

## **Análise comparativa orçamentária dos materiais utilizados na fundação de uma residência unifamiliar considerando o acréscimo de carga oriunda de placas solares na cidade de Manaus – AM**

### **Comparative budget analysis of the materials used in the foundation of a single-family residence considering the added load from solar panels in the city of Manaus - AM**

DOI:10.34117/bjdv8n11-227

Recebimento dos originais: 24/10/2022

Aceitação para publicação: 22/11/2022

#### **David da Silva Nunes**

Graduando em Engenharia Civil

Instituição: Universidade Nilton Lins

Endereço: Prof. Nilton Lins, 3259, Flores, Manaus – AM, CEP: 69058-030

E-mail: davinues.dn@gmail.com

#### **Igor Nonato Almeida Pereira**

Mestre em Ciências e Engenharia de Materiais

Instituição: Universidade Nilton Lins

Endereço: Prof. Nilton Lins, 3259, Flores, Manaus – AM, CEP: 69058-030

E-mail: igor.pereira@uniniltonlins.edu.br

#### **RESUMO**

Este artigo busca mostrar a importância da necessidade de um estudo estrutural antes da instalação de placas solares em qualquer tipo de estrutura. Visando o que este fator acarreta estruturalmente por conta do peso considerável das placas, havendo uma possibilidade de reestruturação ou esforço para lidar com o peso adicional. Levando em consideração que o uso de energia renovável por meio das placas fotovoltaicas só tende a aumentar por conta da variação do preço da energia fornecida pelas concessionárias e também a preocupação com relação à resistência estrutural do local onde estão sendo instaladas estas placas, pois geralmente ficam sobre coberturas de prédios construídos há vários anos e muitas vezes todo o serviço é feito sem tomar conhecimento da fundação da estrutura. O projeto estrutural é de suma importância para toda área de engenharia civil, assumindo a NBR 6120 de 2014 como base para tal, além de demonstrar nas análises despendidas através do processo de instalação e do projeto os custos para ter as placas solares atualmente como fonte de energia, observando-se então como objetivo principal a comparação dos custos sem as placas e com as placas.

**Palavras-chave:** análise orçamentária, análise estrutural, energia solar, energia limpa.

#### **ABSTRACT**

This article seeks to show the importance of the need for a structural study before installing solar panels on any type of structure. Aiming at what this factor entails structurally because of the considerable weight of the panels, there is a possibility of restructuring or effort to deal with the additional weight. Taking into consideration that the use of renewable energy through photovoltaic panels only tends to increase because

of the variation in the price of energy provided by the utilities and also the concern about the structural resistance of the place where these plates are being installed, because they are usually on roofs of buildings built several years ago and many times the whole service is done without taking knowledge of the structure's foundation. The structural project is of the utmost importance for the whole area of civil engineering, taking the NBR 6120 of 2014 as the basis for this, besides demonstrating in the analyses spent through the installation process and the project the costs to have the solar panels currently as a source of energy, observing then as the main objective the comparison of costs without the panels and with the panels.

**Keywords:** budget analysis, structural analysis, solar energy, clean energy.

## 1 INTRODUÇÃO

A demanda de instalações de placas solares cresceu consideravelmente nos últimos anos graças às facilidades para adquirir os equipamentos e aos aumentos na tarifa de energia fornecida pelas concessionárias, tanto no Brasil quanto no mundo.

É fato que levar em consideração nos projetos e na execução a carga extra que as placas solares aplicam na estrutura irá gerar um custo maior na fundação da construção, mas, por outro lado, trará uma segurança maior para a estrutura da edificação.

Sendo assim, é importante realizar uma análