ideais. Além do que, a energia moderna contribui para redução diretamente da pobreza, aumentando assim, a produtividade dos países de baixa renda, estendendo a qualidade e a variedade de seus produtos, diminuindo assim, a desigualdade social. Um aspecto extremamente importante decorrente da disponibilidade de energia elétrica, é a possibilidade da refrigeração de alimentos, o que confere uma outra qualidade de vida às famílias, bem como uma maior disponibilidade de tempo.

Ao abordar o conceito de PE, nos deparamos com os grupos invisíveis da pobreza energética, conhecido como "*hidden energy poverty*" em inglês. Esses grupos são formados por pessoas energeticamente vulneráveis que são marginalizadas ou não reconhecidas pelas políticas públicas atuais. Sendo assim, estão privadas de aplicar para os benefícios sociais. Dentre estes grupos temos incluídos: residenciais informais, trabalhadores informais, pessoas indocumentadas, imigrantes ilegais, entre outros...

As famílias que vivem em favelas podem ser consideradas as principais vítimas da vulnerabilidade energética brasileira, sendo vistas como grupos invisíveis da PE. Para identificar esses grupos vulneráveis, é fundamental "entender a vida cotidiana antes de tentar intervir." (Middlemiss, Gillard, Pellicer & Straver, 2018). Para entender como funciona a identificação desses grupos, Middlemiss et al. (2018), seleciona três exemplos de representatividade europeias que comprovam a importância do entendimento da vida cotidiana para aplicar políticas públicas que atendam estes grupos. Além do que, nos leva a caracterizar este problema multifacetado que requer uma resposta de abordagem multidisciplinar, com base em lentes de diferentes disciplinas das Ciências Sociais e Humanas. Middlemiss et al. (2018), então identifica e expressa em seu trabalho, através da vida cotidiana, alguns dos grupos vulneráveis que não são identificados como energeticamente pobres: pais solteiros, moradores irregulares e pessoas com saúde debilitada.

Iremos expor nesse trabalho o caso da Favela da Babilônia, junto à minha experiência no próprio local, para entender o cotidiano das pessoas que ali vivem e identificar os vulneráveis à PE. Apenas com a experiência de estar presente no local e conversar com os moradores, já se pode identificar diversos grupos pertencentes à Pobreza Energética Invisível.

Na favela, pode-se identificar diversos grupos que estão escondidos dos indicadores da PE. Nota-se que a grande maioria dos moradores da Babilônia não tem o benefício da tarifa social para eletricidade, pois a burocracia é grande e muitas famílias não conseguem se enquadrar nos termos, apesar de serem consideradas energeticamente vulneráveis. Isso pode ocorrer até mesmo pela falta de conhecimento do benefício, segundo relatos dos moradores. Como resultado, em sua grande maioria, acabam por entrar na clandestinidade do fornecimento de energia elétrica.

Para exemplificar, farei a seguir um relato de um dos casos ocorridos na Babilônia. Ao fazer a coleta de dados das faturas das contas de eletricidade dos moradores que se

cadastraram na cooperativa solar, menos que 5% dos inscritos tinham tarifa social (desconto na tarifa de eletricidade para pessoas de baixa renda). Ao ser questionada essa incoerência, há algumas explicações tais como débitos com a concessionária, impedindo a inscrição do benefício, a regularização da habitação, a inexistência de documentos e até mesmo a falta de conhecimento dos moradores.

Outro exemplo que presenciei ao conversar com alguns moradores o qual se repetia com certa frequência, é a aquisição de ligação clandestina. A maior motivação para este caso, é o valor da fatura de eletricidade, porém há outros. Um exemplo me foi dado por uma moradora, que acabou por optar pela ligação direta à rede, por consequência do corte de fornecimento pela concessionária por antigos processos de cobranças indevidas. Estando nessa posição, a moradora não encontrou outra saída a não ser optar por alternativas de obter eletricidade de forma clandestina. Esse tipo de relato é comum, com motivações um pouco distintas.

Para concluir, não restam dúvidas que as famílias que vivem nas favelas compõem a maior parte dos grupos invisíveis que são energeticamente vulneráveis no país. Isto é muito nítido ao observar o Mapa Solar do Rio de Janeiro, onde se conclui que todas as favelas cariocas são literalmente invisíveis para o governo.

2.1.1. Pobreza Energética no Brasil

Como destacado anteriormente, a Pobreza Energética, depende da realidade de cada país, pois está relacionada às questões climáticas, culturais, socioeconômicas, dentre outros fatores. Para o Brasil, o acesso à energia é um caso dado como resolvido, porém, a Pobreza Energética não. Por exemplo; no caso do Rio de Janeiro, a refrigeração das casas, seja por aparelhos de ar-condicionados ou ventiladores, constitui uma necessidade primordial face às condições de elevadas temperaturas no verão.

Em 1990, o Banco Mundial anunciou que apenas 87,4% da população tinha acesso à rede de eletricidade, sendo alcançado a universalização do acesso em 2014 (Paiva & Piai, 2019). A maior dificuldade que a população brasileira encontra, é no pagamento da conta de energia, bem como a sua qualidade. Eduardo Ávila (2020) relatou um pouco da realidade brasileira (<https://riomais.org/>, recuperado em 26 de fevereiro de 2021):

“O Brasil tem a quinta energia mais cara do mundo, segundo pesquisa da FIRJAN em 2017. No Rio, a tarifa cobrada das residências subiu 106% na última década (O Globo, 2019), muito acima da inflação no período. A tarifa residencial é superior àquela cobrada do setor comercial e industrial, e a população de baixa renda não contemplada com a Tarifa Social paga o mesmo preço cobrado das classes média e alta, uma realidade que evidencia o forte impacto que as contas de energia representam no orçamento familiar das comunidades mais pobres”. (Ávila, 2020)

O maior desafio encontrado pelas redes de distribuição de energia é a garantia do fornecimento contínuo de eletricidade. O principal motivo vem das ligações clandestinas realizadas em todo território nacional. O furto de eletricidade, na maioria das vezes, é decorrente do alto valor das tarifas cobradas a serem pagas por moradores de baixa renda. Desta forma,

percebe-se como a cobrança inadequada para o consumidor, pode acarretar sérias consequências para a sociedade.

Paiva e Piai (2019) explicam em seus estudos que no Brasil, caso a fatura não seja paga, o acesso é suspenso por até 90 dias (Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), 2012). Assim, para religar a eletricidade é necessário pagar todas as dívidas com a concessionária, além desta cobrar uma taxa para restabelecer o serviço. Para uma sociedade que sofre com uma economia desequilibrada, um ordenado mínimo inadequado, custo alto e instável de energia, desigualdade social intensa e inflação alta, muitos recorrem a ligações clandestinas da rede elétrica gerando situações sociais legais complexas. O resultado desse problema é colocado em valores monetários pela Aneel, que publicou em 2015, cinco bilhões de reais em inadimplência de pagamentos no setor elétrico do Brasil (Paiva & Piai, 2019).

O popularmente chamado “gato” nada mais é do que a apropriação indébita de energia. Existem dois tipos de furto de eletricidade: um deles consiste em desviar a energia diretamente da rede elétrica, sem a devida medição do consumo e o conhecimento da distribuidora responsável. O outro é quando o consumidor rompe os lacres do medidor de energia e manipula o consumo do seu relógio com o objetivo de reduzi-lo.

O furto de energia é um problema recorrente que o Brasil precisa enfrentar. Segundo informações coletadas, mais de 20% do furto de energia no Brasil, ocorre no estado do Rio de Janeiro (Dutra, 2016), o que poderia por si só, iluminar todo o estado do Espírito Santo. Em decorrência disto, a conta de luz dos consumidores têm um acréscimo de 17%, segundo Dutra (2016).

Desta forma, as ligações clandestinas sobrecarregam a distribuição de energia elétrica da concessionária por não obter dados desse consumo. Assim, a sua previsão fica dificultada podendo levar ao corte de luz de uma região ou até mesmo de uma cidade inteira. Além de ilegal, pode acarretar riscos para os envolvidos e para a comunidade, pois é comum provocar curto-circuito e até mesmo incêndios na região além da instabilidade na rede de distribuição como um todo. A maior dificuldade para as concessionárias é planejar o consumo de energia para épocas de grande utilização como no verão, já que o furto de energia representa um valor significativo para a gestão.

A Aneel, em 2013, registrou um prejuízo de consumo ilegal de 27 mil giga watt-hora, ou seja, cerca de 8% do consumo do mercado elétrico brasileiro. Isso gerou um custo de aproximadamente de 8,1 bilhões de reais de prejuízo. Observando esses números, podemos chegar à conclusão de que, para o atual momento que vivemos (2021), e, para um futuro próximo, esses números tendem a ser mais surpreendentes ainda.. A pandemia do Covid 19, que afetou o mundo inteiro, está a tornar o Brasil um país mais pobre. Com o aumento do desemprego e a falta de auxílio financeiro do Estado, os mais pobres podem se encontrar em uma situação de inviabilidade financeira para arcar com os custos da eletricidade, além de serem colocados em uma situação de clandestinidade. Assim, a tendência é que muitos optem pelas ligações clandestinas, já que, sem eletricidade, principalmente em meio a pandemia, nos obriga a estar mais tempo em casa. Sem energia, não há como se ter uma mínima forma digna de vida.

2.1.2. Indicadores de Pobreza Energética

Como todo problema que temos que lidar como sociedade, é necessário elaborar indicadores de desempenho para identificar os processos de soluções que estão a ser eficientes e propor ajustes àqueles que não estão cumprindo as expectativas. Com a Pobreza Energética não é diferente.

Como referido anteriormente, em cada país há um caso diferente de pobreza energética que terá que ser enfrentada. Logo, não existe um único indicador que possamos medir a Pobreza Energética de um local. Porém, através de um conjunto de indicadores, poderemos monitorar a evolução do combate à Pobreza Energética.

Os autores Paiva e Piai (2019) exaltam essa diferença de embates: “Os principais indicadores existentes na literatura foram produzidos por países desenvolvidos, e não se adequam a realidade dos países em desenvolvimento. Países em desenvolvimentos do Sul não priorizam o conforto térmico por serem de clima tropical em sua maioria, além de lidarem com ligações clandestinas e insegurança na atuação das distribuidoras em regiões socioeconomicamente complexas.” (Paiva & Piai, 2019, p. 42)

Segundo o estudo “*Energy Poverty: Global Challenges and Local Solutions*” (Halff et al., 2014), a AIE (2002) realizou a primeira análise entre a energia e pobreza e encontrou um bilhão e seiscentos milhões de pessoas sem acesso à eletricidade. Até o presente momento o qual os autores publicaram o livro, um bilhão e trezentos milhões (aproximadamente quatro vezes a população dos Estados Unidos), estavam sem acesso à eletricidade. Além disso, dois bilhões e seiscentos milhões de pessoas utilizam biomassa para cozinhar.

Para simplificar, a seguir, serão explicados os principais indicadores com vistas à identificação e mensuração da Pobreza Energética. Esses indicadores serão utilizados para o presente trabalho para o caso da comunidade Babilônia. Paiva e Piai (2019) simplificam de forma muito clara os modelos de mensuração indicados. Para os autores referidos “o tipo de abordagem mais comum é o baseado nas despesas, cujos indicadores possuem a capacidade de capturar os elementos principais e a gravidade da pobreza energética pelo uso de diferentes limites.” (Paiva & Piai, 2019).

- ***Ten Percent Rule (TPR)***

Metodologia citada pelo estudioso Boardmen (1991), é inspirada na pirâmide da cadeia alimentar de energia, conhecida como a “The 10% Rule”. A TPR é considerada a primeira forma de mensuração da Pobreza Energética surgida no Reino Unido. Nessa teoria uma família é considerada pobre energeticamente quando a despesa com energia for superior a 10% do ordenado familiar. Essa metodologia é mais efetiva quando utilizada às populações mais pobres.

- ***Two Times Median Expenditure Share (2M)***

Metodologia abordada por Boardmen (1991), Heindl (2015) e Moore (2012), a 2M estabelece que a parcela gasta com energia em relação ao ordenado não deve ser superior a duas vezes a mediana nacional. Essa metodologia também ganhou críticas por ser possível fantasiar a realidade, já que, os mais ricos, a ter grandes consumos poderiam ser considerados pobres energeticamente. Para tanto, a Comissão Europeia determinou a utilização da média no lugar da mediana.

- *Minimum Income Standard -based (MIS-based)*

MIS-based é utilizada pelo autor Bradshaw (2008) em suas análises. Esse indicador determina que após descontar todas as despesas energéticas, se o ordenado familiar ficar abaixo do ordenado mínimo padrão definida do país, a residência é pobre energeticamente.

- *High Cost Low Income (HCLI)*

Este indicador é semelhante ao MIS-based. Ele é definido desta forma: se a residência obtém um gasto energético acima da média nacional e, o ordenado, após seu pagamento cair à linha da pobreza, esta residência será considerada como sendo pobre energeticamente.

- *Half the Nacional Median Share (M/2)*

Este indicador calcula as despesas totais energéticas. Se esse total for menor que a metade da média nacional com gastos em energia, a residência é considerada pobre energeticamente pois indica um padrão anormal baixo. Essa utilização muito abaixo do normal, pode ser perigosa quando há invernos intensos no local. Está métrica é criticada pois, aquelas residências que podem ser muito eficientes energeticamente, podem ser interpretadas como pobre energeticamente.

2.2. Tecnologia Fotovoltaica e suas Aplicações

A tecnologia fotovoltaica, além de ser muito promissora, vem a ganhar espaço no mix energético mundial além de trazer benefícios que contribuem com a descarbonização global, traz acesso a eletricidade em lugares remotos, possibilita a independência energética, contribui para minimizar a desigualdade social, no sentido de possibilitar o fornecimento adequado de eletricidade para tarefas básicas do cotidiano, não havendo alteração paisagística significativas nas micro produções (como eólica), além de diversos benefícios indiretos.

Em razão disso, não é surpreendente que essa fonte de energia obtenha o maior número de patentes no mundo entre as principais renováveis (Suzigan, 2015). Isso significa que é um dos campos de pesquisa mais estudados e tenderá a diminuir o custo de operação de acordo com as novas descobertas de eficiência dessa fonte. A redução do preço da energia solar, ou seja, o LCOE (Levelized Cost of Energy, significa custo nivelado de eletricidade, sendo assim, calcula-se o custo real medido em dólar por kWh de energia produzida) está a reduzir há mais de 20 anos, o que resulta em maior competitividade no mercado energético. Segundo relatório

elaborado pela IRENA (2013), a tecnologia fotovoltaica irá participar de forma significativa no mix de geração mundial de eletricidade. Pode-se considerar que, nos últimos 8 anos, o LCOE teve uma queda de mais da metade do seu valor. O gráfico 1 elaborado pela IRENA, a seguir, mostra na linha do tempo a variação do LCOE da China, Estados Unidos, Alemanha, Itália e Japão:

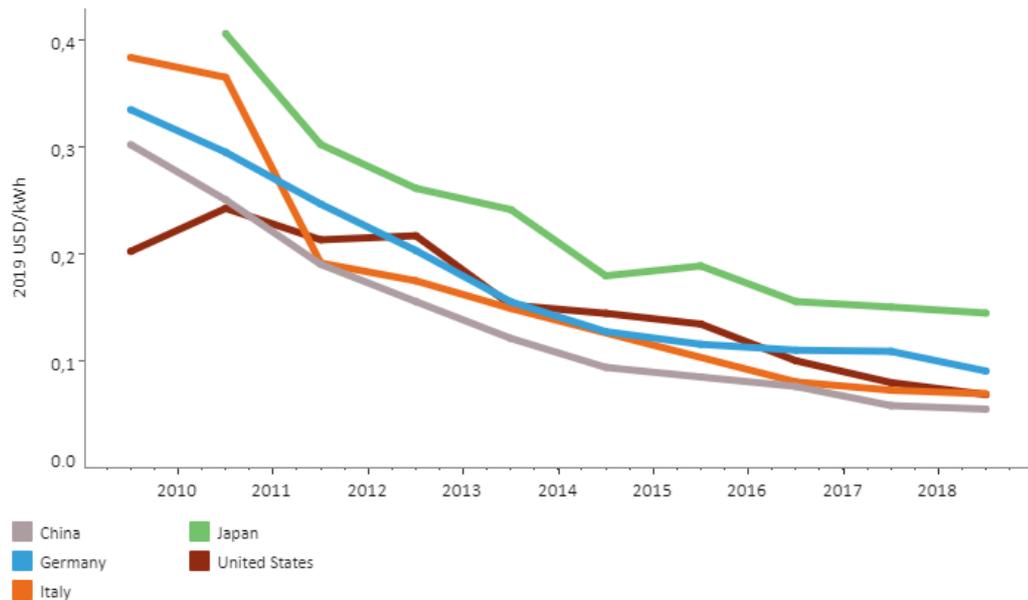


Gráfico 1 - LCOE médio ponderado de projetos fotovoltaicos solares de grande escala

Fonte: Site IRENA (<https://www.irena.org/publications/2020/Jun/Renewable-Power-Costs-in-2019>, recuperado em 3 de outubro de 2021)

A variável que também influencia diretamente o valor da LCOE, além do investimento em P&D, é o aumento da capacidade instalada mundial. O próximo gráfico, também realizado pela IRENA, comprova que, em dez anos, houve um crescimento de capacidade instalada no mundo dezassete vezes maior.

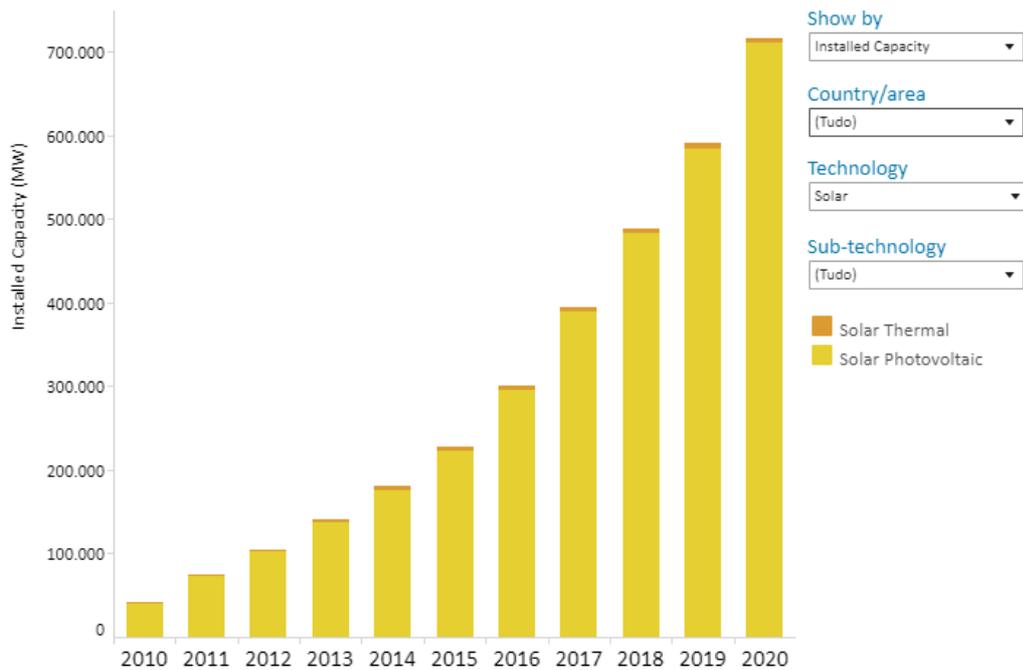


Gráfico 2- Evolução da capacidade instalada de solar térmico e solar fotovoltaico (2010-2020)

Fonte: Site IRENA (<https://www.irena.org/>, 9, recuperado em 3 de outubro de 2021)

Com os constantes conflitos políticos e sociais existentes no mundo atual, o mercado de energia de fontes fósseis vem se destacando nesse cenário. É fundamental quando se fala em energias renováveis. As novas tecnologias de obtenção de energia de forma mais descarbonizada, poderá ser uma chance do mundo ser um pouco mais justo com algumas nações subdesenvolvidas e diminuir o impacto ambiental dos velhos recursos convencionais. Por isso, existe uma pressão mundial para melhoria e pesquisas das novas tecnologias de produção energética renovável (Suzigan, 2015).

Portanto, a energia fotovoltaica tem a vantagem de descentralizar a produção energética e fazer micro centrais direcionadas à demanda do consumo local e não produções de alta escala e concentrada. Logo, é de suma importância falar em energia fotovoltaica como uma fonte menos poluidora que pode ser utilizada de diversas formas. A forma ideal de se investir nessa tecnologia é a utilização de espaços já construídos para geração de energia limpa (Suzigan, 2015).

Por essas razões, a energia fotovoltaica é considerada muito promissora, pois é de fácil instalação e pode ser utilizada em diferentes espaços sem restrições territoriais, levando-se em conta as complexidades da construção civil quando comparada a eólica, tecnologias de energia dos oceanos, hidroelétricas e basicamente qualquer outra fonte de energia.

A Agência Internacional de Energia (IEA) divulgou que em 2020 a capacidade instalada adicional de energia de origem fotovoltaica seria 107 GW. O surpreendente é que a capacidade atingiu mais do que o previsto em 18%. Em contrapartida, a FV descentralizada encontra-se com um crescimento mais lento nos maiores mercados, como na China e nos Estados Unidos. É previsto um decréscimo de 37% para o ano de 2021. (IEA, 2020) A IEA divulgou o gráfico 3 a seguir com as perspectivas até 2022 separada por segmentos:

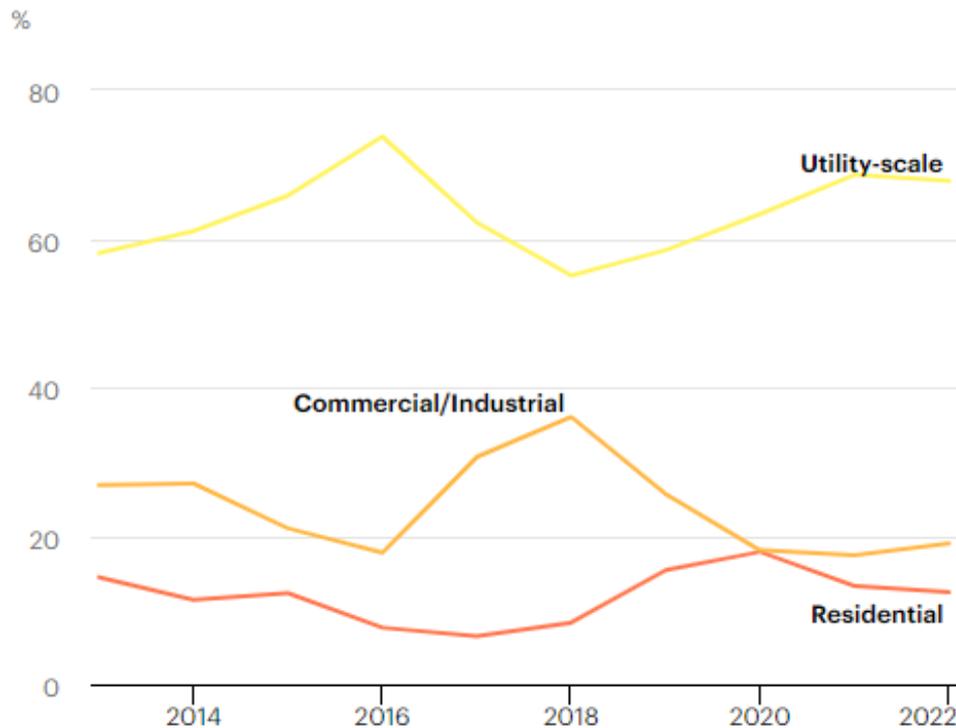


Gráfico 3 - Percentagens de aumento de capacidade solar PV por sector de uso final

Fonte: IEA, Shares of solar PV net capacity additions by application segment, 2013-2022, IEA, Paris <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/shares-of-solar-pv-net-capacity-additions-by-application-segment-2013-2022>

Segundo o gráfico, de 2020 a 2022 terá um decréscimo de 6% na participação de implementação fotovoltaica residencial. Em compensação, “*utility-scale*” (produções mais significativas como Energia Solar Concentrada (CSP), terá um acréscimo de 5%.

Afinal, vale a reflexão sobre o porquê deixar de serem utilizados espaços ocupados como: coberturas de casas, centro comerciais, praças e estradas para investir em construção de uma central solar de grande escala em um espaço livre. Não estaríamos nós a perder espaços que poderiam ser ocupados por atividades fundamentais para a subsistência da humanidade como a produção de alimentos? Além do que, isso causa mais impactos ecológicos do que a utilização dos espaços construídos.

Para diminuir as perdas energéticas, além da sobrecarga no sistema, a implementação da geração distribuída (GD) é uma das principais alternativas. Essa alternativa também

diversifica o mix energético e atrasa a necessidade de investimento em aumento de capacidade e de linhas de transmissão para a distribuição energética (Dias et al., 2017).

2.2.1. Investimento em Geração Distribuída

Alguns países já tomaram medidas de incentivo às GD. A Índia é um dos países a dar mais atenção à essa modalidade, pois o governo tem o objetivo de alcançar 40 GW de instalação em coberturas até 2022. Para isso, o governo criou o programa *Jawaharlal Nehru National Solar Mission* (JNNMSM) para promover conexões da rede de micro geração de sistemas fotovoltaicos nas coberturas bem como nas pequenas GD de residências, comunidades, instituições, indústria e estabelecimentos comerciais com a capacidade mínima de 1kW e até 500 kWp. (Rathore et al., 2019).

O resultado desse programa foi um aumento de 90% no segmento da instalação fotovoltaica em coberturas. Os setores comerciais e industriais são os líderes neste investimento, que representa cerca de 73%, já as instalações em coberturas residenciais representam os 27% restantes. Até setembro do ano de 2016, a Índia obteve 1020 MW de capacidade instalada apenas em coberturas (Rathore et al., 2019).

Mesmo com esse avanço em terra asiáticas, a Índia conta com apenas 1W/capita, enquanto os países europeus, que se encontram mais avançados nesse campo, como a Alemanha conta com 491W/capita e, Itália e Bélgica com 308W/capita e 287 W/capita, respectivamente (IEA). A discrepância de valores nos faz questionar a eficiência do programa indiano para a expansão das GD (Rathore et al., 2019).

Segundo artigo publicado por Rathore et al. (2019), os maiores exemplos no crescimento das instalações fotovoltaicas em coberturas é a Alemanha, os Estados Unidos da América e o Japão. Por exemplo: o país europeu conta com 40 GW instalados provido por fotovoltaica. Desse, cerca 74% da geração de energia por fotovoltaica, é derivada da geração distribuída. Das GD alemãs referidas, 70% procedem de pequenas instalações nas coberturas residenciais com menos de 10kW de capacidade.

Outro programa de incentivo às pequenas gerações distribuídas com sucesso, pertence aos chineses. A China conseguiu, em apenas um ano, aumentar em dez vezes o número de instalações fotovoltaicas em residências, alcançando 200 mil instalações residenciais de 2015 para 2016. (China National Bureau of Statistics, 2020).

Hanfang Li et al., (2020) publicaram uma pesquisa sobre os obstáculos encontrados para o desenvolvimento dessa estratégia. Os autores dividem em três diferentes prazos: a curto prazo são expostos obstáculos nos subsídios ao consumidor, problemas padrões e questões de financiamentos. Já a médio prazo, as questões a serem mais estudadas são os riscos de modelos de negócios dos contratos energéticos, a demanda instável de eletricidade pelas residências, além de mecanismos existentes que limitam os benefícios das GD.

Por fim, os obstáculos encontrados a longo prazo já estão relacionados à influência do volume da penetração de energia das gerações distribuídas e conectadas à rede nacional. O

custo de investimento de longo prazo pode aumentar, além do que, teria que ser inovada a plataforma de coordenação da rede.

2.2.2. Geração Distribuída no Brasil

Com vista a casos de estados que tiveram sucesso no seu percurso à expansão de instalação de pequenas gerações distribuídas, abordaremos a evolução desse setor no Brasil. O país conta com elevada incidência solar devido a sua posição geográfica privilegiada próximo à Linha do Equador. Sendo assim, os raios solares atingem o país praticamente de forma perpendicular, beneficiando as instalações fotovoltaicas/solares. O país conta com um dos climas mais vantajosos para a utilização dessa tecnologia.

De acordo com um estudo realizado pela empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2013), o Brasil tem a capacidade de suprir o consumo energético apenas com as instalações distribuídas. O consumo energético do país para o ano em análise foi de, aproximadamente, 125 TWh, sendo o potencial fotovoltaico residencial de aproximadamente 33 GW e 287 TWh/ano. Logo, além do potencial fotovoltaico de GD residencial suprir o consumo estimado, teoricamente produziria 130% a mais da sua necessidade energética. Ao observar esses valores, fica mais do que claro que o país sul-americano tem um grande potencial para produzir energia através do sol, podendo diversificar seu mix energético que é muito dependente das centrais hidrelétricas (Rosas Luna et al., 2019).

A parcela de geração de energia provinda de plantas fotovoltaicas teve um crescimento expressivo entre os anos de 2004 e 2015, passando de 3,7 GWp instalados para 227 GWp (Dias et al., 2017). Destes, 250 MW são de origem de sistemas de microgerações e GD fotovoltaicos. Até 2050, o relatório da EPE estima que mais de 13% da demanda energética residencial poderá ser suprida pelas gerações fotovoltaicas distribuídas. Isso significa que reduzir-se-ia em 9% a necessidade de consumir diretamente da rede nacional de distribuição de energia, apenas com a contribuição de GD residencial e comercial (Rosas Luna et al., 2019).

A Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) publicou as diretrizes para geração distribuída fotovoltaica em 2012 (NR No.482/2012), onde consta condições gerais de acesso de microgeração distribuída (acima de 100kW) e minigeração (entre 100kW até 1.000 kW) ligadas ao sistema de distribuição elétrica nacional e a um sistema de compensação energética.

O sistema de compensação brasileira funciona como crédito de energia em kWh: uma unidade injetada na rede equivale a uma unidade de consumo. Caso o consumidor tenha um balanço negativo, ou seja, consuma da rede mais do que injeta, este pagará pelo excesso que consumiu. Porém, quando o consumidor injeta mais energia do que consome, gera crédito de energia que poderá ser compensado em até 36 meses, além do que, o consumidor poderia utilizar esse crédito para outra unidade de consumo que seja comprovadamente do mesmo utilizador. Nota-se que não existe remuneração monetária para esse sistema de compensação (Rosas Luna et al., 2019).

Em 2015, a Aneel atualiza as diretrizes relacionadas as GD (NR No.687/2015). A partir de então, é considerada minigeração até 75 kW e a microgeração vai de 75 kW até 5GW, inclui

GD residencial, comunidades e cooperativas. Outra novidade foi o aumento do prazo para a utilização dos créditos de compensação: deixa de ser 36 meses e aumenta-se para 60 meses. Passa-se a surgir o conceito de “geração compartilhada”, a qual consumidores englobados pela mesma área de concessão, usufruem das unidades consumidoras de micro e minigerações, em que o excesso de produção se converterá em crédito (Rosas Luna et al., 2019). A atualização da lei foi um ganho para o mercado fotovoltaico, que proporcionou um aumento no investimento de gerações distribuídas, além de criar possibilidades de investimento e negócios.

Para Rosas Luna et al. (2019) 2015 influenciou o crescimento de GD residenciais a fim de proteger os consumidores dos aumentos tarifários das concessionárias de energia, além de estabelecimentos comerciais que procuravam diminuir os seus custos operacionais. Logo, houve um crescimento especial nas GD residenciais e comerciais, por serem os estabelecimentos que pagam mais caro pela energia consumida. As perspectivas da Aneel é que até 2024 o Brasil atinja 1.230.000 GD entre micro e minigerações, atingindo cerca de 4,5 GW de capacidade instalada.

Em 2017 o Ministério de Minas e Energia divulgou que o custo do investimento fotovoltaico rondava entre 1,082 US\$/kW e 1,73 US\$/kW, a depender das condições da instalação. No mesmo ano o Brasil atingiu a capacidade fotovoltaica de 1 GW conectado a rede nacional de distribuição elétrica, destes, 505 MW derivam das GD. Das 505MW, 233MW são de instalações comerciais e, 146 MW da classe residencial, a gerar 4,9 W/consumidor (Rosas Luna et al., 2019).

A expectativa, segundo o Plano Decenal de Expansão de Energia para 2026, é alcançar 10,9 GW em capacidade instalada fotovoltaica, as quais 7,0 GW de Gerações Centralizadas e 3,9 GW das Gerações Decentralizadas. Já a EPE aposta que em 2050 será possível contar com 78 GW provindas de sistemas GD.

O último relatório feito pela Aneel em 2021 demonstra que houve um investimento maior em GD do que o esperado. Nesse ano o país alcançou 532 mil unidade de gerações distribuídas, a alcançar 6 GW, até junho de 2021, de capacidade instalada conectadas à rede e um crescimento de 30% referente ao ano anterior. Este valor alcançado superou as expectativas da própria Aneel no ano de 2019 e está a caminhar para superar as expectativas do Plano Decenal de Expansão de Energia para 2026.

Uma das alternativas para aumentar a capacidade instalada maior de GD é a realização de cooperativas solares, onde poderiam haver cooperações entre consumidores e produtores. Há diversas formas de realizar uma cooperativa. Um conceito a ser explorado nesse sentido, são os *Positive Energy District* (PED) que, resumidamente, são zonas pré-definidas que produzem energia suficiente para suprir sua demanda, realizando antes melhorias na eficiência energética nas construções. É uma oportunidade para os distritos de reduzirem suas emissões e mitigarem a Pobreza Energética (Gouveia et al., 2021). Gouveia et al. (2021) explora esse tema ao aplicar o conceito de PED no bairro de Alfama, em Lisboa. Em sua pesquisa demonstra que o investimento em eficiência energética nas construções pode atingir uma economia

de 84% para o aquecimento nas habitações e 19% para o resfriamento do local. Para além, revelam ainda que as integrações de tecnologias fotovoltaicas (coberturas e janelas) podem gerar até 60 GWh/ano. O investimento para remodelar e em tecnologias fotovoltaicas dependerá da tecnologia aplicada, mas, segundo Gouveia et al. (2021), o valor a ser investido em Alfama está entre 60M € a 81M €.

Com uma filosofia um pouco distinta, porém alinhada ao combate da Pobreza Energética, tecnologia fotovoltaica e cooperativas, surge no ano de 2015 a ONG Revolusolar no Rio de Janeiro (Brasil) instalada nas favelas da Babilónia e Chapéu Mangueira (bairro do Leme, na Zona Sul da cidade), com um grande potencial de produção de energia solar, tendo como objetivo, sua implementação agregando a colaboração dos moradores locais da favela. A ONG construiu a sua primeira cooperativa fotovoltaica, o que significa a primeira cooperativa solar em favelas no Brasil.

No site da Revolusolar, encontra-se as motivações e a trajetória do grupo, como demonstra o trecho a seguir: “Empreendedores se juntaram às lideranças comunitárias, percebendo o potencial de transformação que a energia solar poderia ter na comunidade. A insolação da comunidade é privilegiada. Segundo nossos cálculos, o potencial técnico de geração supera a demanda energética. Há, também, forte tradição comunitária. Tudo isso esbarrava nos altos custos iniciais para a implantação desta tecnologia. A fundação da Revolusolar foi uma fusão destas experiências. Desde então, o grupo se renovou, se fortaleceu, contando hoje com dezenas de voluntários.” (<https://revolusolar.com.br/>, recuperado em 26 de fevereiro, 2021)

A Revolusolar já havia instalado três sistemas fotovoltaicos na comunidade: dois comerciais e um residencial. Entretanto, a partir de 2020, fortaleceu a ideia de se construir a primeira cooperativa solar em uma favela no Brasil. A ONG analisou que, a melhor forma de gerar maiores benefícios aos moradores, seria realizando uma "central cooperativa". Sem auxílio do governo, a ONG optou por criar uma contribuição voluntária (“crowdfunding”), para dar início ao seu mais novo projeto. Assim, em 2021, começa a se concretizar a primeira cooperativa solar na favela. Uma central solar foi instalada na Associação de Moradores da Babilónia, sendo que, o seu potencial energético, é de 26 kWp, podendo assim, colaborar com os gastos energéticos de até trinta famílias da comunidade (Figura 3).

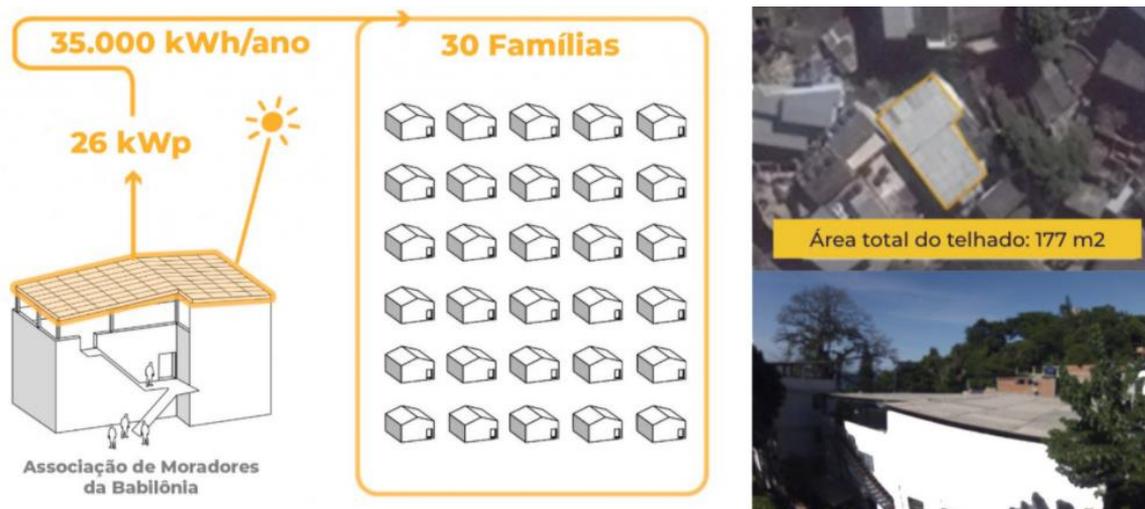


Figura 3 - Planejamento Cooperativa Solar da Babilônia

Fonte: Revolusolar

Na primeira visita ao local, foi possível observar a instalação dos painéis fotovoltaicos na Associação de Moradores, além de visitar as instalações pré-existentes. Para contribuir com a inclusão social, eles adquirem mão de obra local para diferentes etapas, e, na falta dela, recorrem à mão de obra externa. As imagens a seguir, foram tiradas na visita ao local, a qual, a primeira exibe (Figura 4) a instalação de painéis da cooperativa e, ao fundo, uma antiga instalação da Revolusolar na escola primária da comunidade. Na segunda imagem (Figura 5), encontra-se uma antiga instalação (cerca de 5 kWp) para um hostel que se localiza na parte de cima da Favela Babilônia.



Figura 4 - Cooperativa Revolusolar Fonte: Fotografia Própria



Figura 5 - Colaboração Revulusolar com Hostel. Fonte: Fotografia Própria

A Revulusolar pretende aumentar a cooperativa nos próximos anos, podendo assim, vir a fornecer 100% da procura de energia elétrica da comunidade. Para colaborar com os próximos passos da cooperativa, este trabalho visa analisar algumas possibilidades de locais para instalação de futuros painéis, bem como o seu potencial energético.

2.3. Mapeamento de Potencial Solar

Para realizar qualquer tipo de projeto fotovoltaico, é necessário optar por uma metodologia a qual fornecerá os dados necessários. A primeira análise a ser feita é a do objeto em questão, sendo este uma cobertura de uma casa ou um espaço livre.

Para a tomada de decisão de um projeto fotovoltaico, existem diversos parâmetros. Elboshya et al. (2021) utiliza uma metodologia baseada em tomada de decisão com multicritérios (MCDM) utilizando um sistema de informações geográfico (GIS) para realizar o mapeamento solar no Egito.

Foram selecionados quatro critérios de avaliação para a tomada de decisão do lugar adequado. São esses: local, ambiente, meteorologia e climatologia. O autor utilizou o processo de hierarquia analítica (AHP), combinado com indicadores de terrenos adequados para sistemas FV, mapeou os melhores locais para projetos fotovoltaicos com recursos e técnicas de software GIS (Elboshy et al., 2021).

Já Lana et al. (2021) optou por outra metodologia de mapeamento de potencial solar, baseado em imagens urbanas segmentadas. Esta pesquisa propõe uma rápida estimativa do

potencial solar urbano, a utilizar imagens do *Google Street View* convertidas para uma visualização de 180°, para então realizar a técnica *Fully Convolutional Network* (FCN) baseada em dois fatores: *SkyView Factor* (SVF) e *Sun Coverage Factor* (SCF). Sendo, SVF e SCF variáveis independentes extraídas dos pixels das imagens de angulação de 180°, gerando um modelo de mapa na qual pode-se analisar a cobertura, sombreamento, clima, e a irradiação solar (Lan et al., 2021).

Uma outra forma de análise de potencial fotovoltaico das coberturas semelhantes às anteriores, é o estudo realizado por Zhong et al. (2020), o qual utiliza-se o método *deep learning-based* com imagens de satélite de alta qualidade, combinada com o conhecimento prévio da estrutura urbana e rural para criar parâmetros de análises fotovoltaicas. O *deep learning* permite entender as complexidades das construções através de imagens semânticas segmentadas, que tem como objetivo alcançar uma solução para extrair informações de grande escala, como no caso de uma cidade inteira.

Com os dados extraídos das imagens realizadas para a construção do *deep learning*, cria-se uma base de informação extensa, o que permite obter imagens em GES das coberturas. O resultado são áreas das coberturas de todo o espaço em estudo, as quais pode-se realizar o estudo de potencial fotovoltaico da construção. (Zhong et al., 2021)

Entre diversas metodologias existentes para realizar o mapeamento de áreas urbanas, existem algumas mais utilizadas, que é o caso do perfilhamento à laser. Essa alternativa é conhecida como Modelo Digital da Superfície (MDS). Essa metodologia utiliza o Modelo Digital do Terreno (MDT), que demonstram as elevações do mesmo, somando-se ao perfilhamento a laser (Light Detection and Ranging – LiDAR), o qual acrescenta a altura de objetos, como edifícios e árvores, o mesmo utilizado para realizar o Mapa Solar do Rio de Janeiro, que foi desenvolvido pelo aplicativo TerraGIS (ArcGIS).

Para esse tipo de metodologia, faz-se necessário um maior volume de investimentos, porém, é um trabalho comum das prefeituras realizá-los. Esse material foi solicitado ao Instituto Pereira Passos (IPP), o mesmo que participou do Mapa Solar do Rio de Janeiro, porém, as informações estavam incompletas, só havendo o modelo MDT daquela região. Logo, ao analisar a cartografia, onde deveria haver construções, há na verdade “buracos”. Os pixels responsáveis pelos objetos estão excluídos da imagem.

Na análise espacial do potencial de desenvolvimento da energia solar em telhados e comunidades realizado por Schundera et al. (2020) em Nova Iorque, é utilizada a metodologia de perfilhamento a laser, o LiDAR, combinado com dados do tipo de utilização do solo, que pode ser identificado através dos impostos das habitações, por exemplo. O intuito desta metodologia é de realizar um estudo para desenvolver cooperação entre as coberturas subjacentes para instalação de painéis fotovoltaicos como solução para grupos populacionais, que têm acesso limitado à energia solar, devido ao espaço da cobertura (Schunder et al., 2020).

Gassar et al. (2021) afirma no seu trabalho de pesquisa que a metodologia geográfica (GISs) combinada com LiDAR seria a mais precisa e promissora abordagem da atualidade para realização do potencial solar fotovoltaico nos telhados. Para além, de ser ideal na

realização de mapeamentos de grande escala, como cidades e até mesmo países (Gassar & Cha, 2021).

A combinação entre as metodologias exploradas até aqui, seria então a adotada por Ren et al. (2021). Pois com a proposta um novo modelo geográfico em 3D (GIS) integrado com o método *deep learning*. Logo, é desenvolvido a análise de irradiância solar em 3D-GIS-based para a análise do sombreamento dinâmico realizado pelas construções no entorno do objeto observado (Ren et al., 2022).

Por fim, Szabó et al (2016) apresentou uma solução interessante para o estudo de potencial fotovoltaico nas coberturas. Nesta pesquisa, Szabó et al. (2016) utilizou o método LiDAR juntamente com técnicas de fotogrametria para analisar uma zona em Debrecen, Hungria. Essa mistura de técnicas permitiu extrair uma nuvem de pontos dos edifícios e coberturas, além de criar um modelo em 3D dos objetos através da ortofotografia realizada por uma câmara *GoPro* acoplada a um drone. Assim, permitiu criar o modelo o qual é possível estipular a capacidade energética das coberturas do local em estudo. A conclusão foi de que tanto o método LiDAR, quanto o método de fotogrametria, são modelos de metodologia com boa precisão de resultados para estudos de potencial solar e, quando misturada as duas técnicas demonstrou-se ser uma ferramenta muito eficiente para estimar o potencial solar energético (Szabó et al., 2016).

3. CARACTERIZAÇÃO DA FAVELA

Neste capítulo iremos abordar a história da origem das favelas, suas estruturas geográficas e sociais, as estatísticas demográficas, investigações realizadas nesse ambiente, a cultura pertencente à localidade e similares que existem nessas comunidades. Este capítulo é importante no sentido de clarificar a percepção desse ambiente denominado “favela” sendo necessário para compreender a Pobreza Energética enfrentada nessa tipologia de comunidade. É necessária uma experiência empírica para saber quais são os tipos de pobreza energética que os moradores estão a enfrentar. Não sendo isso possível, a melhor forma de estudar a PE nas favelas, é através de sua história, a fim de conhecer sua estrutura, tanto social e econômica, como política e física.

3.1. História e Caracterização da Favela

A origem da palavra “favela” vem de uma planta, trata-se de um arbusto da família botânica conhecida como “euforbiáceas”. O nome desse arbusto ganha outra conotação durante o século XX. Preliminarmente, para a compreensão do termo “favela”, temos que voltar ao contexto histórico que o Brasil se encontrava na época. Isso é necessário para o presente trabalho no intuito de traçar um perfil cultural e contextualizar a existência nos espaços denominados “favelas”.

Apesar de existirem diversas teorias quanto ao surgimento das favelas, existe uma teoria onde a grande maioria dos estudiosos considera como sendo a original para a nomenclatura estabelecida. Durante o fim do século XIX, na guerra dos Canudos, ocorrida no interior da Bahia, foram enviadas tropas do exército para combater os latifundiários que se organizavam em grupos de pressão. Ao retornar para capital (na época, Rio de Janeiro), as tropas enviadas pelo exército abrigavam-se no morro da Providência, com o intuito de pressionar o governo a pagar as dívidas proveniente da guerra. Junto a esse movimento existia também uma pressão do Estado para pôr fim aos denominados “cortiços”.

“[Os cortiços] considerados no século XIX como o locus da pobreza, espaço onde residiam alguns trabalhadores e se concentravam, em grande número, vadios e malandros, a eram classificados como sendo a “classe perigosa”. Caracterizado como verdadeiro “inferno social”, o cortiço era tido como antro não apenas da vagabundagem e do crime, mas também das epidemias, constituindo uma ameaça às ordens moral e social.” (Valladares, 2000)

Segundo Valladares, medidas administrativas foram tomadas para o controle e, em seguida, veio a extinção dos cortiços: “primeiro, uma legislação proibindo a construção de novos

cortiços no Rio; em seguida, uma verdadeira “guerra” que resultou na destruição do maior de todos, o “Cabeça de Porco”; e finalmente, a grande reforma urbana do prefeito Pereira Passos, entre 1902 e 1906, que se propunha a sanear e civilizar a cidade acabando com as habitações anti sanitárias.” (Valladares, 2000)

Porém, é a partir das instalações das tropas que regressaram de Canudos, que o Morro da Providência é denominado “Morro da Favela”. Segundo Valladares (2000) existem duas teorias para a nomeação: “Primeiro, a existência neste morro da mesma vegetação que cobria o morro da Favela do Município de Monte Santo, na Bahia; segundo, o papel representado nessa guerra pelo morro da Favela de Monte Santo, cuja feroz resistência retardou o avanço final do exército da República sobre o arraial de Canudos.” (Valladares, 2000)

A “favela” vem da grande obra do escritor Euclides da Cunha, Os Sertões. Valladares cita que: “Na leitura de Euclides da Cunha, Canudos representava a liberdade de uso da terra, de trabalho, de impostos, de costumes e práticas sociais. Uma espécie de paraíso comunitário onde a lei nacional não entrava e as normas sociais não eram ditadas pela sociedade dominante.” (Valladares, 2000). Havia um grande simbolismo na contextualização das culturas das favelas. Segundo Valladares, o livro, Os Sertões, permitiu aos intelectuais entender e interpretar a favela emergente.

Apesar de muitos autores considerarem essa vertente contada como sendo a verdadeira história do início das favelas, existem outros autores que compreendem que isso explicaria apenas a origem do novo termo para designar “favela”, porém, não explica a origem de fato das favelas. Existem diversos estudos que abordam o surgimento de casebres de baixa qualidade para moradias no interior dos morros, porém, acredita-se que as misturas desses vários fatores geram a história da origem das então denominadas favelas.

“Na verdade, desde o século XVIII e especialmente durante todo o século XIX, as florestas das montanhas do Rio de Janeiro já abrigavam inúmeras aglomerações de mocambos, casas de taipa, casas de pau-a-pique, enfim, casebres de todo tipo(...). Os habitantes desses assentamentos também eram majoritariamente negros, mas havia gente de todas as cores, de diversas origens étnico-raciais(...). No entanto, na época, não chamavam esses agrupamentos de “favela”, seu nome era outro: era “quilombo” (CAMPOS, 2004). Os denominados quilombolas são grupos de ex-escravos formados por aqueles que “fugiam e resistiam às correntes “civilizadas” dos senhores brancos” (Gonçalves Almeida, 2019).

Outro acontecimento foi a chegada de imigrantes, especialmente os portugueses, os espanhóis e os italianos. Segundo Bernardes (1958) os imigrantes eram majoritariamente pescadores portugueses que se instalaram na encosta do Caju para exercerem suas atividades. Segundo Valladares o início desta ocupação acontece em 1881.

3.2. Características Físicas

Enfatiza-se que a nomenclatura existente para as ocupações irregulares que surgiam, em sua grande maioria em morros, deu-se no início do século XX com o retorno das tropas de

Canudos ao Rio de Janeiro. O jornalista Luiz Edmundo (1938) oferece uma descrição rica e viva do que compõe o cenário do Rio de Janeiro nas favelas:

“Construções, em geral, de madeira servida, tábuas imprestáveis das que se arrancam a caixotes que serviram ao transporte de banha ou bacalhau, mal fixadas, remendadas, de cores e qualidades diferentes, umas saltando aqui, outras entortando acolá, apodrecidas, estilhaçadas ou negras. Coberturas de zinco velho, raramente ondulado, lataria que se aproveita ao vasilhame servido, feitas em folha-de-flandres. Tudo entrelaçando toscamente, sem ordem e sem capricho.” (Valladares, 2000)

Para além, Valladares complementa na caracterização local: “A fonte inspiradora parece-nos evidente, não apenas na comparação entre a favela do Rio de Janeiro e o arraial de Canudos, como também na forma de representar as suas respectivas populações. Parece, aliás, bastante claro que Canudos e seus jagunços¹, retratados por Euclides da Cunha, serviram como um modelo para pensar a população da favela, suas características e seu comportamento.” (Valladares, 2000)

A famosa autora ainda afirma que: “Se em Canudos topografia e vegetação já chamavam especialmente a atenção, o mesmo continua a ocorrer no Rio de Janeiro, onde o morro tem – como insistem os jornalistas – depressões do terreno, chão rugoso e áspero, arvoredos baixos, tapetes de tiririca ou capim, caminhos mal traçados e tortuosos ou degraus esboçados na rocha viva, escorregadios e perigosos. Lembremos, por outro lado, que tanto lá como aqui o morro detém uma posição estratégica. Localizado sobre a cidade, que fica em baixo, goza de uma situação privilegiada em termos de logística.” (Valladares, 2000).

Não demorou muito para que as favelas se tornassem para alguns estudiosos um problema sanitário, urbanístico e social, considerada pelas mídias locais como sendo uma “lepra da estética”. Essa analogia surgiu após relatos sobre as favelas do jornalista Mattos Pimenta em 1926, já que a lepra foi tida como a pior doença dos anos 20. O objetivo de Mattos Pimenta era problematizar os complexos de favelas com o intuito de promover uma restauração urbanística e sanitária na cidade do Rio.

O arquiteto francês, Alfred Agache, é recebido por Mattos Pimenta no Rio de Janeiro em meio a uma campanha para a modernização da cidade (Plano Agache) para o controle de crescimento urbano. O arquiteto faz a declaração em 1930: “Construídas contra todos os preceitos da higiene, sem canalizações d’água, sem esgotos, sem serviço de limpeza pública, sem ordem, com material heteróclito, as favelas constituem um perigo permanente d’incendio e infeções epidémicas para todos os bairros através dos quais se infiltram. A sua lepra suja a vizinhança das praias e os bairros mais graciosamente dotados pela natureza, despe os morros do seu enfeite verdejante e corroi até as margens da mata na encosta das serras.” (Agache, 1930, p. 190, apud (Valladares, 2000)

Agache ainda faz uma observação referindo-se ao meio social interessante e inovador para a época: “Pouco a pouco surgem casinhas pertencentes a uma população pobre e heterogênea, nasce um princípio de organização social, assiste-se ao começo do sentimento da propriedade territorial. Famílias inteiras vivem ao lado uma da outra, criam-se laços de

vizinhança, estabelecem-se costumes, desenvolvem-se pequenos comércios: armazéns, boteco- quins, alfaiates, etc.” (Agache, 1930, p. 198, apud (Valladares, 2000). Além dessa citação, Agache observa também o mercado imobiliário que começa a surgir nas favelas:

“Alguns deles que fizeram bons negócios, melhoram a sua habitação, alugam-na até, e estabelecem-se noutra parte, e eis pequenos proprietários capitalistas que se instalaram re- pentinamente em terrenos que não lhes pertenciam, os quais ficariam surpreendidos se lhes demonstrasse que não podem, em caso nenhum, reivindicar direitos de posseção.” (Agache, 1930, p. 198, apud (Valladares, 2000)

O arquiteto propõe, no programa de urbanização da cidade, a construção de edifícios para servirem de lar às pessoas que vivem nas favelas, para assim, desmantelá-la. Afirma que a destruição das favelas, sem uma opção de lar para essas pessoas, seria transferir o problema de local. Porém estas opiniões são consideradas antiquadas sendo reconhecidas como inter- pretações desatualizadas. A favela, que os autores se referenciavam, já não são as mesmas de hoje em dia. Existem semelhanças, mas a sua estrutura social e até mesmo urbanística, são de extrema complexidade e compreensão. Como já afirmava Valladares: “As favelas eram visi- tadas esporadicamente, observadas de fora, na maioria das vezes com um olhar condenador.” (1998). A autora ainda afirma que apenas ao final dos anos 30 a favela foi condenada oficial- mente a sua existência através do “Código de Obras publicado em 1937 referente à existência das habitações anti-higiênicas, intitulada “Favelas””. (Valladares, 2000)

3.3. Características Sociais

O fato das favelas serem reconhecidas nessa época, passam a serem vistas com “um problema a ser administrado”. Quando se trata de favela como sendo um problema, é que começam os estudos e pesquisas para se conhecer e quantificar a situação. A partir dos anos 40, começam a surgir estudos específicos de caracterização das favelas, entre eles, um trabalho muito importante para o estudo da história desses espaços feitos pela estudante Maria Hor- tência do Nascimento e Silva (1942).

Em seu trabalho, Maria Nascimento e Silva, interpreta a pobreza encontrada nessas co- munidades, conseguindo desfragmentar a desigualdade social que só viria se agravar: “No Rio, cidade de coloridos e galas exuberantes, a luz forte que ressalta a graça inconfundível de uma natureza inigualável faz da favela um grito ainda mais dissonante, que se destaca na afinação maravilhosa de tanta riqueza e tanta graça. [...] Talvez seja por isso que nossas favelas pareçam mais miseráveis e sórdidas do que todas as outras. [...] É uma pobreza tremenda que se abriga naqueles barracos remendados, um abandono assustador que confrange o coração dos que penetram neste mundo à parte, onde vivem os renegados da sorte.” (do Nascimento e Silva, 1942, pp. 7-8).

Para completar sua análise ainda reflete: “Filho de uma raça castigada, o nosso negro, malandro de hoje, traz sobre os ombros uma herança mórbida por demais pesada para que a sacuda sem auxílio, vivendo no mesmo ambiente de miséria e privações; não é sua culpa se antes dele os seus padeceram na senzala, e curaram suas moléstias com rezas e mandingas.

[...] É de espantar, portanto, que prefira sentar-se na soleira da porta, cantando, ou cismando, em vez de ter energia para vencer a inércia que o prende, a indolência que o domina, e resolutamente pôr-se a trabalhar? [...] Para que ele o consiga, é preciso antes de mais nada curá-lo, educá-lo, e, sobretudo, dar-lhe uma casa onde o espere um mínimo de conforto indispensável ao desenvolvimento normal da vida.” (do Nascimento e Silva, 1942, pp. 62-63).

A cidade carioca sempre atraiu o fluxo migratório (nacionais ou internacionais) desde os anos XIX, por ter sido durante muitos anos a capital do país. Muitos nordestinos fugiram da pobreza, que se encontrava nessa região tão distante da capital, a procura de melhores oportunidades para melhoria da qualidade de vida. Com esse fluxo migratório com destino à cidade carioca, fez crescer e dar origem a novas comunidades carentes, gerando aumento no número de favelas. De acordo com Lessa (2005, p. 293), “a população de uma região povoada pela pobreza e consolidada no tecido urbano cresce com sua reprodução interna e assimila poucos novos migrantes. As ondas de recém-chegados irão multiplicar novos pontos de concentração de pobreza”

A maioria daqueles que saíam das suas cidades natal com destino à metrópole carioca, esperavam encontrar em sua futura cidade melhores oportunidades para então, trazerem os seus familiares. Esse movimento é descrito por Lago e Ribeiro (2001) como sendo

“As redes familiares de migrantes nordestinos que se formam nas favelas vão incrementar ainda mais a população favelada na cidade do Rio, visto que as redes funcionam como mecanismo de acesso a moradia e de inserção no mercado de trabalho de forma mais rápida”. (Lago & Ribeiro, 2001, p. 36)

O fluxo migratório de origem nordestina ainda é muito forte. De acordo com o Censo (2000), houve um aumento de 40% de nordestinos nas favelas da Zona Sul.

É fato que, com a Revolução Industrial, intensificou-se o fluxo rural para os centros urbanos no mundo inteiro. Com o Rio de Janeiro não foi diferente, porém, a cidade não teve uma intensa industrialização, ou seja, esse fluxo de pessoas desempregadas acabou por servir de mão-de-obra barata para as classes sociais privilegiadas. Novamente Lago e Ribeiro definem essa situação: “No início do processo de favelização da cidade, fica claro que a população pobre vai procurar se localizar à retaguarda das classes sociais com maior poder aquisitivo e vai subsistir como mão-de-obra de diferentes atividades para os grupos sociais abastados, fato que permanece até hoje, com a permanência dos moradores de favelas essencialmente como trabalhadores de serviços.” (Lago & Ribeiro, 2001, p. 36)

A partir dos anos 50 houve um crescimento de favelas superior ao crescimento de cidades. Ribeiro e Azevedo (1996, p. 14) confirmam que “a população residente em favela cresceu 27,8% entre 1970 e 1980, enquanto a população total aumentava 19,7%”. Esse fenômeno não foi uma exceção, de acordo com o CENSO de 1991, isso ocorreu em todas as décadas a partir dos anos 60. Na década dos anos 80, porém, essa tendência diminuiu.

Nos anos 50, se intensificam as atividades da Igreja Católica dentro das favelas. Atualmente, é perceptível a olho nu a influência das Igrejas nas comunidades faveladas. Junto ao surgimento do novo papel religioso, começam a ser desenvolver grupos organizados pelos

moradores locais, como núcleo de operários-trabalhadores. Formam-se assim, as associações dos moradores. Segunda a estudiosa Valladares “as favelas começam a mostrar uma mínima organização e inclusive com a associação à partidos políticos” (2005, p. 76).

A partir dos anos 60, dá-se início ao período da intensa ditadura militar no país. Segundo Maria Silva “o período da ditadura militar foi de intensa repressão às favelas e à população pobre da cidade” (2010, p. 78). Ainda segundo Silva (2010) com as constantes incertezas para os favelados neste momento político delicado, as associações de moradores citada anteriormente, é dissolvida pelos grupos militares, que viam neles, um grande potencial de caráter comunista.

Maria Silva ainda revela em seu trabalho: “A política habitacional adotada pelo governo da ditadura foi um programa maciço de construções habitacionais, através do BNH e da Cohab (LESSA, 2005, p.314), que muitas vezes não atingia aos pobres e causou um aumento da favelização apesar das remoções.” (Silva, 2010, p. 78).

A partir dos anos 80, com a chegada do fim da ditadura, Brizola, novo prefeito da cidade, adota uma política diferente. Maria Silva declara sobre a nova governança: “Uma nova forma de se lidar com as favelas e os excluídos no Rio de Janeiro. Brizola desenvolveu então projetos que visavam a implantação de infraestrutura (rede de água, saneamento e coleta de lixo), pois as favelas do Rio até este período possuíam infraestrutura muito precária.” (Silva, 2010, p. 79).

A fala de Lagos ainda incrementa essa análise de Silva, sobre as políticas públicas de Brizola: “adoção de políticas de reconhecimento das favelas e dos loteamentos irregulares e clandestinos como solução dos problemas de moradia das camadas populares. Legitima-se a ilegalidade” (Silva, 2003, p. 79).

Como Silva notou, as políticas adotadas pelo governo dos anos 80 faz com que acabe as ameaças de remoção das favelas, principalmente, com os bairros mais valorizados. Com essa regularização dos imóveis nas favelas, segundo Silva, notou-se o crescimento vertical das comunidades. Porque, com o loteamento oficial, os moradores investiram em melhorar a qualidade das suas residências (alvenaria), permitindo assim, o crescimento vertical formando edifícios de 3 ou 4 andares.

Segundo Maria Silva, “De 1990 e o início dos anos 2000 são marcados pela manutenção da política dos governos anteriores de prover infraestrutura nas áreas de favela (...) o Programa Favela-Bairro, em 1995, um programa muito amplo de urbanização das favelas e com alto investimento público e internacional, do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID)” (Silva, 2010, p. 80)

O programa criado nesse tempo, denominado Favela-bairro, que “Buscava levar para a Favela tudo que havia no bairro: calçamento, ruas largas, esgotamento sanitário, creches, postos de saúde, além da regularização dos imóveis e da realocação das moradias em áreas de risco, enfim, buscava a utilização racional do espaço, assim como acontece nos bairros” (Silva, 2010, p. 81). Maria Silva declara que com o programa Favela-bairro foi possível alcançar 98% de habitações nas favelas com acesso a água, encanamento de esgoto, coleta de lixo, entre

outros. Silva ainda conclui: “não conseguiu reduzir as distâncias sociais entre a favela e aqueles fora da favela, pois ressaltamos aqui o caráter simbólico da produção do espaço, que se mantém com a lógica segregadora que o produziu e no imaginário das pessoas” (2010, p. 81).

Atualmente, não é necessário recorrer às pesquisas e estudiosos para perceber que as favelas são o resultado da falha governamental do histórico brasileiro. É o reflexo da desigualdade social implementada desde o início da sua República, o qual saltam-se aos olhos no momento que pisamos nas terras cariocas. Mas se enganam aqueles que pensam que da favela só vem “coisa ruim”. A favela é um dos berços culturais da cidade do Rio de Janeiro, onde se deu origem a um dos estilos musicais mais conhecidos do mundo: o samba. Além do samba, a batida do funk brasileiro vem crescendo mundialmente, onde é tipicamente tocado nos conhecidos “bailes” das favelas.

É importante traçar um perfil dos habitantes das comunidades para compreendermos melhor seus costumes, o que possibilita mensurar o padrão de consumo energético das favelas. A última pesquisa, até o presente momento, apresentada pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) através do Censo, foi realizada em 2010.

No último relatório do Censo 2010 (IBGE, 2010), foram identificadas 763 favelas na cidade do Rio de Janeiro as quais 7% concentram-se na Zona Sul do Rio de Janeiro, 8% no Centro da cidade, 18% na Barra e em Jacarepaguá, 29% encontram-se na Zona Oeste e, 37% na Zona Norte.

Ao focalizar dentro das regiões citadas, o Censo confirma que: 17% das pessoas que vivem na Zona Sul fixaram suas residências, na região central e nos morros, na região central são 34%. Na Barra e em Jacarepaguá esse índice é de 25%; a Zona Oeste apresenta o menor índice de 15%; Zona Norte o percentual é de 26%. Vale ressaltar, que na região do Centro o qual há maior concentração de pessoas a viver nas comunidades, a maioria dos edifícios que lá existe são destinados a escritórios e a comércio em geral. Logo, não há costume de se viver no Centro. Isso poderá ser percebido no peso do percentual dos moradores que vivem nas favelas referente aos habitantes cariocas.

De acordo com o Censo 7% da população carioca vive em favelas do Centro da cidade. No caso da Zona Sul e Zona Norte são de 12% e 45%, respectivamente. Já a Barra e Jacarepaguá é de 16% e a Zona Oeste de 19%. Para compactar esses resultados, foi elaborado a tabela 1:

Tabela 1 - Concentração de Habitantes nas Favelas

Concentração de Habitantes nas Favelas

<i>Regiões:</i>	Concentração Total das Favelas	Concentração Regional de Habitantes nas Favelas	Habitantes Cariocas nas Favelas
<i>Zona Sul</i>	7%	17%	12%

<i>Centro</i>	8%	34%	7%
<i>Barra/Jacarepaguá</i>	19%	25%	16%
<i>Zona Oeste</i>	29%	15%	19%
<i>Zona Norte</i>	37%	26%	45%

Fonte: Dados retirados de “IPP/Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro” de F. Cavallieri, A. Vial, 2012, “Favelas na cidade do Rio de Janeiro: o quadro populacional com base no Censo 2010”. Tabela elaborada pela autora.

Para continuar a observar a segregação social de relevância importantíssima na cidade carioca, há outros fatores a serem observados, entre eles: educacional, racial e poder aquisitivo.

O Censo (2010) divulgou resultados referentes a diferentes ordenados recebido fora da favela e nas favelas. Enquanto os habitantes fora da favela têm uma média salarial domiciliar de R\$ 3.922, as favelas têm-se em média R\$ 1.249. A diferença de ordenado fica ainda maior quando comparada com o ordenado médio per capita. Fora da favela, há uma remuneração média per capita de R\$ 1.377, enquanto nas favelas essa remuneração cai para R\$ 382 (3,6 vezes menor).

A diferença salarial entre os habitantes fora da favela e da favela dependente da região em que se encontra na cidade do Rio de Janeiro. Analisando apenas o rendimento domiciliar por zona, temos: para os moradores da Zona Sul da cidade que "vivem no asfalto" é de R\$ 7.547, já para o morador da favela é de R\$ 1.321 que representa 17,5% do ordenado médio fora da favela; os residentes do Centro do Rio de Janeiro, têm uma média salarial de R\$ 2.830 para quem mora fora da favela e R\$ 1.341 para os da favela, representando 47,4%; para os moradores da Barra e de Jacarepaguá que vivem fora da favela e na favela é de R\$ 5.849 e R\$ 1.426 (representa 24,4% do ordenado daqueles fora da favela), respetivamente; para os moradores da Zona Oeste o valor é de R\$ 1.933 para as pessoas que vivem fora da favela e R\$ 1.144 para as pessoas que vivem nos morros, representando 59,2% do ordenado da classe privilegiada.

Por fim, na Zona Norte carioca, tem-se R\$ 2.710 para os moradores de fora da favela e R\$ 1.186 para os moradores das comunidades, totalizando 43,8% do ordenado recebido pelos moradores do fora da favela. A tabela 2 demonstra esses valores relacionados ao ordenado domiciliar:

Tabela 2 - Diferença do Ordenado Médio Familiar

Diferença do Ordenado Médio Familiar

<i>Regiões:</i>	Ordenado Domiciliar Média (Fora da Favela) (A)	Ordenado Domiciliar Média (Na Favela) (B)	Diferença Ordenado Domiciliar (B/A)
<i>Zona Sul</i>	R\$ 7.547	R\$ 1.321	17,5%
<i>Centro</i>	R\$ 2.830	R\$ 1.341	47,4%
<i>Barra/ Jacarepaguá</i>	R\$ 5.849	R\$ 1.426	24,4%
<i>Zona Oeste</i>	R\$ 1.933	R\$ 1.144	59,2%
<i>Zona Norte</i>	R\$ 2.710	R\$ 1.186	43,8%

Fonte: Dados retirados de “IPP/Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro” de F. Cavallieri, A. Vial, 2012, “Favelas na cidade do Rio de Janeiro: o quadro populacional com base no Censo 2010”. Tabela elaborada pela autora.

Pode-se perceber que a diferença salarial é elevada, principalmente na Zona Sul da cidade, onde fica o metro quadrado mais caro do Rio de Janeiro. Essa diferença está diretamente ligada à desigualdade social da cidade, obtendo-se um coeficiente de Gini¹ de 0,6391 (o maior do estado) (IBGE/Censos Demográficos 2010).

Para observar mais detalhadamente a diferença salarial a depender da zona e do local em que vivem, é necessário obter os dados referentes ao ordenado per capita. A diferença salarial quando dividida pelos habitantes da residência, é ainda maior.

A Zona Sul da cidade obteve-se um ordenado médio per capita dos moradores fora da favela de R\$ 3.167 e, R\$ 418 para as favelas, representando ainda menos que a média domiciliar. O ordenado per capita das favelas é 13% do ordenado per capita fora da favela. Na parte central da cidade tem-se R\$ 1.086 e R\$ 415 para fora da favela e para a favela respectivamente. O valor do ordenado per capita das favelas do Centro, representa 38% do ordenado per capita fora da favela. Na Barra e em Jacarepaguá obteve-se para os moradores fora da favela e para os da favela, um valor de R\$ 2.026 e R\$ 462 (equivale a 23%), respectivamente.

Quando considerada somente a Zona Oeste do Rio de Janeiro obteve-se a menor diferença salarial. Para fora da favela ganha-se em média R\$ 617 e, para os moradores da favela, ganha-se R\$ 345 (aproximadamente 60% do valor do ordenado fora da favela). Por último, a Zona Norte, onde o residente fora da favela recebe em média R\$ 929 e, o habitante da favela recebe R\$ 353 por pessoa, representam 38% do ordenado fora da favela. A tabela 3 demonstra os resultados referidos anteriormente:

Tabela 3 -Diferença do Ordenado per capita

Diferença das Ordenado per capita

<i>Regiões:</i>	Ordenado per Capita Média (Fora da favela) (C)	Ordenado per Capita Média (Favela) (D)	Diferença Ordenado per capita (D/C)
-----------------	---	---	--

<i>Zona Sul</i>	R\$	3.167	R\$	418	13%
<i>Centro</i>	R\$	1.086	R\$	415	38%
<i>Barra/ Jaca- repaguá</i>	R\$	2.026	R\$	462	22%
<i>Zona Oeste</i>	R\$	617	R\$	345	55%
<i>Zona Norte</i>	R\$	929	R\$	353	38%

Fonte: Dados retirados de “IPP/Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro” de F. Cavallieri, A. Vial, 2012, “Favelas na cidade do Rio de Janeiro: o quadro populacional com base no Censo 2010”. Tabela elaborada pela autora.

Observar que em todas as zonas existem diferenças salariais bem desiguais quando comparada com o ordenado médio per capita. Logo, pode-se concluir que nas residências pertencentes às favelas, há maior quantidade de habitantes que nas residências fora delas.

A favela da Babilônia, que servirá de local de estudo para esse trabalho, é uma comunidade localizada no bairro do Leme, na Zona Sul da cidade do Rio de Janeiro. Sua fama tem influência na gravação de um clássico dos cinemas brasileiros, Orfeu Negro de 1959. Sua posição estratégica na encosta do morro da Babilônia permite uma deslumbrante vista do mar de Copacabana, além do Cristo Redentor, principal atração turística da cidade. Por essas características a comunidade recebe muitos curiosos, entre eles, alguns estrangeiros, permitindo assim, uma atividade turística intensa. Ao lado da Babilônia, encontra-se a favela do Chapéu Mangueira. Quando observado o mapa cartográfico, parece que as duas comunidades é apenas uma, devido à proximidade de ambas.

Segundo os dados recolhidos nos censos, a comunidade da Babilônia ocupa uma área de 85.952 metros quadrados (m²), com uma população de 2.451 e distribuídos em 777 habitações (2010). Das 777 habitações, 754 são moradas, 7 são vilas e 13 são apartamentos. Ao analisar esses dados, pode-se concluir que a razão de habitações pela população é de 3,15 pessoas por imóvel. A tabela 4, demonstra que na maioria das casas vivem três pessoas, mas podem passar de dez moradores.

Tabela 4 - Domicílios por número de Residentes

**Número de Residentes por Domicílios
(2010)**

Residentes	Quantidades
Total	777
1	98
2	190
3	205
4	160
5	75
6	26
7	10
8	7
9	1
10 ou mais	5

Fonte: Sabren (IBGE/Censos Demográficos 2010) (www.arcgis.com, recuperado em 26 de fevereiro, 2021).

Além disso, o Censo (2010) divulgou também dados muito interessantes para o presente trabalho sobre a distribuição da rede de energia elétrica. Esses valores podem nos dar uma boa ideia do problema referente ao furto de eletricidade que irei abordar nos próximos capítulos. Logo, observa-se na tabela 5 que uma boa parte das habitações ou não obtém medidor ou utilizam de outras fontes. Nessa, pode existir ligação direta clandestina, além do que, ter um medidor, não significa que não possa ser fraudado, já que uma das opções para burlar a conta de energia, está justamente em alterar o medidor da habitação.

Tabela 5 - Domicílios por tipo de fonte energética

Domicílio particulares permanentes por existência, Tipo de Fonte e Presença de Medidor de Energia Elétrica, Segundo Favela da Babilônia - Município do Rio de Janeiro (2010)

Distribuidora	Quantidades
Total	777
(Com medidor) Uso exclusivo do domicílio	318

(Com medidor) Comum a mais de um domicílio	116
(Companhia Distribuidora) Sem medidor	49
Outas fontes	294
Sem energia elétrica	0

Fonte: Sabren (IBGE/Censos Demográficos 2010) (www.arcgis.com, recuperado em 26 de fevereiro, 2021).

METODOLOGIA

A definição desta metodologia foi elaborada juntamente com alguns dos representantes da ONG Revolusolar. Também incluiu nessa participação o grupo Solarize (<https://solarize.com.br/>) e 6D Drone (<https://6ddrones.com/>), que auxiliou de forma fundamental para alcançar os resultados desejados, além de fornecer dados para a realização desta metodologia.

A cooperativa solar será realizada pela ONG Revolusolar. O projeto visa atender trinta famílias com uma potência de 26 kWp para a primeira fase. Com o intuito de expandir a cooperativa solar nos próximos anos, realizaremos uma seleção de potenciais coberturas para as futuras gerações, além de realizar o potencial das produções fotovoltaicas de cada habitação selecionada.

Para elaborar a primeira parte da seleção das melhores coberturas a serem instalados os painéis fotovoltaicos, foi utilizado o *Google Earth*, que nos permite dimensionar o tamanho das lajes e sua localização exata. O critério para esta análise é o tamanho e o posicionamento da laje.

Ao selecionar as coberturas que aparentam ser as mais indicadas para projetar os painéis fotovoltaicos, analisamos, junto à Revolusolar, as habitações que poderiam ter possibilidade de participar da cooperativa. Este é um território com aspectos particulares. Muitas dessas habitações não puderam ser selecionadas por questões políticas.

Depois da segunda seleção, ocorreram visitas presenciais às residências selecionadas para observar e realizar fotografias para o estudo de sombreamento. Nesta etapa, foi necessária a utilização de um drone para que fosse obtida uma melhor precisão. Com as informações necessárias, realizamos com programas específicos (como *PV*sol*, *Metashape* ou *SketchUp*) a previsão do sombreamento na cobertura do local.

Após selecionar as coberturas ideais para o projeto e analisar o sombreamento no local, projetamos os painéis de acordo com a tecnologia vigente do ano, bem como o número de painéis possíveis de serem instalados. Para calcular o número de painéis, a Revolusolar sugeriu o tamanho padrão de 2x1 metros (m), calculando-se assim, o potencial de geração

fotovoltaica dessas coberturas. Nessa etapa, foi utilizado o software *PV*Sol*, mas poderia também ter sido utilizado o *Excel*

4.1. Indicadores de Pobreza Energética

Para entendermos qual é a gravidade da pobreza energética que encontramos na comunidade Babilônia, analisamos e calculamos cinco indicadores típicos referidos no subcapítulo anterior. Para elaborar os cálculos, foram recolhidas informações no banco de dados do site do Instituto Pereira Passos (IPP) as quais podem ser conferidos alguns dados estatísticos de algumas favelas do Rio de Janeiro. Além disso, a ONG Revolusolar forneceu dados de consumo energético em kWh de cento e vinte e três residências do local, entre agosto de 2017 até setembro de 2020, que foram recolhidos pela concessionária Light. Nem todas as residências foram consideradas. Foram selecionadas apenas as melhores, ou seja, os perfis foram escolhidos de acordo com o consumo padrão e se existiam dados suficientes para os quatro anos que a análise oferece. Logo, para a amostra final foram analisadas quarenta e três residências. Para realizar as análises que foram exploradas anteriormente, recorreu-se aos dados coletados na plataforma do Sabren (Sistema de Assentamentos de Baixa Renda), feito pelo IPP (2010), sobre os rendimentos domiciliares que, apesar de não estarem atualizados, acredita-se que foram mantidos o mesmo o perfil dos anos atuais. A tabela 6 a seguir, demonstra os resultados encontrados:

Tabela 6 - Total de Domicílios por Rendimento Nominal Mensal Domiciliar per capita

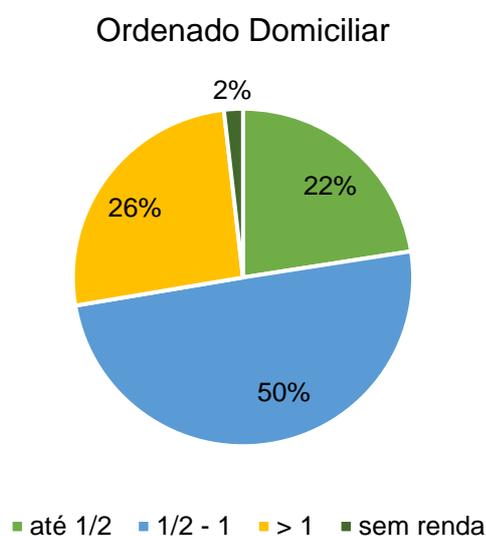
Total de Domicílios Particulares por Rendimento Nominal Mensal Domiciliar per capita, segundo Favela da Babilônia - Município do Rio de Janeiro (2010)

Faixa	Domicílios Particulares
Total	777
≤ 1/8 ordenado mínimo	3
1/8 ≤ ordenado mínimo ≤ 1/4	25
1/4 ≤ ordenado mínimo ≤ 1/2	147
1/2 ≤ ordenado mínimo ≤ 1	387
1 ≤ ordenado mínimo ≤ 2	164
2 ≤ ordenado mínimo ≤ 3	11
3 ≤ ordenado mínimo ≤ 5	8

$5 \leq \text{ordenado m\u00ednimo} \leq 10$	7
ordenado m\u00ednimo ≥ 10	11
Sem rendimento	14

Fonte: Sabren (IBGE/Censos Demogr\u00e1ficos 2010) (www.arcgis.com, recuperado em 26 de fevereiro, 2021).

\u00c9 necess\u00e1rio minimizar as informa\u00e7\u00f5es obtidas, pois ir\u00e1 ser explorado apenas as faixas de at\u00e9 meio ordenado m\u00ednimo, de meio ordenado m\u00ednimo at\u00e9 um ordenado m\u00ednimo, mais de um ordenado m\u00ednimo e sem ordenado. Logo, encontra-se:



Gr\u00e1fico 4 - An\u00e1lise de Ordenado Domiciliar da Babil\u00f4nia

Fica n\u00edtido, quando analisamos o gr\u00e1fico, que a maior parte dos moradores da Babil\u00f4nia recebem at\u00e9 um ordenado m\u00ednimo: soma-se 74% dos residentes. Apenas com essa informa\u00e7\u00e3o, j\u00e1 \u00e9 poss\u00edvel imaginar o quanto a conta de eletricidade pode impactar ao final do m\u00eas \u00e0 centenas de moradores. Al\u00e9m disso, \u00e9 poss\u00edvel prever indicadores de alta pobreza energ\u00e9tica no local.

Como os indicadores fornecidos trabalham com unidade monet\u00e1ria, foi necess\u00e1rio estipular o valor gasto com a eletricidade de cada resid\u00eancia analisada. Para transformar as unidades de kWh para valores em Real, existe a seguinte regra tarif\u00e1ria segundo a Light: sendo B1, para designar resid\u00eancias familiares e B3 para designar resid\u00eancias comerciais. Usamos apenas o tipo B1. Me foi alertado que apenas duas resid\u00eancias do total da coleta tinham "Tarifas Sociais", sendo assim, foram consideradas irrelevantes.

Tabela 7 - Escala de Tarif\u00e1rio

Escala de Tarif\u00e1rio

Consumo Mínimo	B1 (R\$)	B3 (R\$)
0 - 50 kWh	0,68	0,86
50 - 300 kWh	0,83	0,86
300 - 450 kWh	1,00	1,00
> 450 kWh	1,01	0,02

O primeiro passo foi analisar mês a mês o valor gasto com eletricidade de cada residência selecionada. Após serem desenvolvidos os cálculos necessários utilizando a ferramenta Excel, resumimos os resultados em média de custo de energia por residência para cada ano. A tabela 8 a seguir demonstra o resultado obtido para as quarenta e duas residências:

Tabela 8 - Custo com Eletricidade na Babilônia

Custo de Energia por Ano								
	2017		2018		2019		2020	
Média	R\$	148,84	R\$	150,96	R\$	153,63	R\$	159,40
Mediana	R\$	130,49	R\$	123,00	R\$	120,97	R\$	130,83
Ordenado Comprometido		16%		16%		15%		15%

Para simplificar ainda mais os números, retiramos a média e a mediana gasta por todas as residências para cada ano, na qual observa-se uma tendência de aumento para as duas análises. Na linha que indica “Ordenado Comprometido”, é a média do custo com eletricidade dividido pelo valor do ordenado mínimo, ambos para o ano em questão. Por fim, os últimos dados necessários foram os valores dos ordenados mínimos para os respectivos anos. Através do portal Contábeis (<https://www.contabeis.com.br/>, recuperado em 26 de fevereiro de 2021) foi possível recolhê-los (tabela 9).

Tabela 9 - Ordenado Mínimos

Ordenado Mínimo	
2017	R\$ 937,00
2018	R\$ 954,00
2019	R\$ 998,00

Com todos esses dados identificados e recolhidos, foi possível realizar as cinco análises propostas:

- **Ten Percent Rule (TPR)**

Para mensurar o TPR da Babilônia, utilizamos a média gasta por ano pelas residências do local e dividimos pelo respectivo ordenado de cada ano, obtendo assim, a parcela comprometida do ordenado domiciliar com o gasto de energia.

- **Two Times Median Expenditure Share (2M)**

Para medir o 2M, a opção escolhida foi: analisar pelo ordenado mínimo de cada ano. Logo, foi comparada a mediana anual gasta com eletricidade na Babilônia com o valor de um ordenado mínimo, para que fosse realizada a análise. A parcela que se gasta é multiplicada por dois, como é exigido pela regra.

- **Minimum Income Standard -based (MIS-based)**

Para quantificar o MIS-based, só faria sentido calcular para as residências que recebam mais que um ordenado mínimo. Então, para melhor analisarmos, optamos por fazer uma tabela a qual indicaria o valor necessário do ordenado de cada residência para que ela não fosse considerada pobre energeticamente.

- **High Cost Low Income (HCLI)**

Para esse indicador, primeiro é necessário obter os dados da linha de pobreza considerada para cada ano. No relatório de sistema de indicadores sociais (SIS2020) pode-se encontrar o valor considerado “linha de pobreza” internacionalmente. A tabela 10 a seguir, indicam os valores considerados. Para o HCLI, verificamos os ordenados de “até meio ordenado mínimo” e “um ordenado mínimo” para cada residência.

Tabela 10 - Linha da Pobreza

Linha da Pobreza		
2017	R\$	406,00
2018	R\$	420,00
2019	R\$	436,00
2020	R\$	436,00

- **Half the Nacional Median Share (M/2)**

Mesmo que esse indicador não seja adequado para os países de clima tropical, que não tenham invernos rigorosos, é interessante utilizar a comparação com a média energética do Rio de Janeiro, porque, apesar de não haver gastos com aquecimento, há com arrefecimento no Estado do Rio de Janeiro. Então, o M/2 pode ser um indicador interessante para o presente

trabalho. A média de consumo que utilizamos foi de 172 kWh, que é a média do consumo residencial do Estado do Rio de Janeiro. Este valor foi obtido através da Resenha Mensal de Energia Elétrica (EPE, 2019).

4.2. Mapeamento da Favela

Para o mapeamento para a expansão da cooperativa fotovoltaica, foi realizado um levantamento de zonas utilizando o Google Earth. O objetivo de mapear a favela por zonas é fazer com que cada uma delas tenha, pelo menos, uma central solar para atender as habitações que lá estejam situadas.

Os critérios de decisão para a escolha das zonas foram:

- Orientação da encosta; ou seja, as zonas foram escolhidas de acordo com a orientação do morro da Babilônia;
- Inclinação do morro; esse critério foi escolhido para que não houvesse uma habitação no topo do morro e outra na base do morro em uma mesma zona;
- Tamanho das lajes; observando o local no Google Earth, pode-se perceber que em algumas zonas as habitações são menores e as vielas são mais estreitas, características que são fundamentais para a parte técnica do projeto.

Na imagem seguinte (Figura 6), pode-se identificar as zonas selecionadas:



Figura 6 - Mapeamento por 9 Zonas

Observando o mapeamento, foram identificadas seis zonas situadas na favela da Babilônia e mais três zonas na Chapéu Mangueira. Por questão de segurança no momento da visita

ao terreno em fevereiro de 2021, apenas foi realizado o estudo prático na favela da Babilônia. A partir das delimitações das zonas, foram selecionadas as coberturas com potencial para receber a instalação fotovoltaica. Essa seleção foi feita primeiramente pelo Google Earth e, em seguida, foi realizada uma visita presencial para melhor avaliação do espaço em questão. Assim, foi elaborada uma seleção de coberturas para realizar o estudo de sombreamento. Os critérios selecionados para a escolha das coberturas foram:

- Exposição solar; as melhores coberturas são aquelas orientadas ao Norte.
- Área disponível da cobertura; o tamanho da cobertura vista de cima e observada a medição através do Google Earth.
- Ocupação da cobertura; utilização da cobertura pelos habitantes, podendo inviabilizar a instalação de painéis em certos espaços.
- Composição estrutural; a tipologia de laje e do telhado da construção, as mais comuns são: laje batida (laje em betão), telha termoacústica (chapa de alumínio) e telha de cerâmica.
- Sombreamento ao redor; foi levado em conta os sombreamentos dos objetos ao redor da cobertura selecionada, como por exemplo, a existência de árvores no entorno, que poderiam causar sombreamento nos painéis, comprometendo sua eficiência.
- Questões políticas; há certos espaços onde a construção da central fica inviabilizada por questões burocráticas ou técnicas, em especial em espaços de favela, onde pode haver conflitos sociais impossibilitando ou dificultando o processo da instalação dos painéis e sua manutenção.

As localizações selecionadas para o estudo da expansão da cooperativa fotovoltaica, podem ser visualizadas na imagem seguinte (Figura 7), além da linha de elevação:

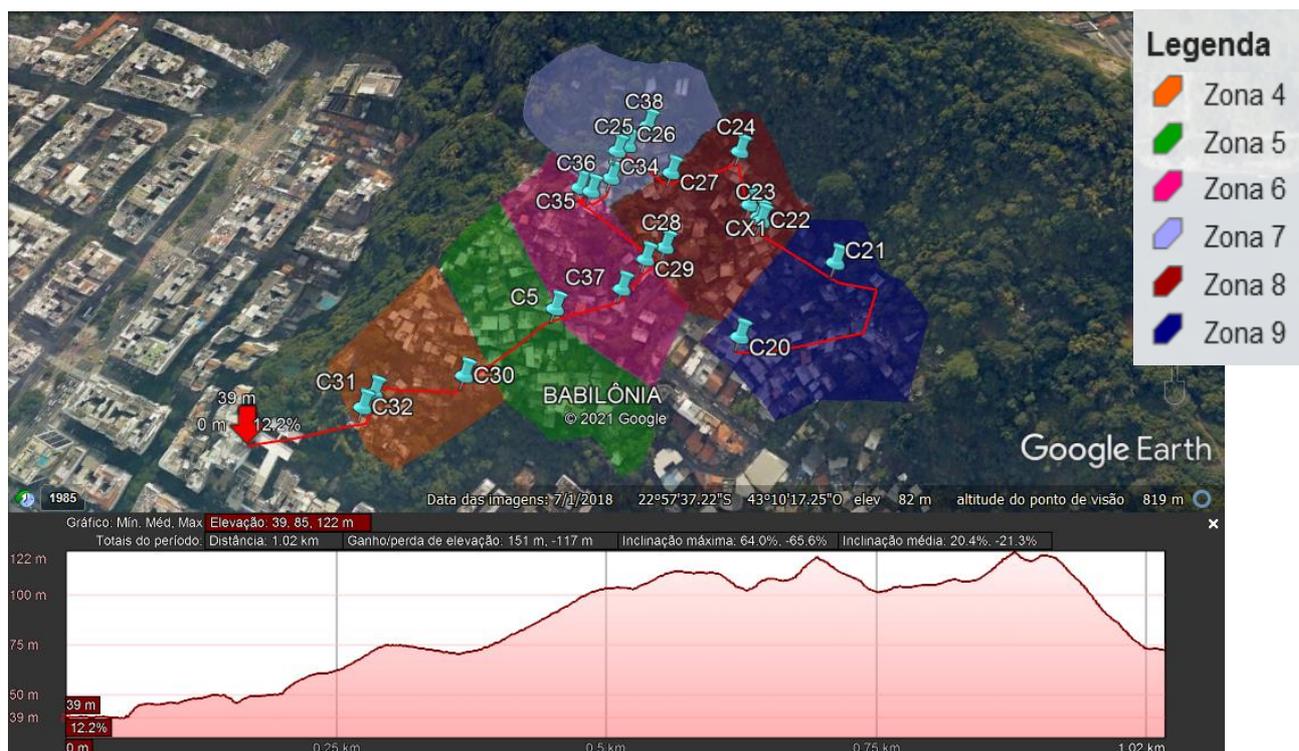


Figura 7 - Curva de Elevação/Altitude
Fonte: Google Earth

Algumas das zonas selecionadas têm maior número de coberturas marcadas. Isso ocorre por causa do tamanho disponível para a instalação dos painéis fotovoltaicos. Observando a Zona 5, identifica-se apenas a cobertura C5, porém, a área da cobertura é maior do que a média encontrada nas outras. Sendo assim, alguns dos conjuntos dos marcadores das coberturas, são um complexo de lajes que podem ser aplicadas a mesma central, pelo distanciamento reduzido entre elas, por exemplo: o conjunto C25, C26 e C38, da Zona 7.

No total, foram selecionadas 20 coberturas com potencial para a instalação de painéis fotovoltaicos para expansão da cooperativa. Dentre essas, foram escolhidas com o mesmo critério, as melhores coberturas para cumprir os estudos de sombreamento.

Foi utilizado para esse processo, um drone, que foi fundamental para esse estudo. O primeiro passo para realizar a aerofotogrametria, foi determinar a missão do drone. Nessa etapa, determinamos toda a rota que o drone tinha que fazer, ajustando a altura de voo, iluminação da câmara, quantidade de fotografias, área de voo, distância, velocidade, ângulo da câmara, entre outros fatores e sensores do equipamento que precisam ser configurados perfeitamente.

Antes de definir a missão do drone no aplicativo apropriado, foi realizado um mapeamento no Google Earth, alterando as Zonas definidas anteriormente para zonas mais focalizadas nas coberturas onde desejamos realizar o estudo. Sendo assim, obtivemos um novo mapeamento de zonas baseadas nas missões que foram realizadas pelo drone:



Fonte: Google Earth

Logo, seria necessário realizar onze missões: cada zona um voo. O tempo foi um fator prático, devido ao custo de arrendamento e disponibilidade do equipamento. para poder realizar a aerofotogrametria foi apenas feita nas zonas: C, E, F, H, J, K e I.

O drone utilizado para este trabalho foi o Mavic Pro 2 (Figura 9) com câmara de 22 mm e foi configurada da seguinte forma:

- Altitude: 30-60 m
- Speed: 1.1 m/s
- Speed Oblique: 4.7 m/s
- Retur-to-home: Ligado
- Side Over Ratio: 85%-90%
- Side Overlap Ratio: 60%
- Frontal Overlap: 90%
- Frontal Overlap: 60%
- Margin: 0 m

- Course Angle: 90°



Figura 9 - Drone Mavic 2 Pro

Fonte: <https://www.dji.com/pt/mavic-2>

4.3. Modelação 3D

A modelação em 3D nos permite analisar a diferença de altura entre as habitações, além dos objetos no entorno (árvores, postes, caixa d'água...). Esse processo é feito através de programas que processam as imagens feitas pelo drone e transforma-as em uma nuvem de pontos em plano cartesiano "xyz" (foi utilizado Metashape Pro). As imagens transformam-se em pixels e fazem pontos homólogos. A partir desses pontos forma-se uma malha triangular irregular, gerando o MDT, que é a textura que se transforma na projeção em 3D. A figura 10 demonstra de forma visual como é a metodologia desse processo.

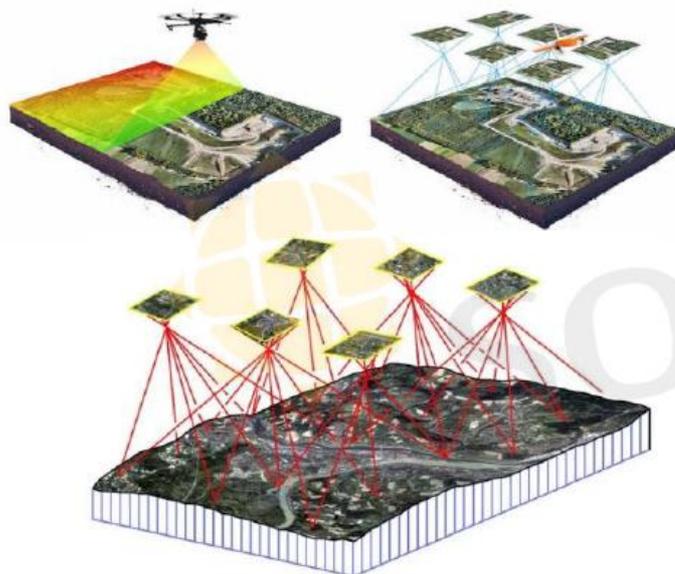


Figura 10 - Pontos homólogos

Fonte: Apresentação do curso "Drones para aerofotogrametria e inspeção termográfica em sistemas fotovoltaicos" - Solarize

Assim, “esta rede é representada por um conjunto de triângulos que ligam pontos da superfície de forma contínua, distribuídos irregularmente no plano. Este tipo de rede permite descrever todos os tipos de superfícies.” (<https://metrica.zendesk.com/hc/pt-br/articles/360031051791>, recuperado em 24 de maio de 2021). Esta rede triangular é conhecida como RTI (Rede Triangular Irregular) ou TIN (sigla em inglês) e é representado como demonstra na figura 11.

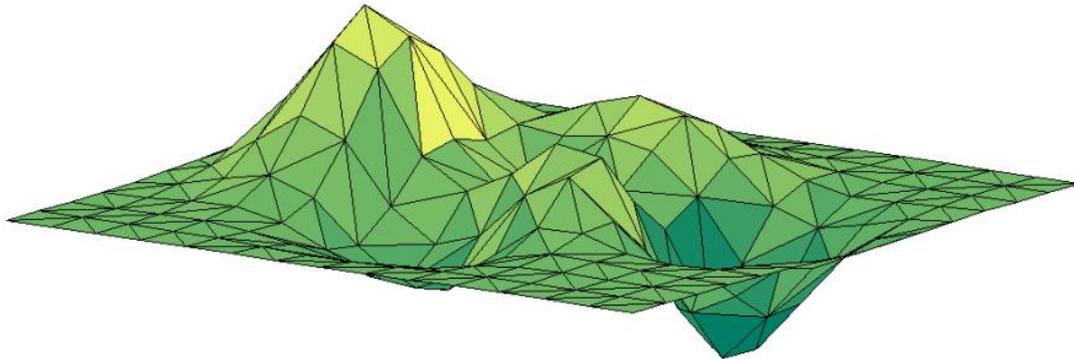


Figura 11 - Exemplo de malha triangular irregular (RTI)

Fonte: Anderson Patury Sangreman (2014) - " Modelação de Terrenos Naturais Através de Malhas de Triângulos"

Nesta etapa é importante limitar alguns dados para dar prosseguimento ao processo, pois foi utilizado outro programa para realizar a projeção dos painéis fotovoltaicos. Aqui limitaremos a malha triangular em cinquenta mil faces ou quarenta e nove mil faces (garantia do limite permitido). Além da limitação da malha, há a limitação de pixels de dois mil e quarenta e oito (2.048). Para passarmos do software Metashape para o PV*SOL (etapa seguinte) é necessário obter três formatos de arquivos da modelação em 3D:

- .jpg
- .mtl
- .obj

Nessa etapa, já com o modelo 3D formado, pode ser que este não venha nas orientações corretas do plano cartesiano. Sendo assim, é necessário corrigi-lo manualmente. Nesta etapa obtivemos o resultado demonstrado na figura 13. Então, tendo os três arquivos definidos, podemos avançar para as últimas etapas: instalação dos painéis fotovoltaicos e análise de sombreamento.



Figura 12 - Projeção 3D Visão Superior

Fonte: imagem .jpg do projeto da zona C

4.4. Projeção Fotovoltaica e Análise Financeira

A partir desta etapa, passa-se a utilizar outro software que é específico para projeções de projetos de energia solar. Nesse trabalho foi utilizado o software PV*SOL. Além das análises de rendimento e sombreamento que o programa faz, a parte financeira do projeto poderá ser analisada também através desses resultados.

O PV*SOL importa os modelos 3D, porém, com alguns limites de resolução e qualidade como já dito anteriormente. Como as favelas são espaços, onde há uma concentração habitacional elevada, alguns detalhes em 3D ficam distorcidos.

Foram utilizados “recorte do mapa” (opção dada pelo software) a fim de servir de suporte. Dessa forma, surge um plano da imagem de satélite da Zona a ser trabalhada, facilitando assim, o posicionamento e a orientação do modelo 3D. Na maioria a plotagem em 3D é importada no eixo errado, o PV*SOL permite ajustes movimentando o objeto no ângulo “xy”, porém, no eixo “z”, tem de vir ajustado pelo Metashape.

Existe outro fator de dimensão que é de grande importância: a escala. Para realizar a escala do projeto o ideal é medir um dos lados do objeto em estudo. Porém, foi necessário utilizar a medição do Google Earth para elaborar a escala.

$$S = \frac{H_{REAL}}{H_{PV*SOL}}$$

S - Fator de escala

H_{REAL} - Tamanho da medição real em metros (m)

H_{PV*SOL} - Tamanho da medição que está indicado no PV*SOL em metros (m)

O fator de escala (S) é multiplicado pela “altura máxima” estipulada automaticamente na plotagem em 3D, o resultado é a nova “altura máxima”. Após ajustado os parâmetros teremos um resultado da plotagem em 3D semelhante a essas:

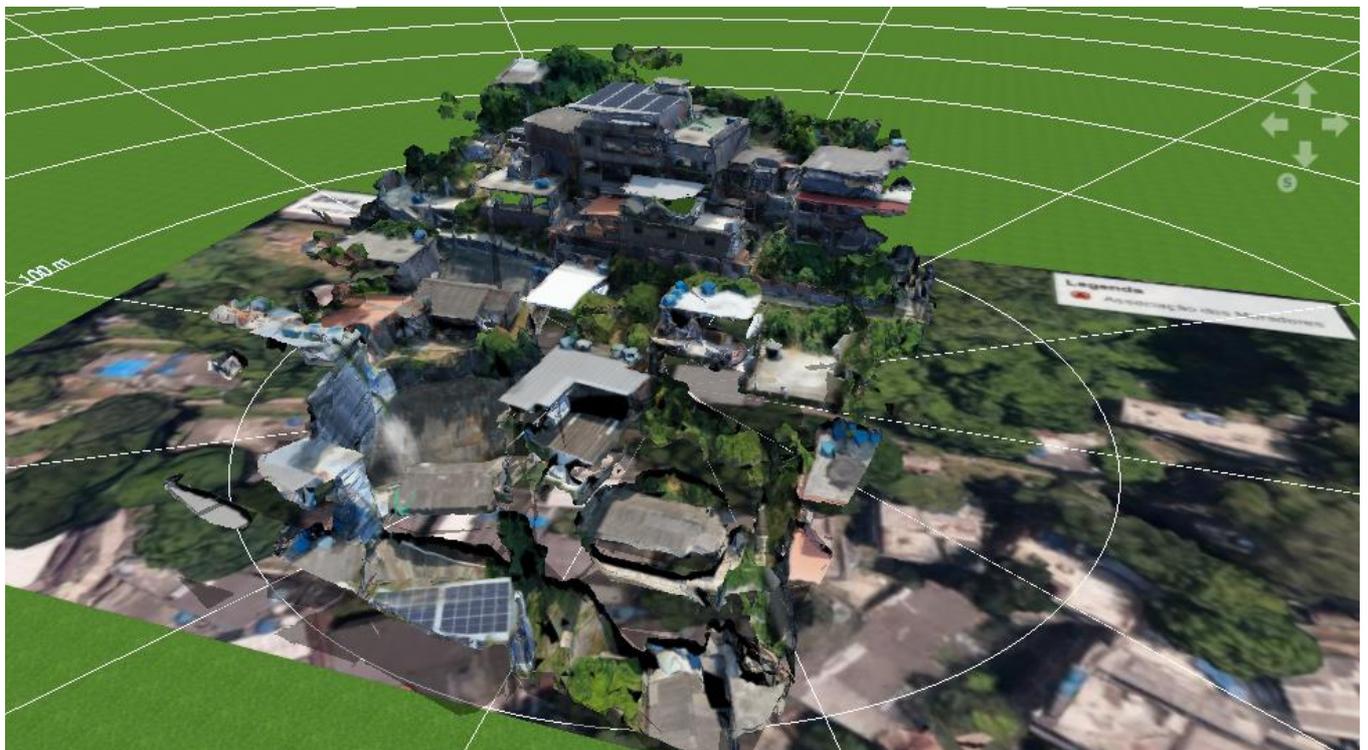


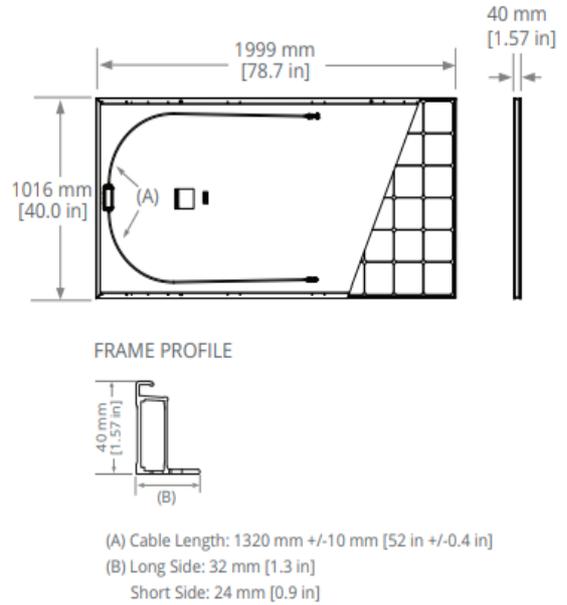
Figura 13 - Projeção em 3D Zona F

Fonte: Imagem retirada do PV*sol produção própria

Antes de iniciar a plotagem dos painéis fotovoltaicos e a análise de sombreamento, determinamos o modelo de painel que poderia ser utilizado. Esta informação foi obtida de acordo com os critérios da ONG Revolusolar. Sendo assim, o painel aqui selecionado foi um SunPower de quatrocentos e trinta Watt-pico (430Wp) e dimensões de, aproximadamente, dois para um metro (2mx1m). A seguir, as especificações elétricas e dimensionais desse modelo apresentadas na tabela 11.

Tabela 11- Especificação do Painei Fotovoltaico

Electrical Data			
	SPR-A430-COM	SPR-A440-COM	SPR-A450-COM
Nominal Power (P _{nom}) ⁵	430 W	440 W	450 W
Power Tolerance	+5/0%	+5/0%	+5/0%
Panel Efficiency	21.2%	21.7%	22.2%
Rated Voltage (V _{mpp})	42.7 V	43.4 V	44.0 V
Rated Current (I _{mpp})	10.1 A	10.2 A	10.2 A
Open-Circuit Voltage (V _{oc})	51.2 V	51.6 V	51.9 V
Short-Circuit Current (I _{sc})	10.9 A	10.9 A	11.0 A
Max. System Voltage	1500 V UL		
Maximum Series Fuse	20 A		
Power Temp Coef.	-0.29% / °C		
Voltage Temp Coef.	-136 mV / °C		
Current Temp Coef.	5.7 mA / °C		



Fonte: SunPower

Seguindo o processo, pode-se dar início a análise de sombreamento. Esta foi a parte mais desafiante e fundamental para o projeto, pois, é nesta análise, que definiremos onde poderão ser fixados os painéis, sua configuração, alternativas para melhor exposição solar e a tomada de decisão sobre a eficácia do sistema proposto.

Após a escolha do painei fotovoltaico desejado, prosseguimos para o planejamento da configuração dos painéis. O próprio software tem a função de configurá-los a partir da demarcação da área que deseja inseri-los. Utilizando a mesma “Zona” (Zona F) da imagem utilizada para exemplificar a plotagem em 3D, teremos a demonstração da configuração dos painéis para esta zona definida (Figura 14).



Figura 14 - Configuração dos Painéis (Zona F)

Fonte: PV*sol execução própria

Neste conjunto de módulos, a proposta foi no sentido de fazer a configuração no sentido horizontal com um espaçamento de 30 cm. A escolha para esse espaçamento foi feita de acordo com a ONG Revolusolar, que utiliza outro tipo de configuração dos módulos de sua preferência. Esta configuração adotada pela Revolusolar, consiste em duas linhas de módulos juntas e, em seguida, o espaçamento necessário para manutenções. Como o software não permite que se realize esse tipo de configuração para o conjunto de módulos, adotamos o espaçamento de 30cm, pois, assim, teríamos na prática um espaçamento de 60cm, espaço esse suficiente para a realização da manutenção do conjunto de módulos fotovoltaicos. Uma alternativa, também utilizada pela Revolusolar, seria a união de três linhas de módulos, formando assim, um espaçamento de 90cm, dimensão mais adequada para a manutenção dos equipamentos.

A próxima análise consiste em realizar o sombreamento dos objetos ao redor. Nota-se que nessa cobertura, há uma pequena parte em forma retangular mais elevada, Essa parte poderá fazer sombras indesejáveis no conjunto de painéis. Logo, foi realizada a análise de sombreamento que consiste na tomada de decisão sobre a instalação de um módulo, de uma string ou até mesmo do conjunto inteiro.

Neste conjunto de módulos, a proposta é configurá-los no sentido horizontal, com um espaçamento de trinta centímetro (30 cm). A escolha para esse espaçamento foi feita em acordo com a ONG Revolusolar, que utiliza outro tipo de configuração dos módulos de sua preferência. Essa configuração adotada pela Revolusolar, consiste em duas linhas de módulos juntas e, em seguida, o espaçamento necessário para manutenções. Como o software não permite que se realize esse tipo de configuração para o conjunto de módulos, foi adotado o espaçamento de 30cm, pois assim, teríamos na prática um espaçamento de 60cm, espaço esse suficiente para a realização da manutenção do conjunto de módulos fotovoltaicos. Uma alternativa,

também utilizada pela Revolusolar, seria a união de três linhas de módulos, formando assim, um espaçamento de 90cm, dimensão mais adequada para a manutenção dos equipamentos.

A próxima análise consiste no sombreamento dos objetos ao redor. Nota-se que nesta cobertura há uma pequena parte em forma retangular mais elevada. Essa parte poderá fazer sombras indesejáveis no conjunto de painéis. Logo, foi realizada a análise de sombreamento, a qual consiste na tomada de decisão sobre a instalação de um módulo, de uma string ou até mesmo do conjunto inteiro. O PV*SOL gerará a previsão da frequência de sombreamento ao longo de 365 dias. Na Figura 15 apresenta-se o resultado obtido para a Zona F.



Figura 15 - Análise de Sombreamento (Zona F)

Fonte: PV*sol

A escala de cores permite visualizar o grau de sombreamento no painel. Quanto mais próximo do verde menos sombras há, e quanto mais próximo do vermelho, mais sombras. Quando não há cor, nenhum objeto ao redor faz sombra no painel. A percentagem indica a máxima fração do painel que receberá sombra, ou seja, o maior valor deste conjunto é de 2,3%, que é considerado um valor baixo, ou seja, não compromete de forma significativa o sistema.

A partir dessa etapa, tomaremos a decisão de manter ou não o(s) módulo(s) que recebem sombreamento ao longo do ano. Esta decisão não é objetiva; dependerá do sombreamento que consiste em todo o conjunto de módulos, além do conhecimento empírico de origem da ONG Revolusolar. Logo, pode ser que: 5% seja considerado um valor alto e poderá excluir os módulos que apresentam essa fração de sombreamento ou poderá ser deixada, caso os outros painéis recebam mais que 5%.

O que definirá a tomada de decisão para um sistema que recebe alta fração de sombreamento, serão outros parâmetros, como o valor de investimento, retorno financeiro, a potência do sistema, entre outros fatores.

O parâmetro aqui utilizado, para a taxa de sombreamento, foi analisado juntamente com a ONG. Foi decidido que, num sistema muito eficiente, até 5% é aceitável. Logo, o painel

poderá ser mantido. Até os 10% de sombra, será uma decisão que dependerá da eficiência do resto do sistema. Finalmente, acima dos 10%, o painel será excluído dependendo do sombreamento do conjunto.

Ajustada a configuração dos módulos fotovoltaicos, partimos para a próxima etapa: configuração dos inversores e do cabeamento. Não daremos muito enfoque nesta etapa, pois o programa não permite utilizar um mesmo inversor quando são desenhadas duas áreas na mesma cobertura. Por exemplo: quando há duas faces de telhado inclinadas, é normal terem duas áreas de desenho para plotagem dos módulos. É o que acontece por exemplo na Zona I (Figura 16).

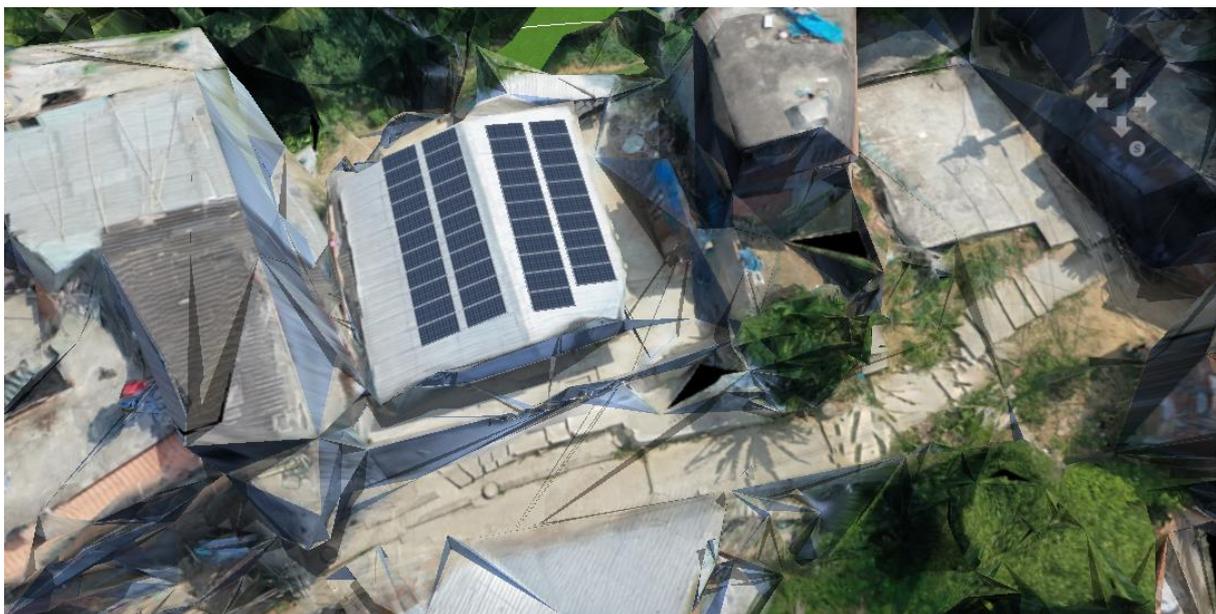


Figura 16 - Projeção dos Painéis (Zona I)

Fonte: PV*sol

Na Zona I, foram desenhadas duas áreas diferentes na mesma cobertura: uma em cada face do telhado. Sendo assim, ao configurar o inversor através do software, o programa projeta para cada conjunto de módulos considerados pela área de montagem desenhada. Quanto a Zona I, só iríamos precisar de um inversor, porém, foram estipulados dois inversores SMA Solar Technology STP8.0-3AV-40: Para este todo conjunto de módulos, não seria necessário investir em dois inversores; um bom inversor bem dimensionado seria o ideal.

Para se obter um inversor bem dimensionado, foi considerado neste trabalho, um Fator de Dimensão entre 110% e 130%. Isto decidido com base em reuniões realizadas junto aos integrantes da Revulusolar. Após realizada a dimensão dos inversores, o programa é habilitado para o passo seguinte: cabeamento. Esta etapa é automatizada pelo programa. Porém, como o resultado dessa automação não seria real para o projeto, foram descartados esses resultados. Isso ocorreu porque o programa não permite utilizar um mesmo inversor quando são desenhadas duas áreas de plotagem diferentes, sendo na realidade possível utilizar

apenas um inversor para cada zona estipulada. Portanto, apesar de sido configurado os inversores e cabeamento para que os outros resultados se mantivessem confiáveis, iremos ignorar ambos os resultados de cabeamento e inversores emitidos pelo *PV*sol* para o presente trabalho. Utilizando ainda o exemplo da Zona F, demonstra-se na figura 17 o resultado do cabeamento proposto pelo *PV*sol*:

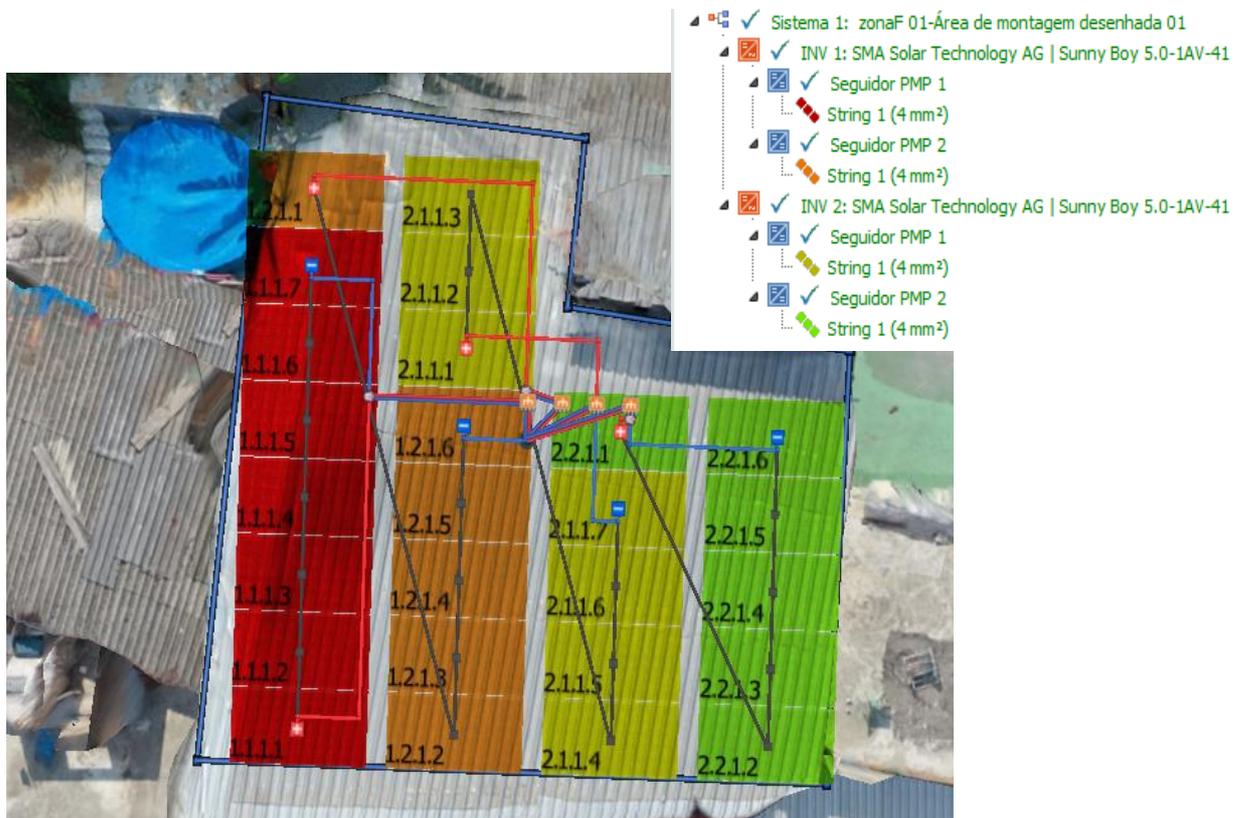


Figura 17 - Automatização *PV*sol* para os cabeamentos

Após configurar todo o sistema fotovoltaico, a aplicação irá gerar os resultados e relatórios financeiros e operacionais. Alguns dos resultados gerados pelo *software*, não serão relevantes para o projeto, portanto, não serão expostos aqui.

Antes de gerar os resultados no programa, é preciso ajustar os parâmetros para a região desejada, pois influencia na resposta final. O tipo de sistema selecionado foi o modelo 3D com sistema FV conectado à rede. Como a remuneração será creditada, só é necessário saber o quanto a central irá produzir de energia, ou seja, o perfil de consumo não é necessário.

A cidade e o país selecionados foram Rio de Janeiro e Brasil respectivamente. Fato importante para saber as condições impostas pela concessionária e distribuidora, além do fator mais importante: a irradiação.

Para a análise financeira pode-se ajustar o custo do painel fotovoltaico, além de diversos fatores financeiros, como o prazo do projeto, juro do capital, a taxa de desconto, subsídios, impostos, entre outros. Para este trabalho, iremos adotar 20 anos de projeto por ser mais

cauteloso, apesar de existirem painéis que já garantem alcançar cerca de 30 anos de ciclo de vida. A taxa de desconto se manteve a adotada pelo programa, de 1%. O custo de investimento amortizável foi estipulado em R\$ 3,89/Wp (GREENER, 2021). Além desses, não foram considerados os impostos e nem financiamentos. Por fim, a tarifa de injeção aplicada foi "LIGHT - Comercial acima de 300 kWh/mês", que significa uma remuneração de R\$ 0,82627/kWh. O PV*sol utiliza o modelo Hofmann para a irradiação difusa no plano horizontal e, para o plano inclinado, Hai & Davies e considera 0,5% em perdas de potência devido a queda de tensão nos díodos de desvio e 2,0% de perdas de potência devido a Mismatch ou menor rendimento. Para a análise operacional foram considerados esses fatores numa simulação de intervalo de hora em hora:

- **Potência:** é a capacidade instalada dos painéis fotovoltaicos em kWp. Fonte: PV*sol (Hofmann e Hai & Davies).

- **Módulos:** quantidade de módulos instalados em zona em questão. Fonte: PV*sol.

- **Coberturas Ocupadas:** quantidade de coberturas das construções cobertas por painéis de acordo com cada zona, pois as construções em favelas são muito próximas, possibilitando assim haver uma mesma central em diferentes coberturas. Fonte: Projeção em 3D.

- **Tamanho:** nessa coluna, encontra-se o tamanho total da cobertura e, quando há mais de uma, esse campo mostra a soma de todas elas. Fonte: Google Earth.

- **Desempenho do Sistema (PR):** refere-se à qualidade do sistema fotovoltaico. É o Ratio entre o rendimento real do sistema e o rendimento esperado a descontar as perdas, como por temperatura, fiação e do inversor, entre outras. Ela permite a comparação entre sistemas instalados em diferentes locais e condições, pois normaliza valores de geração e irradiação solar. Fonte: PV*sol.

- **Tipologia da Cobertura:** Nessa coluna encontra-se o(s) tipo(s) de cobertura(s) de cada zona, referindo-se ao material e inclinação. Fonte: Projeção 3D e visita presencial.

- **Elevação:** a elevação é a altitude medida em metros de onde se encontra a habitação. É de aspeto relevante para a tomada de decisão por questão de cabeamento e acesso. Quanto mais alta for a localização, maior é a probabilidade do acesso de baixa qualidade de energia e aumenta quanto menos elevada estiver a cobertura, e assim, melhor será. Fonte: Curva de elevação do Google Earth.

- **Energia Fotovoltaica:** previsão da quantidade de energia fotovoltaico que cada zona conseguirá produzir no decorrer de um ano. Fonte: PV*sol.

- **Emissão de CO₂ evitadas:** Quantidade em quilogramas de CO₂ evitadas caso opte pela construção do projeto, configurada automaticamente em 470 g/kWh. Fonte: PV*sol.

- **Número de Residência Cooperadas:** esta coluna é de grande importância para o estudo, além de ter sido realizada através dos estudos decorridos durante esse trabalho, pois foi necessário obter uma média do consumo por residência para encontrar a quantidade de casas que poderão ser assistidas pelas centrais. Para obter o resultado de residências cooperadas, basta dividir a produção "Energia Fotovoltaica" pelo valor médio de consumo encontrado (1.619,97 kWh/ano). Fonte: o consumo médio pelas residências foi obtido através de dados fornecidos pela equipa da Revolusolar.

As análises financeiras do *software PV*sol* é baseada no método do valor presente líquido. O cálculo utilizado para o valor de investimento ($KW_{INVESTIMENTO\ TOTAL}$) pelo programa é demonstrado na fórmula a seguir:

$$KW_{INVESTIMENTO\ TOTAL} = \sum BW_{DINÂMICA} - i + f$$

- $\sum BW_{DINÂMICA}$: Valor presente total ao decorrer de T anos
- i: Investimento
- f: Financiamento

Fórmula 1: Custo de Investimento

Fonte: PV*sol

O valor presente ($BW_{DINÂMICO}$) é calculado de acordo com a VDI 6025 (Sistemas de cálculo de economia para bens de capital e plantas que seguem a norma da Associação de Engenheiros Alemães) e a Fórmula 2 seguinte demonstra o cálculo:

$$BW_{DINÂMICO} = Z_{DINÂMICO} \times b \times (T \times q \times r)$$

Sendo:

$$b \times (T \times q \times r) = \begin{cases} \frac{1 - \left(\frac{r}{q}\right)^T}{q - r} & \text{para } r \neq q \\ \frac{T}{q} & \text{para } r=q \end{cases}$$

- b - Fator do valor presente
- q - Fator de retorno de capital
- r - Fator de mudança de preço

Fórmula 2 - Valor Presente

Fonte: PV*sol

Para a análise financeira foram consideradas os seguintes fatores:

• **Custo de Investimento Bruto:** Esse custo está diretamente relacionado ao custo de investimento específico (R\$ 3,89/kWp, equivale a € 0,17/kWp), ou seja, é a multiplicação desse pela potência instalada. Fonte: PV*sol.

• **Custo Estrutural:** o valor a ser investido em estrutura, já que estamos a lidar com construções de baixa qualidade, será necessário a realização de obras estruturais. Este valor é de 10% do custo de investimento bruto. Fonte: Revolusolar.

• **Custo de Investimento:** é a soma do custo de investimento bruto somado ao custo estrutural. Fonte: PV*sol e Revolusolar.

• **Taxa Interna de Retorno:** é a taxa de desconto hipotético que traz os custos de despesas para o valor presente ao ser igualada ao retorno do investimento. Fonte: PV*sol.

• **Remuneração Total:** este valor é o quanto se receberia caso houvesse 100% de injeção na rede. Esse cálculo é feito com base na localidade selecionada no programa a depender do valor de remuneração do país ou região. Fonte: PV*sol.

• **Fluxo de Caixa Acumulado:** este valor representa o valor presente líquido da remuneração com base no primeiro ano de produção fotovoltaica durante 20 anos (tempo estipulado para o projeto). Fonte: PV*sol.

Para obter esses dados, foi realizada uma tabela para cada Zona estipulada. Com o intuito de realizar uma comparação entre as zonas e um fator de tomada de decisão entre as escolhas dos projetos, foi realizada uma matriz de prioridade. Essa matriz avaliará o fator operacional e financeiros obtidos em três diferentes pontuações: 100, 80 e 50 pontos.

A tabela 12 demonstra os critérios utilizados para a classificação de cada fator operacional, o fato "Módulos" foi desconsiderado nesta etapa porque está diretamente relacionado ao

fator "Potência", o que acabaria resultando em avaliação dupla de um mesmo fator. Logo, para evitar duplicação, foi desconsiderado.

Tabela 12 - Critério de Avaliação de Prioridade Operacional

	Potência (kWp)	Coberturas Ocupadas (unid.)	Tamanho (m ²)	Desempenho do Sistema (PR)	Tipologia da Cobertura	Elevação (m)	Energia Fotovoltaico (kWh/ano)	Rendimento Anual Específico (kWh/kWp)	Emissão de CO ₂ Evitadas (kg/ano)	Número de Residências Cooperada
100 pts	>26	1	>182	>80%	Chapa de Alumínio	<91	>30.000	>1.300	>14	>16
80 pts	13-26	2	110-182	75-80%	Chapa de Alumínio Inclinada Laje de Betão	80-120	15.000-30.000	1.100-1.300	6-14	5-16
50 pt	<13	3	>110	<75%	Cerâmica	>120	>15.000	<1.100	>6	<5

A tabela 13, referente às pontuações da avaliação dos indicadores financeiros é apresentada na tabela seguinte, a qual não foram considerados o "Custo de Investimento Bruto" e o "Custo Estrutural". O "Custo Total de Investimento" comporta esses indicadores e, para não haver duplicidade de pontuação, foram desconsiderados.

Tabela 13 - Critério de Avaliação de Prioridade Financeira

	Custo Total de Investimento	Taxa Interna de Retorno	Fluxo de Caixa Acumulado (20 anos)	Prazo de Amortização (anos)
100 pts	<86.000	>27%	>380.000	<3,8
80 pts	80.000-100.000	25-27%	200.000-400.000	3,5-4,0
50 pt	>120.000	<25%	<200.000	>4,0

As referências utilizadas para os parâmetros escolhidos estão relacionadas com o máximo, mínimo e média de cada coluna de fatores. A decisão de um fator levar 100 pontos é para aqueles que obtêm valores acima da média da soma de cada coluna, com exceção da "Potência" e da "Elevação", que foram utilizadas referências da potência instalada da central cooperativa da Revulusolar (26 kWp) e a altitude, que a Associação de Moradores da Babilônia (onde está instalada a central) se encontra (91m) sucessivamente.

Já para aqueles que serão pontuados com 50 pontos, o critério utilizado foi o da observação dos valores, escolhendo um limite mínimo de acordo entre os valores obtidos de cada coluna. Vale lembrar que os 50 pontos ou a cor vermelha não significa que o projeto será descartado, é apenas um valor que ganhará menos pontuação em um critério de escolhas.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Será nesse capítulo que iremos encontrar o resultado da metodologia aplicada no presente trabalho. Para isso, partiremos dos relatórios obtidos através do software PV*sol e *Google Earth*, além daqueles resultados obtidos presencialmente, através dos quais, pode-se analisar conteúdos de relevância operacional, como o rendimento e a produção fotovoltaica, além da análise financeira, que obtém informações como investimento e *payback* do projeto.

5.1. Pobreza Energética na Favela Babilônia

Como referido no capítulo metodológico, cinco indicadores de pobreza energética foram calculados para o caso de estudo para enquadramento do problema na região.

- **Ten Percent Rule (TPR)**

A tabela 14 apresenta os valores encontrados para o indicador TPR:

Tabela 14 - Análise TPR

		<i>Ten Percent Rule (TPR)</i>									
<i>%população</i>	<i>%comprometida</i>	2017		2018		2019		2020			
23%	até ½ ordenado mínimo	>	32%	>	32%	>	31%	>	31%		
50%	½ - 1 ordenado mínimo	16	at 32	16	at 32	15	at 31	15	at 31		
26%	> 1 ordenado mínimo	<	16%	<	16%	<	15%	<	15%		

Segundo a regra TPR, uma residência é considerada pobre energeticamente quando a parcela do ordenado gasta com eletricidade é superior à 10%. Observa-se que até mesmo àqueles que têm um ordenado de um salário mínimo ou mais, podem obter uma residência pobre energeticamente.

Paiva e Piai (2019), argumenta que o TPR seria 10% para os países com invernos intensos e, um limite de 5%, para aqueles que não tem invernos rigorosos, no caso do Rio de Janeiro. Logo, podemos concluir, pela análise TPR que, praticamente 100% da comunidade da Babilônia sofre com a pobreza energética.

- *Two Times Median Expenditure Share (2M)*

A tabela 15 a seguir serão demonstrados os resultados obtidos da análise do indicador 2M.

Tabela 15 - Análise 2M

Two Times Median Expenditure Share (2M)

2017	1 Ordenado Mínimo	R\$	937,00
	Mediana Custo Eletricidade	R\$	130,49
	2M		28%
2018	1 Ordenado Mínimo	R\$	954,00
	Mediana Custo Eletricidade	R\$	123,00
	2M		26%
2019	1 Ordenado Mínimo	R\$	998,00
	Mediana Custo Eletricidade	R\$	120,97
	Parcela Mediana		24%
2020	1 Ordenado Mínimo	R\$	1.045,00
	Mediana Custo Eletricidade	R\$	130,83
	2M		25%

Assim, podem ser comparados com os resultados da TPR. Com o novo limite da fração gasta com a conta de energia, pode-se concluir através das regras 2M que:

1. Para todos os anos, toda a parcela de residências que ganham até meio ordenado mínimo é considerada pobre energeticamente, pois em todos os anos foram gastos mais de 31% do ordenado domiciliar.

2. Para todos os anos, uma grande parcela que recebe de meio a um ordenado mínimo é considerada pobre energeticamente, já que para todos os anos, os 2M são maiores que 15% e menores que 32%. Pode-se observar que em todos os casos, o 2M encontra-se mais próximo do limite superior (32%), logo, há mais residentes pobres energeticamente do que adequados para essa faixa de ordenado domiciliar.

3. Para todos os anos, aqueles que ganham mais de um ordenado mínimo, não são considerados residentes pobres energeticamente. Isto porque a parcela gasta com energia não passa dos 16%, e o 2M é maior para todos os anos.

- ***Minimum Income Standard -based (MIS-based)***

Os resultados obtidos para o indicador *Minimum Income Standard* estão apresentados na tabela 16 abaixo.

Tabela 16 - Análise MIS-based

<i>Minimum Income Standard-based (MIS-based)</i>								
	2017		2018		2019		2020	
<i>Média</i>	R\$	1.071,32	R\$	1.090,23	R\$	1.144,14	R\$	1.204,40

Foi realizada uma média dos ordenados que seria necessário receber para que a residência consiga pagar a eletricidade e não ser considerada pobre energeticamente. Sendo assim, para 2017, seria um ordenado mínimo de mil e setenta e um reais e trinta e dois centavos; para 2018, mil e noventa reais e vinte e três centavos; em 2019, seriam necessários mil cento e quarenta e quatro reais e catorze centavos; por fim, para 2020, um ordenado mínimo de mil e duzentos e quatro reais e quarenta centavos. Como podemos perceber, todos são maiores que o ordenado mínimo estipulado para o ano corrente.

- ***High Cost Low Income (HCLI)***

Na figura 17 é apresentada uma análise para o indicador *High Costs Low Income* para os anos de 2017 a 2020.

Tabela 17 - Análise HCLI

<i>High Cost Low Income (HCLI)</i>								
	2017		2018		2019		2020	
	1 orde-	½ orde-						
	nado							

<i>Média</i>	R\$ 802,00	R\$ 334,00	R\$ 817,00	R\$ 340,00	R\$ 851,00	R\$ 352,00	R\$ 885,00	R\$ 363,00
<i>Conta-gem</i>	28		31		34		32	

Os valores que estão com fonte em vermelho na tabela, representam as residências que são consideradas pobre energeticamente. Pode-se concluir, que através da análise HCLI, em todos os anos as residências que tinha um ordenado mínimo não são consideradas pobres energeticamente. Já quando é realizada com meio ordenado mínimo, podemos encontrar no total 28 de 43 residências pobres energeticamente em 2017; em 2018 são 31; 34 para 2019 e, para 2020, 32 residências.

- *Half the Nacional Median Share (M/2)*

A tabela 18 demonstra os valores encontrados para o indicador M/2:

Tabela 18 - Análise M/2

Half the Nacional Median Share (M/2)

<i>Média de consumo RJ:</i>	172,000	kWh		
	média (17)	média (18)	média (19)	média (20)
<i>Média por Residência na Babilônia (kWh)</i>	168,576	178,916	177,527	170,651
<i>CONTAGEM (Und.)</i>	25	24	25	25
<i>CONTAGEM (%)</i>	61%	59%	61%	61%

Foram encontradas 25 residências pobres energeticamente para o ano de 2017, representando 61% das residências; no ano de 2018, foram no total 59% das residências, ou seja, 24 habitações; no ano de 2019, foram repetidos os mesmos números de 2017, o mesmo ocorrendo em 2020.

Após desenvolver-se a quantificação e análise de todos os cinco indicadores sugeridos, podemos chegar à conclusão que a Pobreza Energética é um grande problema na comunidade da Babilônia. Apesar de ter sido feita para a comunidade da Babilônia, este cenário irá se repetir, ou até piorar, em todas as favelas do Rio de Janeiro e, provavelmente, as do Brasil inteiro. Através das análises, fica claro que a conta de energia praticada, pelo país é completamente desproporcional à capacidade de pagamento de muito cidadãos.

5.2. Mapeamento e Definição da Missão

A primeira etapa desse resultado é o reconhecimento local e presencial, sendo necessário para observar a presença de objetos estranhos ao redor, além de já selecionar algumas coberturas com grande potencial para receber as placas fotovoltaicas. Na primeira visita ao local realizamos uma caminhada para o reconhecimento do território que está representado pela imagem a seguir (Figura 18). O reconhecimento desta primeira visita representada acima durou 52 minutos a percorrer 3,20 km alcançando 136m de elevação.

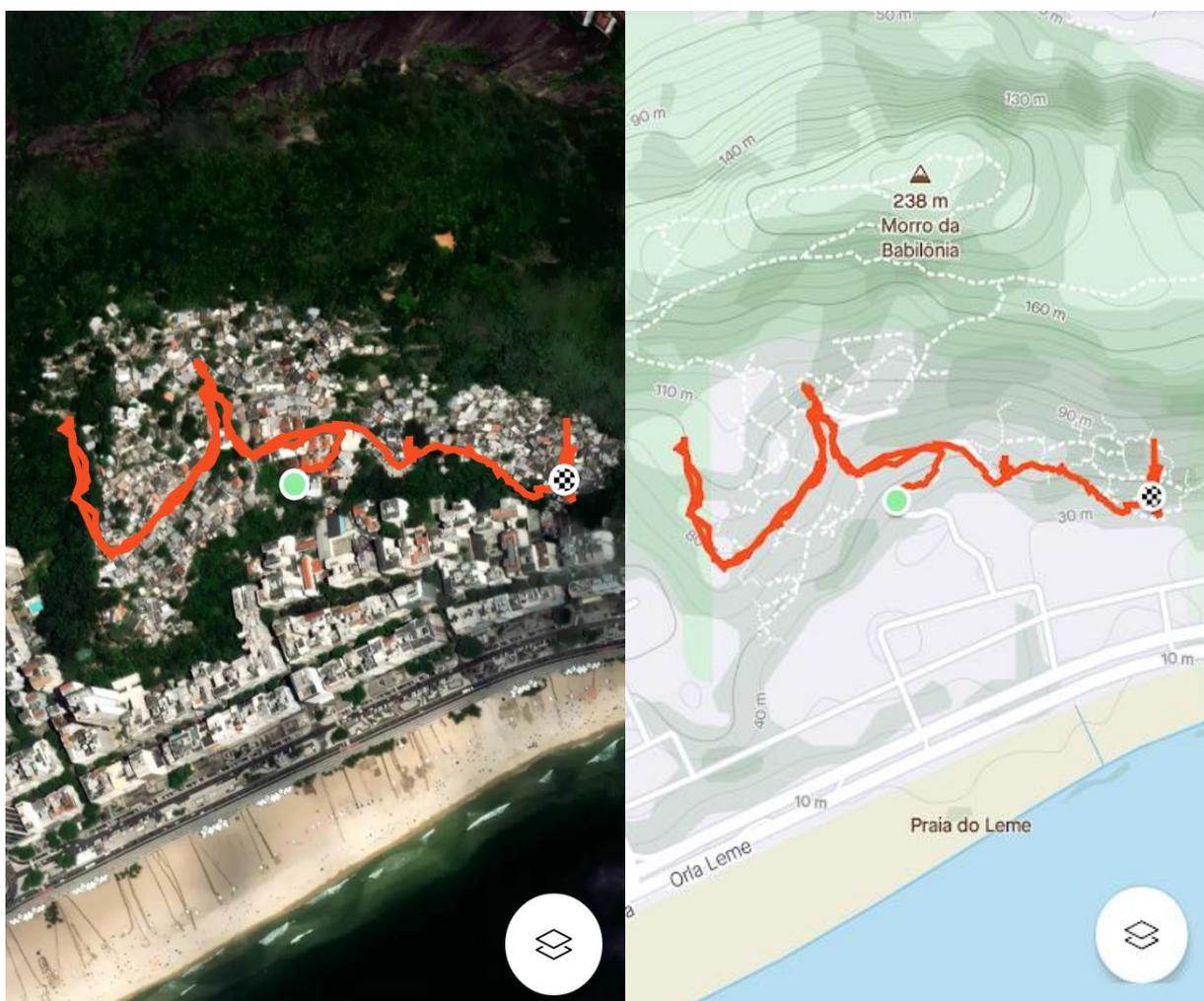


Figura 18 - Mapa de Caminhada da Visita Técnica
Fonte: Aplicativo Strava

A primeira visita técnica permitiu conhecer as zonas que já haviam sido estipuladas, porém, pode-se perceber que foi analisado o contexto territorial geral até a favela do Chapéu Mangueira, a qual não foi possível realizar os levantamentos de dados por questões de segurança. Na maioria das favelas existem grupos armados. Esse ponto deverá ser um requisito muito relevante para a realização dessa metodologia, já que poderá haver abatimento do drone. Para a realização do trabalho, foi feito um pedido de autorização especial para voar com o drone à UPP (Unidade de Polícia Pacificadora) responsável pela patrulha local.

Além desse trajeto percorrido, houve algumas outras visitas técnicas para o reconhecimento das coberturas selecionadas para realizar um estudo observativo do sombreamento, além do próprio percurso feito para realizar a fotogrametria. Algumas dessas visitas, podem ser visualizadas no Anexo I. Para melhor entendimento, a imagem da Figura 19 a seguir demonstra a realização da missão feita pelo aplicativo DJI Pilot da Zona C (cobertura C5):

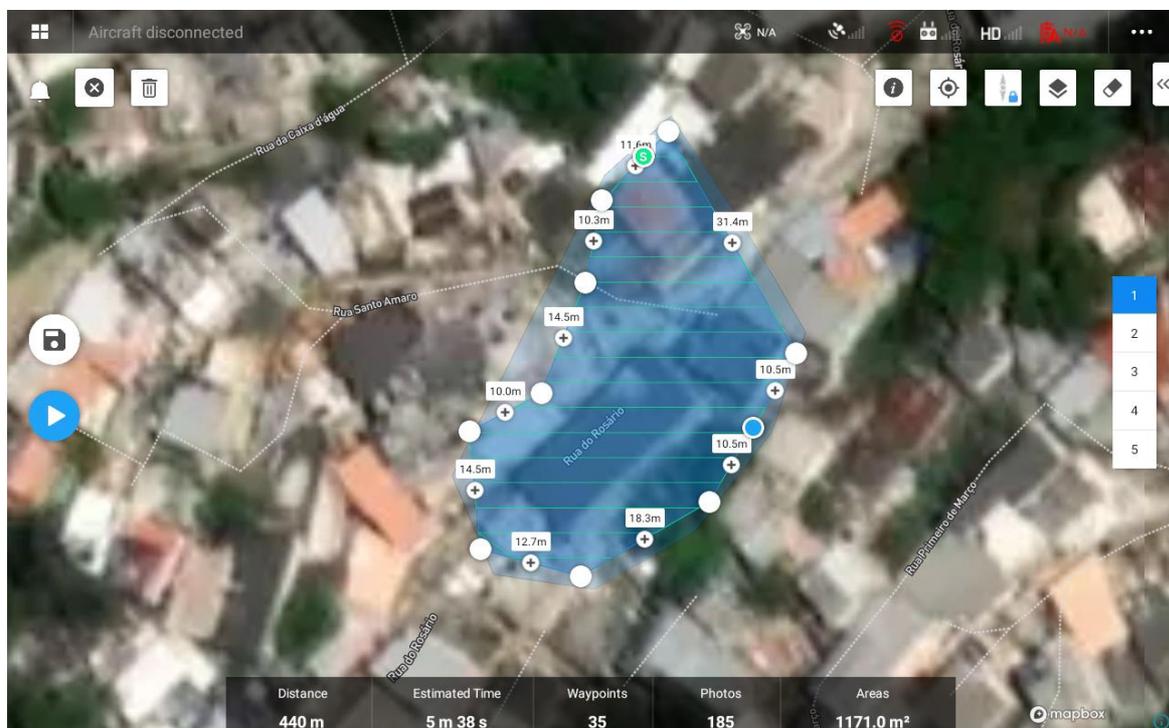


Figura 19 - Definição da Missão

Fonte: Aplicativo DJI Pilot

A área em azul demonstra a cobertura desejada, para implementação dos equipamentos além da vizinhança nas proximidades. As linhas definidas em verde demonstra o trajeto percorrido pelo drone em cinco minutos e trinta e oito segundos, realizando 185 fotografias percorridas em (440m, cobrindo assim, mil cento e 1.171m²).

Sendo assim, foi realizada a missão para cada zona determinada. Mas, como já havia citado, o fator “tempo”, nos limitou a fazer oito zonas: Zona C, Zona D, Zona E, Zona F, Zona H, Zona J, Zona K e Zona I. A escolha da prioridade de zonas, foi determinada com a adequação do local para realizar o voo com o drone, logo, deveria haver um espaço para decolar e

pousar facilmente e que permitisse que o drone não fugisse aos nossos olhos, já que a missão é toda automatizada. Além desse fator, foi dada prioridade às coberturas com maior área disponível, segundo análises feitas pelo Google Earth.

A imagem da figura 22 a seguir demonstra as áreas das missões realizadas pelo drone e, os fixadores em azul, são as coberturas que receberão a central fotovoltaica:



Fonte: Google Earth

Figura 20 - Mapeamento de Missões do Drone

Foi dessa forma que foram realizadas fotografias em oito zonas e treze coberturas diferentes. Cada zona determinada teve diferentes quantidades de fotos, já pré-definidas pela aplicação de pilotagem do drone.

- Zona C: 185 fotografias
- Zona D: 136 fotografias
- Zona E: 177 fotografias
- Zona F: 87 fotografias
- Zona H: 185 fotografias
- Zona I: 90 fotografias
- Zona J: 94 fotografias
- Zona K: 204 fotografias

Finalizada esta etapa, adveio a seguinte modelação em 3D.

5.3. Modelação 3D

Os processamentos em 3D das imagens requerem computadores de alto desempenho. Seria até possível realizar a modelação para a favela toda, a depender do desempenho da máquina que está a trabalhar.

O plano 3D realizado pelo Metashape pode obter resoluções elevadas, porém tem-se que limitar os pontos chave à quantidade de pixels para seguir para o *PV*sol*. A figura 21, 22 e 23 a seguir demonstram o resultado em 3D do processamento das imagens de algumas zonas pelo Metashape:

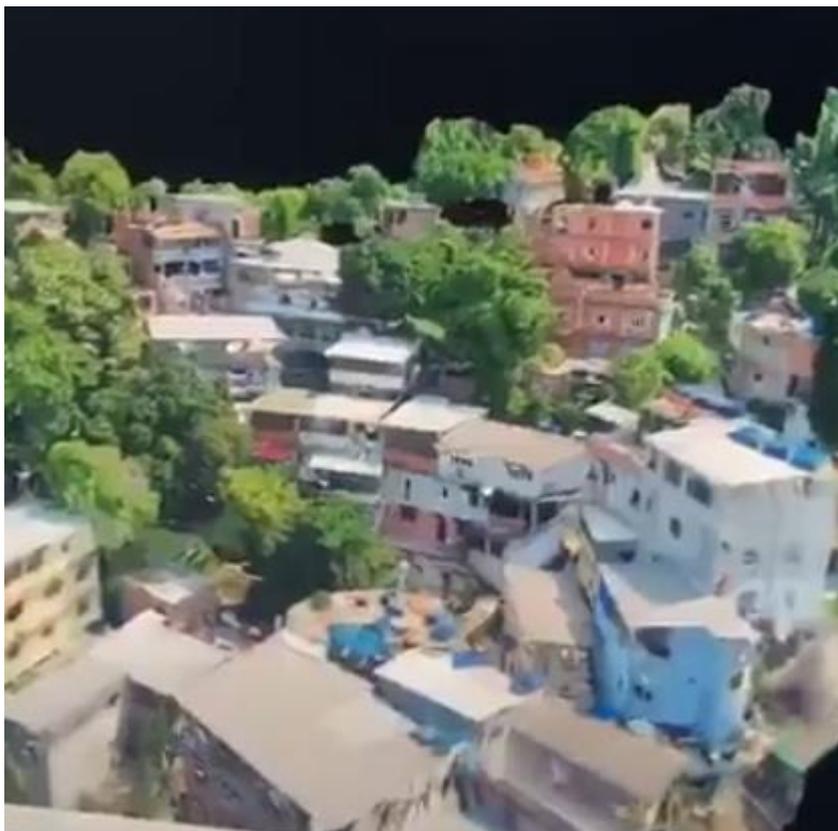


Figura 21 - Modelação em 3D (ex. 1)



Figura 22 - Modelação em 3D (ex. 2)



Figura 23 - Modelação em 3D (ex. 3)

Nesta etapa apenas foi necessário desenhar e configurar as missões em cada zona. Assim, foi automatizado o voo do drone que decolava e fotografava a zona inteira pela missão já desenhada pousando automaticamente. O drone demonstrou ser um equipamento muito eficiente para o mapeamento de locais como as favelas do Rio de Janeiro, por estarem localizadas em montanhas e pelas construções serem extremamente compactas.

Depois de processadas as imagens do drone com o programa *Metashape* para se tornarem plotagens em 3D, foi possível identificar com facilidade as coberturas seleccionadas, o que

permitiu adicionar outras coberturas que não eram possíveis de serem enxergadas, já que o plano em 3D nos permite ter a principal vista para a avaliação da cobertura, visão superior do objeto, a qual não seria possível apenas com a visita ao local. Além de tudo, não é necessária a presença física para a avaliação da cobertura, i.e. por exemplo, para tirar medidas.

A partir da plotagem em 3D, o recurso ao software PV*sol permitiu plotar os painéis nessas coberturas, automatizando todo o processo de análise de sombreamento dos objetos ao redor, podendo ser estes: árvores, postes de luz, cabeamentos, construções, caixas de água, antenas, entre outros objetos estranhos.

5.4. Projeção Fotovoltaica e Análise Financeira

É neste capítulo que se encontra o resultado da resolução da metodologia aplicada no presente trabalho. Para isto, parte-se de relatórios obtido através do software PV*sol e *Google Earth*, além daqueles resultados obtidos presencialmente, o qual pode-se analisar conteúdos de relevância operacional, como o rendimento e a produção fotovoltaica, além da análise financeira, que obtém informações como investimento e *payback* do projeto.

O Anexo II apresenta o perfil de produção anual de cada central que foram separadas pelas zonas estipuladas anteriormente de acordo com a previsão de rendimento e mês em questão. Com o intuito de demonstrar os resultados mais relevantes para o atual trabalho, foi criada a tabela que virá a seguir com informações relevantes referentes aos resultados e relatórios gerados a partir do *PV*sol*, *Google Earth* e entre outras fontes. Esta primeira parte da tabela 19 é onde se identificam os resultados da parte relacionada com a componente operacional do projeto:

Tabela 19 - Resultados Operacionais

	Potência (kWp)	Módulos (und.)	Coberturas Ocupadas (unid.)	Tamanho (m ²)	Desempenho do Sistema (PR)	Tipologia da Cobertura	Elevação (m)	Energia Fotovoltaica (kWh/ano)	Rendimento Anual Específico (kWh/kWp)	Emissão de CO ₂ Evitadas (kg/ano)	Número de Residências Cooperada
Zona C	41,71	97	1	209,00	86,20%	1x Chapa de Alumínio	75,0	58.708	1.404,75	27.538	36
Zona E	28,80	67	3	329,77	78,60%	3x Chapa de Alumínio	104,0	36.950	1.279,19	17.321	23
Zona F	11,18	26	1	93,20	85,50%	1x Chapa de Alumínio	119,0	15.923	1.420,81	7.466	10
Zona H	26,23	61	3	350,00	74,30%	2x Chapa de Alumínio 1x Laje de Betão	80,0	32.784	1.247,66	15.381	20
Zona J	29,24	68	1	142,00	79,50%	1x Chapa de Alumínio	92,0	38.690	1.322,77	18.179	24
Zona I	18,49	43	1	136,00	70,70%	1x Chapa de Alumínio Inclinada	112,0	21.227	1.145,93	9.958	13
Zona K1	12,04	28	1	113,00	74,50%	1x Telhado de Cerâmica	88,0	14.664	1.213,04	6.864	9
Zona K1+1	14,62	34	1	88,60	84,50%	1x Laje de Betão	109,0	20.820	1.421,41	9.767	13
Σ	182,31	424	12	1461,57		8x Chapa de Alumínio 2x Laje de Betão 1x Chapa de alumínio Inclinada 1x Telhado de Cerâmica		239.766	10.455,56	112.474	148
Média					79,23%		97,4				

Ao observar a tabela, nota-se que a Zona C é a zona que apresenta os melhores resultados operacionais, com maior capacidade instalada (41,71 kWp) para atender a maiores quantidades de famílias (36 residências) a utilizar apenas uma cobertura, o que facilita o processo legal e de instalação. Além do melhor desempenho de sistema (PR) que se encontra numa altitude baixa do morro da Babilônia, há dois fatores muito relevantes. A Zona C se destaca entre as outras, pois a diferença de capacidade instalada entre essa e a segunda maior (Zona J) é de aproximadamente 12,50 kWp.

Ao olhar para o projeto como um todo e, caso a Revolusolar opte por realizar a instalação de cooperativas fotovoltaicas em todas as zonas, conseguirá atender 148 habitações (aproximadamente 20% da favela), atingindo a capacidade de 182,31 kWp de potência utilizando 12 coberturas diferentes a receber os painéis solares e gerando aproximadamente 240 GWh/ano. Após análise operacional, foi realizada uma análise financeira. Os resultados obtidos estão demonstrados na tabela 20 abaixo.

Tabela 20 - Resultados Financeiros

	Custo de Investimento Bruto		Custo Estrutural	Custo Total de Investimento	Taxa Interna de Retorno	Remuneração Total (por ano)	Fluxo de Caixa Acumulado (20 anos)	Prazo de Amortização (anos)
Zona C	R\$	162.251,90	R\$ 16.225,19	R\$ 178.477,09	29,33%	R\$ 138.580,63	R\$ 750.124,83	3,5
Zona E	R\$	112.070,90	R\$ 11.207,09	R\$ 123.277,99	26,69%	R\$ 30.530,93	R\$ 462.230,44	3,8
Zona F	R\$	43.490,20	R\$ 4.349,02	R\$ 47.839,22	29,69%	R\$ 13.156,98	R\$ 203.990,73	3,4
Zona H	R\$	102.034,70	R\$ 10.203,47	R\$ 112.238,17	25,97%	R\$ 27.088,69	R\$ 407.437,28	3,9
Zona J	R\$	113.743,60	R\$ 11.374,36	R\$ 125.117,96	27,56%	R\$ 31.968,37	R\$ 487.636,83	3,7
Zona I	R\$	71.926,10	R\$ 7.192,61	R\$ 79.118,71	23,80%	R\$ 17.539,15	R\$ 258.019,55	4,3
Zona K1	R\$	46.835,60	R\$ 4.683,56	R\$ 51.519,16	25,27%	R\$ 12.099,66	R\$ 180.767,36	4,0
Zona K1+1	R\$	56.871,80	R\$ 5.687,18	R\$ 62.558,98	29,69%	R\$ 17.202,77	R\$ 266.701,15	3,4
Σ	R\$	709.224,80	R\$ 70.922,48	R\$ 780.147,28	27,25%	R\$ 288.167,18	R\$ 3.016.908,17	3,9

Ao analisarmos os valores referente aos parâmetros financeiros, a Zona C já não se destaca tanto assim comparada a outras zonas, mas continua a demonstrar bons indicadores. O primeiro parâmetro a observar é a "Taxa Interna de Retorno"(TIR) e o "Prazo de Amortização", tanto a Zona F como a Zona K1+1, se destacam entre as outras. Nesse caso não estamos a comparar a TIR com alguma taxa de atratividade, mas esses valores são superiores à maioria, se não for a todas, aplicações financeiras, ou seja, é um investimento rentável. Observa-se que

a TIR varia entre 23,80% e 29,69%, a apresentar valores muito bons com intuito de investimento. Já ao observar a remuneração do projeto, a Zona C está em primeiro lugar novamente, com R\$ 138.580,63, mas em contrapartida, exige um maior valor de investimento (R\$ 178.477,09).

Ao analisar o projeto geral, para a construção de todas as instalações em todas as zonas, é necessário investir cerca de R\$ 800.000,00, sendo o *payback* menor do que 4 anos. A considerar o projeto com 20 anos de durabilidade, o fluxo de caixa acumulado chega a três milhões de reais. A seguir, poderemos consultar a matriz de prioridade criada em especial para este projeto, tabela 21. Primeiro, iremos explorar a parte operacional na tabela seguinte.

Tabela 21 - Matriz de Prioridade Operacional

	Potência (kWp)	Coberturas Ocupadas (unid.)	Tamanho (m ²)	Desempenho do Sistema (PR)	Tipologia da Cobertura	Elevação (m)	Energia Fotovoltaica (kWh/ano)	Rendimento Anual Específico	Emissão de CO ₂ Evitadas (kg/ano)	Número de Residências Cooperada
Zona C	41,71	1	209,00	86,20%	1x Chapa de Alumínio	75,0	58.708	1.404,75	27.538	36
Zona E	28,80	3	329,77	78,60%	3x Chapa de Alumínio	104,0	36.950	1.279,19	17.321	23
Zona F	11,18	1	93,20	85,50%	1x Chapa de Alumínio	119,0	15.923	1.420,81	7.466	10
Zona H	26,23	3	350,00	74,30%	2x Chapa de Alumínio 1x Laje de Betão	80,0	32.784	1.247,66	15.381	20
Zona J	29,24	1	142,00	79,50%	1x Chapa de Alumínio	92,0	38.690	1.323	18.179	24
Zona I	18,49	1	136,00	70,70%	1x Chapa de Alumínio Inclinada	112,0	21.227	1.146	9.958	13
Zona K1	12,04	1	113,00	74,50%	1x Telhado de Cerâmica	88,0	14.664	1.213,04	6.864	9
Zona K1+1	14,62	1	88,60	84,50%	1x Laje de Betão	109,0	20.820	1.421,41	9.767	13

Essa tabela permite de forma rápida e de fácil identificação, assinaladas pelas suas cores as pontuações uma melhor compreensão do exposto. Na parte operacional é fácil afirmar que a Zona C ganha mais destaque, seguida pela Zona J e E. Observa-se que na Zona H, no índice da "Tipologia da Cobertura" existem tanto o verde quanto o amarelo, por haver duas tipologias diferentes, logo, foi tirada a média da soma dos pontos (90 pontos). Por último, fica a Zona K1.

A próxima tabela 22, é a continuação da anterior, a qual é apresentada a classificação dos indicadores financeiros. Diferente da tabela 21, aqui já não é tão nítida a diferença de classificação entre as Zonas, na K1+1 e F que se destacam entre as outras; apenas a verificar os parâmetros financeiros a Zona K1, esta seria a última a ser construída.

Tabela 22 - Matriz de Prioridade Financeira

	Custo Total de Investimento	Taxa Interna de Retorno	Fluxo de Caixa Acumulado (20 anos)	Prazo de Amortização (anos)
Zona C	R\$ 178.477,09	29,33%	R\$ 750.124,83	3,5
Zona E	R\$ 123.277,99	26,69%	R\$ 462.230,44	3,8
Zona F	R\$ 47.839,22	29,69%	R\$ 203.990,73	3,4
Zona H	R\$ 112.238,17	25,97%	R\$ 407.437,28	3,9
Zona J	R\$ 125.117,96	27,56%	R\$ 487.636,83	3,7
Zona I	R\$ 79.118,71	23,80%	R\$ 258.019,55	4,3
Zona K1	R\$ 51.519,16	25,27%	R\$ 180.767,36	4,0
Zona K1+1	R\$ 62.558,98	29,69%	R\$ 266.701,15	3,4

Finalizada as classificações das duas tabelas e somando as pontuações, iremos obter:

Tabela 23 - Resultado da Matriz de Prioridade

	PONTUAÇÃO	PRIORIDADE (º)
Zona C	1.350	1
Zona E	1.230	4
Zona F	1.140	6
Zona H	1.240	3
Zona J	1.320	2
Zona I	1.040	7
Zona K1	920	8
Zona K1+1	1.210	5

Finalizada a contagem da pontuação, levando-se em conta pesos iguais entre os parâmetros e a ordem de prioridade para a ampliação da cooperativa fotovoltaica, ficaria a seguinte ordem:

- 1º - Zona C
- 2º - Zona J
- 3º - Zona H
- 4º - Zona E
- 5º - Zona K1+1
- 6º - Zona F
- 7º - Zona I
- 8º - Zona K1

Porém, esta forma de avaliação poderia ser mais elaborada quando considerada a diferença de pesos entre os parâmetros escolhidos. O peso dependerá muito da situação do investidor e o que ele(a) avalia ser o mais importante para a decisão do projeto. Como não sabemos qual será a prioridade da Revolusolar em relação aos parâmetros operacionais e financeiros escolhidos, foi realizada apenas uma matriz de prioridade simples, mas no entanto, poderão ser escolhidos pesos aos parâmetros para uma melhor análise prioritária. Caso a Revolusolar priorize o máximo de cooperados que a central pode oferecer, logo, eles optaram por um peso maior que 1 para a pontuação, por exemplo peso 3, assim a pontuação do parâmetro "Número de Residências Cooperada" será multiplicado por 3, alterando-se o resultado da prioridade.

6. CONCLUSÃO

O Brasil, é um país que conseguiu obter indicadores surpreendentes de quase 100% de acesso a eletricidade. Porém a Pobreza Energética não deixa de ser alarmante para o país, que comporta um grupo invisível e energeticamente vulnerável de famílias. Por outro lado, a pobreza é um problema que os brasileiros sempre tiveram que lidar como o aumento da desigualdade social exacerbada com a chegada da pandemia da Covid-19. Sendo a eletricidade considerada de custo alto para o orçamento brasileiro, fica evidente o crescimento das ligações clandestinas. Com a pandemia, a eletricidade acabou sendo um dos centros de discussão entre políticas e iniciativas.

Ao refletir sobre o desenvolvimento sustentável, a descarbonização da economia e a inclusão social, foi apresentada, através desta dissertação, como caso de estudo na Favela da Babilônia no Rio de Janeiro a análise de indicadores de pobreza energética e o desenvolvimento de uma metodologia simples e de baixo custo para avaliar e mapear potenciais coberturas para implementação de painéis fotovoltaicos em ambientes denominados como "favelas", com a colaboração de uma ONG local - Revolusolar, criando sinergias e aumentando o impacto deste trabalho.

Primeiramente, foi identificada, através de indicadores pré-definidos de pobreza energética, a vulnerabilidade da população da favela e a necessidade de investimento e política pública que abranja este grupo invisível ao abrigo do Estado.

Foi possível identificar oito zonas na Favela da Babilônia que foram consideradas as melhores possibilidades para a expansão da central cooperativa fotovoltaica. Dentre estas zonas foram identificadas doze coberturas ideais para serem instalados os painéis fotovoltaicos. Essas coberturas disponibilizariam cerca de 1.460 m² para a implementação das placas.

Após analisadas essas coberturas, partiu-se para a aereo fotogrametria com um drone. Simulando os painéis na plotagem em 3D das Zonas, o *PV*sol* gerou resultados e relatórios de acordo com os parâmetros escolhidos. Pode-se então criar uma tabela com os resultados mais relevantes de cada Zona determinada. Para realizar a instalação de todas as centrais fotovoltaicas sugeridas, é necessário um valor de aproximadamente R\$ 800.000,00, o que equivale € 128.000,00 no câmbio atual do euro (R\$ 6,25 para € 1,00) para uma potência instalada de aproximadamente 180 kWp, podendo somar à cooperativa cerca de mais 150 famílias.

Já existem alguns estudos em favelas, mas o conceito de Pobreza Energética nessas localidades ainda não foi de fato aplicado. Para estudar e pesquisar esse tema nas favelas, é necessária uma experiência empírica para o entendimento cultural do local, pois é de grande relevância para a compreensão da pobreza energética ali existente, como por exemplo, o caso das ligações clandestinas. Essas atrapalham os estudos nesses ambientes, além dos dados que existem podem ser de caráter duvidosos, pois existem empecilhos por serem locais de difícil acesso e podem ser perigosos. Por esses dois últimos motivos, foi necessário o acompanhamento de um dos integrantes da Associação dos Moradores nos acompanhar enquanto realizávamos as missões com o drone.

O nível de confiabilidade dos dados, foi considerado razoável, porém, praticáveis, já que não temos certeza sobre os cálculos do PV^{*sol} referente aos modelos 3D e ao sombreamento natural da montanha do Morro da Babilônia.

Esse trabalho servirá para a ONG Revolusolar com o intuito de auxiliá-los na escolha de uma próxima instalação fotovoltaica, além de sugerir uma metodologia fácil e de baixo custo de mapeamento e de potencial de coberturas para a cooperativa.

Podem-se considerar melhorias significativas para os presentes resultados e métodos como a consideração do sombreamento do Morro da Babilônia, sendo necessário haver um estudo minucioso e a utilização de softwares GIS. Outra tentativa de melhoria, seria o aumento da resolução do 3D para o PV^{*sol} . Adicionalmente, poderia ser realizado um mapa em 3D de toda a favela, o que auxiliaria muito aos representantes da Revolusolar na escolha e análise das coberturas e um mapa de potencial fotovoltaico das coberturas (como o Mapa Solar do Rio de Janeiro) ou das Zonas, revelando quais delas recebem mais irradiação.

No entanto, é necessário investimento nesses projetos. Para quem acompanhou a COP26 (2021) notou a importância que foi dada a esses tipos de investimentos e, principalmente, a dívida histórica de emissão de carbono. As Nações participantes têm que estar atentas a projetos, como o da ONG Revolusolar, para destinar esses investimentos a projetos que realmente farão diferença para a descarbonização da economia, além da iniciativa de repatriar esta dívida histórica com países, como no caso do Brasil.

Esse trabalho conseguiu alcançar os objetivos estipulados, além de alcançar resultados de confiabilidade e auxiliar a ONG Revolusolar para os seus desenvolvimentos. A participação de entidade públicas, iniciativas privadas, envolvimento social, investigadores e ONGs serão muito importantes trabalhando em conjunto para alcançar os objetivos de desenvolvimento sustentável e climáticos.

BIBLIOGRAFIA

- Alves Torquato, S. (2010). “Devo não nego - Pago quando puder” - V ENEC -Encontro Nacional de Estudos do Consumo. Disponível em: <https://silو.tips/download/devo-nao-nego-pago-quando-puder-um-estudo-etnografico-sobre-consumo-sacrificio-p>
- Araújo Almeida, M., Cohen, C., Costa Achão, C., Monteiro Cima, F., Schaeffer, R. (2003). Energía e pobreza: los problemas del desarrollo energético y los grupos sociales marginados en la zonas rurales y urbanas del Brasil. - CEPAL, División de Recursos Naturales e Infraestructura. Disponível em: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6430/1/S0310729_es.pdf
- Arcidiacono, A., Causone, F., Grosso, M., Masera, G., Tadi, M., & Zadeh, H. M. (2017). Environmental Performance and Social Inclusion: A Project for the Rocinha Favela in Rio de Janeiro. *Energy Procedia*, 134, 356–365. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.546>
- Barroso, V., Huback, S., Merenfeld, L., Hidd, G., & de Castro, N. (2017). As perdas não técnicas na área de concessão da Light. - UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro). Disponível em: http://www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/31_Huback.pdf
- Caiuby, G., & Nadaud, A. (2012). Acesso à energia elétrica de populações urbanas de baixa renda: o caso das favelas do rio de janeiro. - UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro) Disponível em: <http://antigo.ppe.ufrj.br/ppes/production/tesis/nadaud.pdf>
- Castro, N., Miranda, M., & Guerra, M. (2019). Perdas não técnicas: origens e possíveis soluções - o Caso Light. - UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro) Disponível em: http://www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/38_castro211.pdf
- Cavallieri, F., & Vial, A. (2012). Favelas na cidade do Rio de Janeiro: o quadro populacional com base no Censo 2010. - Secretaria Extraordinária de Desenvolvimento
- Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos. Disponível em: https://portal-geo.rio.rj.gov.br/estudoscariocas/download/3190_FavelasnacidadedoRiodeJaneiro_Censo_2010.PDF
- Chico, J., & Paiva, P. (2019). Pobreza Energética: um Indicador Baseado na Capacidade de Pagamento por Serviços de Energia Elétrica no Brasil. - Universidade Estadual de Londrina. Disponível em: <http://lattes.cnpq.br/1773894280068036>

- Dias, C. L. de A., Castelo Branco, D. A., Arouca, M. C., & Loureiro Legey, L. F. (2017). Performance estimation of photovoltaic technologies in Brazil. In *Renewable Energy* (Vol. 114, Issue PB, pp. 367–375). Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.07.033>
- Domingos, J. G. (2017). Comunidade de Energia como gestora de uma Virtual Power Plant: agregação de produção dispersa e de flexibilidade de consumo. - Universidade de Coimbra. Disponível em: <https://estudogeral.uc.pt/handle/10316/83384>
- Eliana, Y., & Poveda, M. (2019). Evidence of hidden dimensions that determine the use of energy for cooking in rio de janeiro, Brazil. - Universidade Federal Fluminense (UFF)
Disponível em: [file:_AEE_PaperAbstractTemplate%20\(1\).pdf](file:_AEE_PaperAbstractTemplate%20(1).pdf)
- Emanuel, R., & Batista, V. (2021). Implementação de uma Comunidade de Energia Renovável. - Instituto Universitário de Lisboa (ISCTE)
Disponível em: https://repositorio.iscte-iul.pt/bitstream/10071/22931/1/master_rui_veloso_batista.pdf
- Garlet, T. B., Ribeiro, J. L. D., de Souza Savian, F., & Mairesse Siluk, J. C. (2019). Paths and barriers to the diffusion of distributed generation of photovoltaic energy in southern Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 111, 157–169. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.05.013>
- Giannini Pereira, M., Vasconcelos Freitas, M. A., & da Silva, N. F. (2011). The challenge of energy poverty: Brazilian case study. *Energy Policy*, 39(1), 167–175. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.09.025>
- Goldember, J., Lèbre La Rovere, E., Coelho, S., Simões, A. F., Peres, S., Guardabassi, P., Grisoli, R., & Moreno, M. (2014). Energy poverty in developing countries' urban poor communities: assessments and recommendations Country Report 2014 Case Study Brazil - Global Network on Energy for Sustainable Development (GNESD)
Disponível em: <http://www.gnesd.org/>
- Gomes, C. A. (2018). POBREZA ENERGÉTICA: uma nova espécie de pobreza? energy poverty: a new kind of poverty? - Revista ESMAT
Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/332360326_POBREZA_ENERGETICA_UMA_NOVA_ESPECIE_DE_POBREZA
- Gonçalves Almeida, R. de. (2019). A resignificação do mito de origem da favela pela arte de maurício hora (Vol. 46). - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
Disponível em: <http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/espacoecultura/>
- Gonick, S. (2015). Interrogating Madrid's "Slum of Shame": Urban Expansion, Race, and Place-Based Activisms in the Cañada Real Galiana. *Antipode*, 47(5), 1224–1242. - University of California. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/anti.12156>
- Gouveia, J. P., Palma, P., & Simoes, S. G. (2019). Energy poverty vulnerability index: A multidimensional tool to identify hotspots for local action. *Energy Reports*, 5, 187–201. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2018.12.004>
- Gouveia, J. P., & Seixas, J. (2016). Unraveling electricity consumption profiles in households through clusters: Combining smart meters and door-to-door surveys. *Energy and Buildings*, 116, 666–676. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.01.043>

- Half, A., K. Sovacool, B., & Rozhon, J. (2014). Energy Poverty: Global Challenges and Local Solutions. - Published to Oxford Scholarship - Online: January 2015
- Hanfang Li, Lin, H., Tan, Q., Wu, P., Wang, C., Gejirifu De, & Huang, L. (2020). Research on the policy route of China's distributed photovoltaic power generation. *Energy Reports*, 6, 254–263. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2019.12.027>
- Horta, A., Gouveia, J. P., Schmidt, L., Sousa, J. C., Palma, P., & Simões, S. (2019). Energy poverty in Portugal: Combining vulnerability mapping with household interviews. *Energy and Buildings*. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109423>
- Joshi, G., & Yenneti, K. (2020). Community solar energy initiatives in India: A pathway for addressing energy poverty and sustainability? *Energy and Buildings (Vol. 210)*. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109736>
- Karpinska, L., & Śmiech, S. (2020). Invisible energy poverty? Analysing housing costs in Central and Eastern Europe. *Energy Research and Social Science*, 70. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101670>
- Kyprianou, I., Serghides, D. K., Varo, A., Gouveia, J. P., Kopeva, D., & Murauskaite, L. (2019). Energy poverty policies and measures in 5 EU countries: A comparative study. *Energy and Buildings*, 196, 46–60. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.05.003>
- Marcoje, B. M., Hallack, M. C. C., Machado, D. C., & Mejadalani, A. (2019). energy poverty in brazil: a case study from expenditure and self-reported perspective. - Universidade Federal Fluminense (UFF). Disponível em: <https://www.energypoverty.eu/indicators-data>
- Martins, H. (2010). As favelas no Rio de Janeiro: Origem e situação atual. - PUC - Rio Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br>
- Meyer, A., Terrado, E., Kozloff, K., Gouvello, C., & Soliano Pereira, O. (2000). Brazil Rural Electrification with Renewable Energy Systems in the Northeast: A Preinvestment Study. - Energy Sector Management Assistance Programme (ESMAP) Disponível em: <http://hdl.handle.net/10986/20318>
- Middlemiss, L., Gillard, R., Pellicer, V., & Straver, K. (2018). Plugging the gap between energy policy and the lived experience of energy poverty: Five principles for a multidisciplinary approach. In *Advancing Energy Policy: Lessons on the Integration of Social Sciences and Humanities (pp. 15–29)*. - Springer International Publishing Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-319-99097-2_2
- Newborne, P., & Welham, B. (2014). Joining the grid Sustainable energy in Brazil. - Development Progress. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/268508879_Joining_the_grid_sustainable_energy_in_Brazil
- Oliveira, A., & Pereira de Melo, H. (2005). Pobreza Energética - Complexo do Caju. Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ). Disponível em: <http://antigo.ppe.ufrj.br/ppes/production/tesis/nadaud.pdf>
- Pereira, M. G., da Silva, N. F., & Freitas, M. A. V. (2018). Energy poverty and climate change: Elements to Debate. - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) Disponível em: <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780190633851.013.19>
- Pereira, M. G., Freitas, M. A. V., & da Silva, N. F. (2010). Rural electrification and energy poverty: Empirical evidences from Brazil. In *Renewable and Sustainable Energy*

- Reviews* (Vol. 14, Issue 4, pp. 1229–1240). Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.12.013>
- Pilo, F. (2016). Consumo de energia elétrica nas favelas e a transformação de “consumidores em clientes” - Universidade de Amsterdão. Disponível em: <https://doi.org/10.22409/GEOgraphia2016.v18i38.a13771>
 - Rathore, P. K. S., Chauhan, D. S., & Singh, R. P. (2019). Decentralized solar rooftop photovoltaic in India: On the path of sustainable energy security. *Renewable Energy*, 131, 297–307. - Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.07.049>
 - Rosas Luna, M. A., Fontes Cunha, F. B., de Miranda Mousinho, M. C. A., & Torres, E. A. (2019). Solar Photovoltaic Distributed Generation in Brazil: The Case of Resolution 482/2012. *Energy Procedia*, 159, 484–490. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.12.036>
 - Sareen, S., Thomson, H., Tirado Herrero, S., Gouveia, J. P., Lippert, I., & Lis, A. (2020). European energy poverty metrics: Scales, prospects and limits. *Global Transitions*, 2, 26–36. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.glt.2020.01.003>
 - Silveira, J. (2015). 5 Lições da Favela A fotografia como elemento de compartilhamento na vanguarda do consumo colaborativo. - UFF- RJ, UFF- RJ, ENCE-IBGE, UFRJ. Disponível em: <https://www.escavador.com/sobre/3610812/hilaine-de-melo-yacoub>
 - Smith, T. B. (2004). Electricity theft: A comparative analysis. *Energy Policy*, 32(18), 2067–2076.- Department of Social and Behavioral Sciences, Zayed University Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(03\)00182-4](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(03)00182-4)
 - Stephant, M., Abbes, D., Hassam-Ouari, K., Labrunie, A., & Robyns, B. (2021). Distributed optimization of energy profiles to improve photovoltaic self-consumption on a local energy community. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 108. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2020.102242>
 - Suzigan, K. R. (2015). A transição para uma matriz energética limpa: os avanços na tecnologia solar. - Universidade Estadual de Campinas Disponível em: <http://bdtd.ibict.br/vufind/Rcord/CAMP>
 - Tavares, F. R. (2017). “Gatos na favela”: eletrificação de interesse social, cotidiano e desenvolvimento nas favelas cariocas. - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, PUC-Rio. Disponível em: <https://www.escavador.com/sobre/7653683/felipe-rangel-tavares>
 - Urani, A., Gontes, A., & Franco, S. (2008). Efeito do ambiente socioeconômico sobre as perdas não técnicas na distribuição de energia elétrica. - Instituto de Estudos do Trabalho e da Sociedade (IETS). Disponível em: http://www.iets.org.br/IMG/pdf/iets-ambiente_socioeconomico_sobre_as_perdas_nao_tecnicas.pdf
 - Xiao, Y., Wu, H., Wang, G., & Mei, H. (2021). Mapping the worldwide trends on energy poverty research: A bibliometric analysis (1999–2019). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(4), 1–22. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph18041764>
 - Yaccoub, H. (2010a). Cidades: dimensões, escalas e composições “Gato” de energia elétrica também tem pedigree: As diferentes dimensões materiais e simbólicas em um bairro popular do Rio de Janeiro. - 34º Encontro Anual da ANPOCS

Disponível em: <https://www.anpocs.com/index.php/papers-34-encontro/st-8/st03-7/1337>

- Yaccoub, H. (2010). Gato de energia elétrica do público ao privado do jeitinho ao crime. - Universidade Federal Fluminense (UFF) Disponível em: <http://ppgantropologia.sites.uff.br/>
- Yaccoub, H. (2011). Criminalização coerça e o mercado produtivo de gatos de energia elétrica. - IX Reunião de Antropologia do MERCOSUL Disponível em: <http://hilaineyaccoub.com.br/wp-content/uploads/2018/01/9.4-Criminalizacao-coercao-e-o-mercado-produtivo-de-gatos-de-energia-eletrica.pdf>
- Yaccoub, H. (2011). “Economia de favela” Notas de campo sobre as economias de compartilhamento e consumo colaborativo na Barreira do Vasco. - Universidade Federal Fluminense (UFF). Disponível em: <http://hilaineyaccoub.com.br/wp-content/uploads/2018/01/1.2-Economia-de-Favela.pdf>
- Yaccoub, H. (2011). Tem gato na laje consumo cidadania-e acesso a energia elétrica em uma favela carioca. - XV Congresso Brasileiro de Sociologia Disponível em: <http://hilaineyaccoub.com.br/wp-content/uploads/2016/05/9.2-Tem-gato-na-laje-consumo-cidadania-e-acesso-a-energia-el%C3%A9trica-em-uma-favela-carioca.pdf>
- Elboshy, B., Alwetaishi, M., M. H. Aly, R., & Zalhaf, A. S. (2021). A suitability mapping for the PV solar farms in Egypt based on GIS-AHP to optimize multi-criteria feasibility. *Ain Shams Engineering Journal*. - Faculty of Engineering, College of Engineering, Tanta University, University of Electronic Science and Technology of China (UESTC) Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.10.013>
- Gassar, A. A. A., & Cha, S. H. (2021). Review of geographic information systems-based rooftop solar photovoltaic potential estimation approaches at urban scales. *Applied Energy*, 291. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.116817>
- Gouveia, J. P., Seixas, J., Palma, P., Duarte, H., Luz, H., & Cavadini, G. B. (2021). Positive Energy District: A Model for Historic Districts to Address Energy Poverty. *Frontiers in Sustainable Cities*, 3. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/frsc.2021.648473>
- Lan, H., Gou, Z., & Xie, X. (2021). A simplified evaluation method of rooftop solar energy potential based on image semantic segmentation of urban streetscapes. *Solar Energy*, 230, 912–924. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.10.085>
- Ren, H., Xu, C., Ma, Z., & Sun, Y. (2022). A novel 3D-geographic information system and deep learning integrated approach for high-accuracy building rooftop solar energy potential characterization of high-density cities. *Applied Energy*, 306. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117985>
- Schunder, T., Yin, D., Bagchi-Sen, S., & Rajan, K. (2020). A spatial analysis of the development potential of rooftop and community solar energy. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 19. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100355>
- Szabó, S., Enyedi, P., Horváth, M., Kovács, Z., Burai, P., Csoknyai, T., & Szabó, G. (2016). Automated registration of potential locations for solar energy production with Light Detection and Ranging (LiDAR) and small format photogrammetry. *Journal of*

Cleaner Production, 112, 3820–3829. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.07.117>

- Zhong, T., Zhang, Z., Chen, M., Zhang, K., Zhou, Z., Zhu, R., Wang, Y., Lü, G., & Yan, J. (2021). A city-scale estimation of rooftop solar photovoltaic potential based on deep learning. *Applied Energy*, 298. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117132>

PERFIL DE PRODUÇÃO FOTOVOLTAÍCA POR UM ANO DE CADA INSTALAÇÃO POR ZONA

- Zona C:

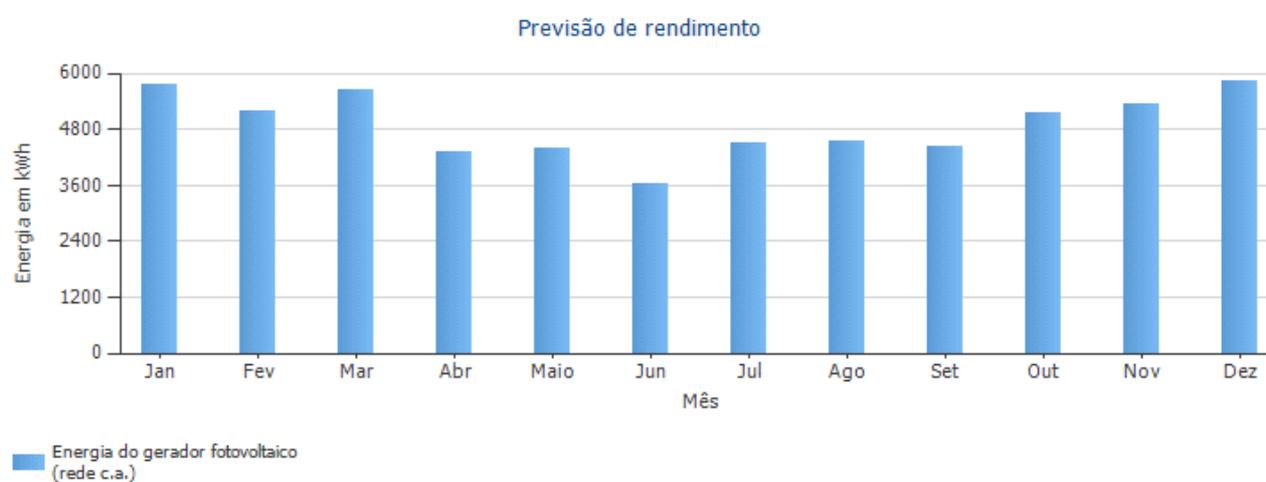


Figura 24 - Perfil de Produção da Zona C em kWh

- Zona E

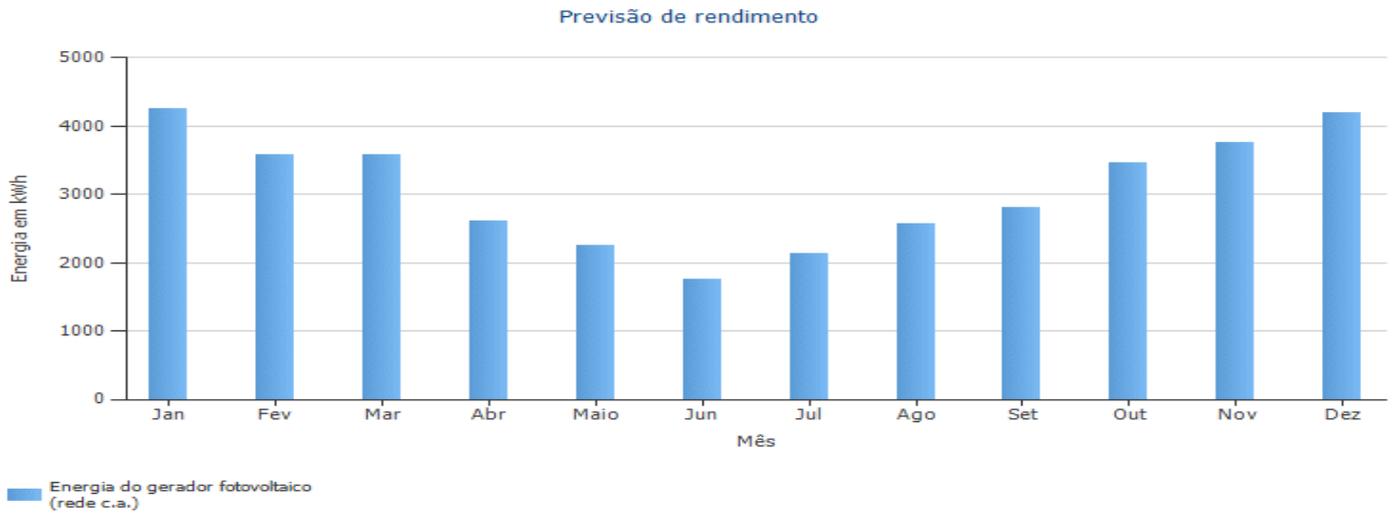


Figura 25 - Perfil de Produção da Zona E em kWh

- Zona F

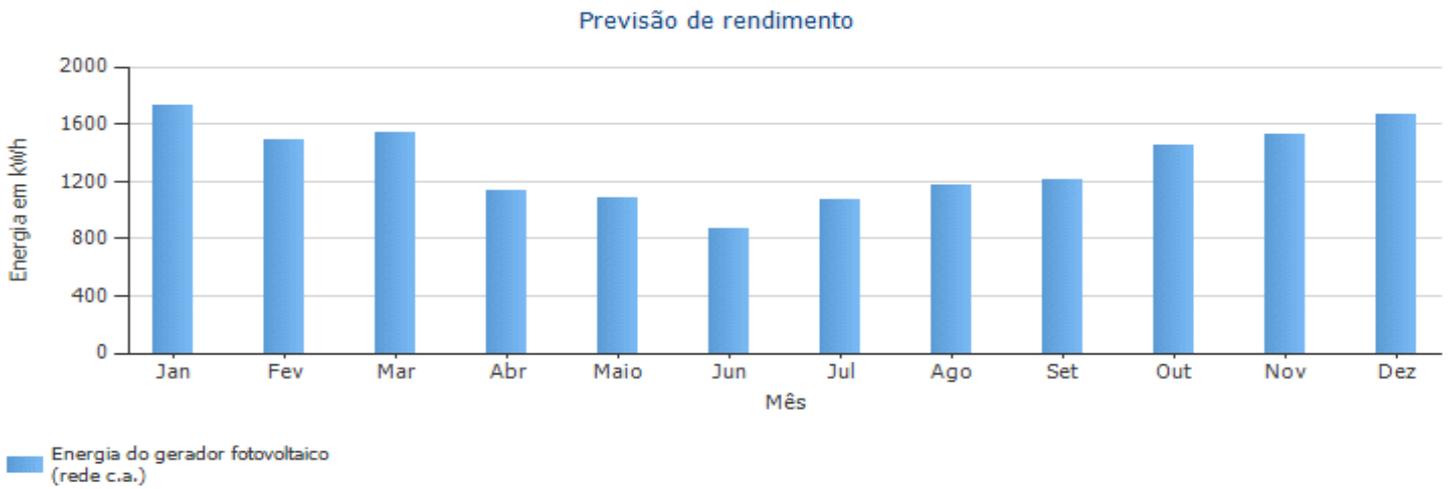


Figura 26 - Perfil de Produção da Zona F em kWh

- Zona I

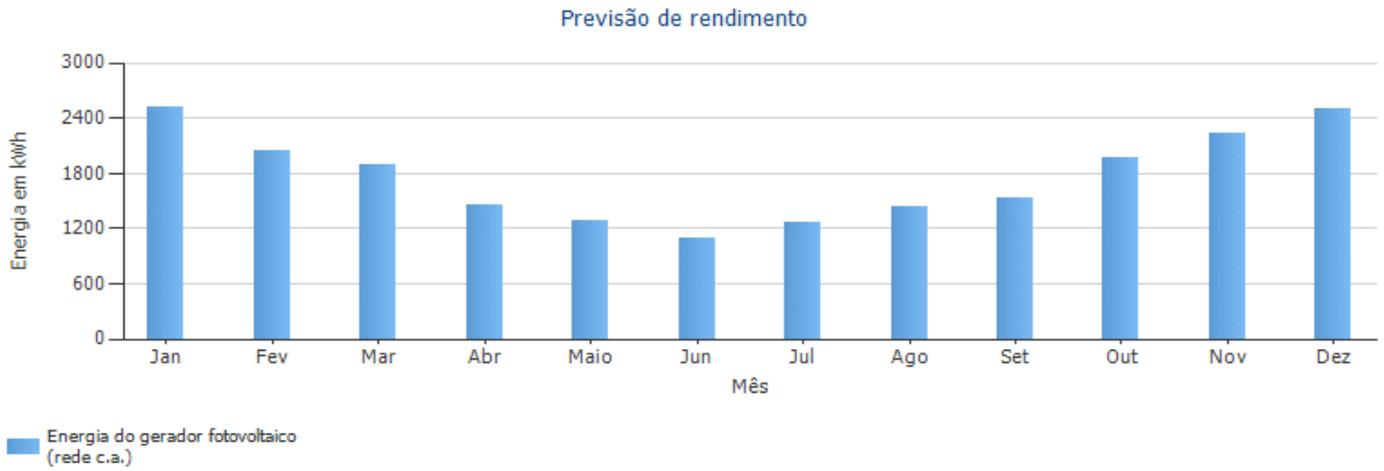


Figura 27 - Perfil de Produção da Zona I em kWh

- Zona J

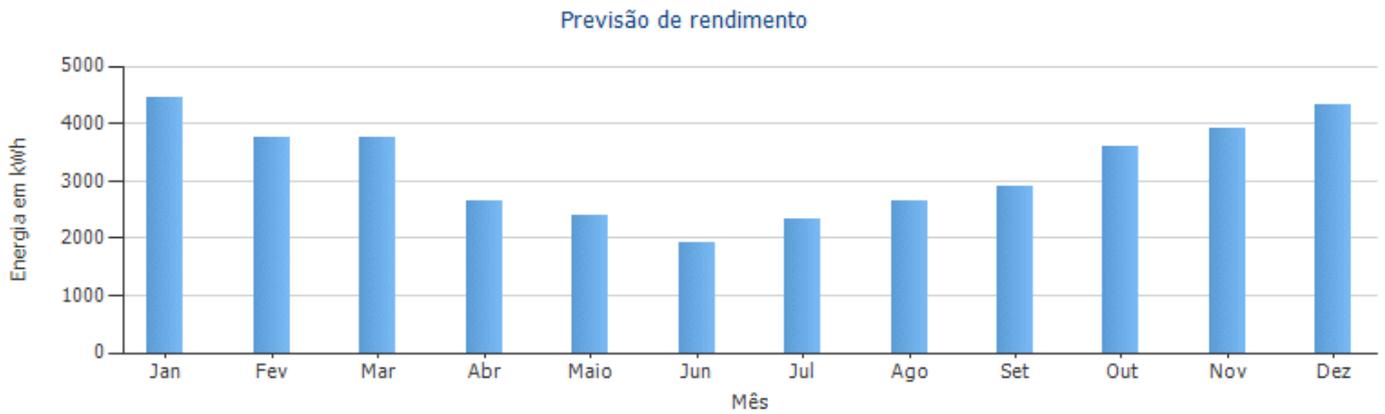


Figura 28 - Perfil de Produção da Zona J em kWh

- Zona H

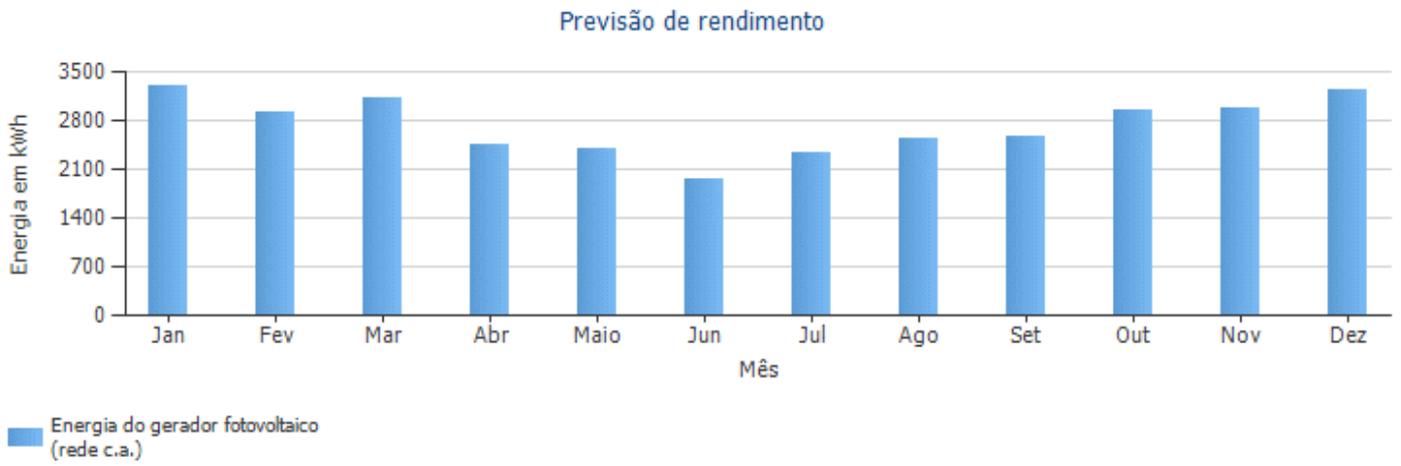


Figura 29 - Perfil de Produção da Zona H em kWh

- Zona K

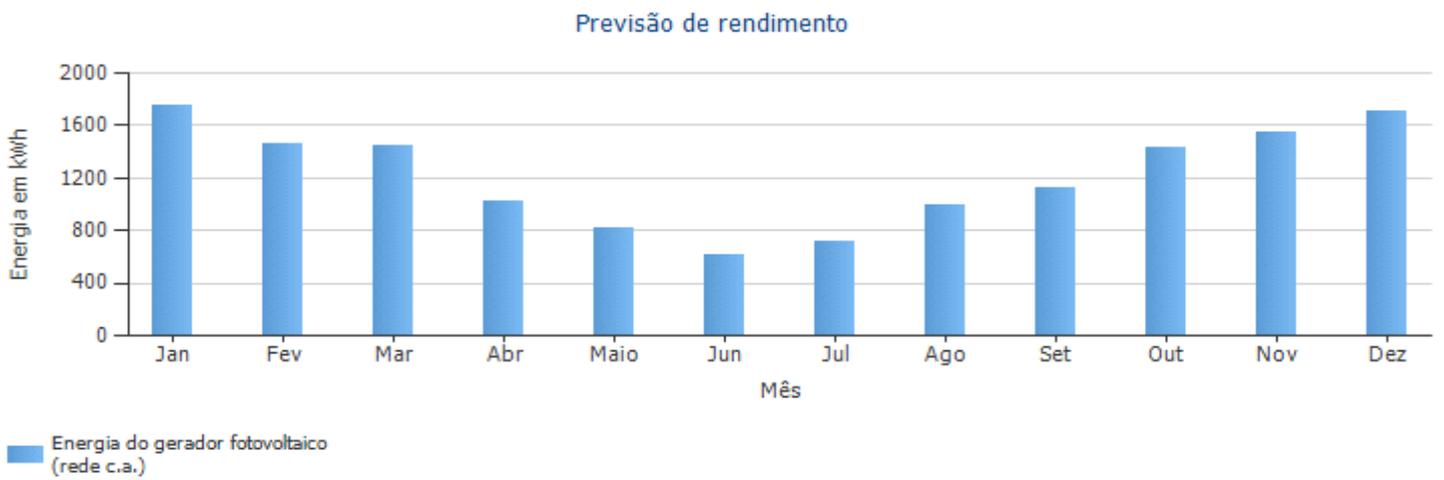


Figura 30 - Perfil de Produção da Zona K em kWh

- Zona K1 + 1

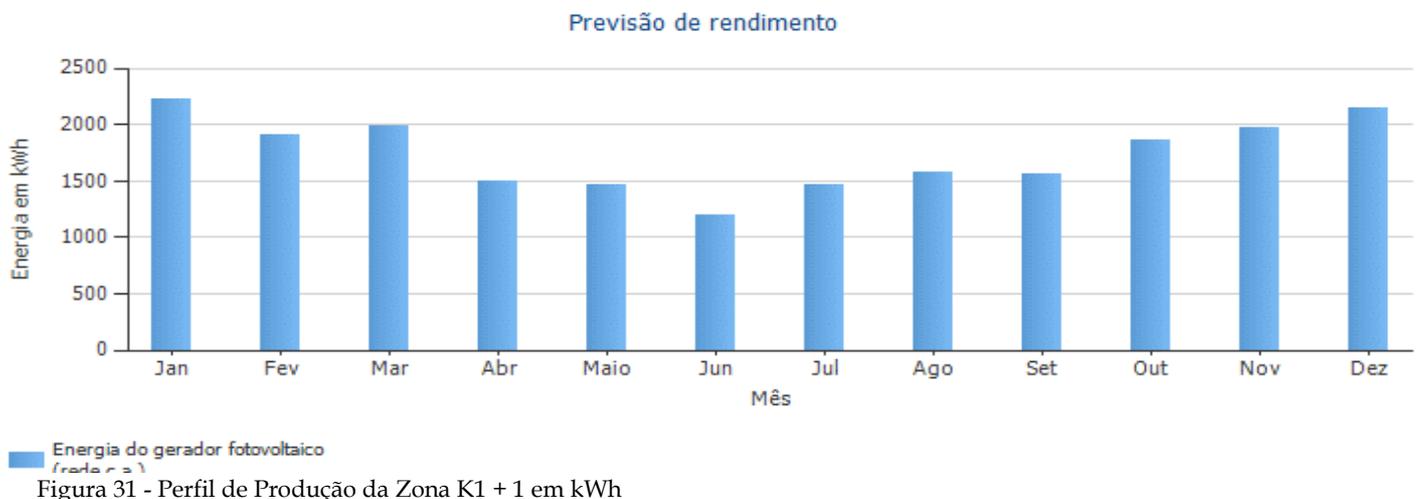


Figura 31 - Perfil de Produção da Zona K1 + 1 em kWh



2021

FLÁVIA
RIBEIR
O DE
CARVA
LHO

MAPEAMENTO DE POTENCIAL FOTOVOLTAICO EM
CONTEXTO DE FAVELA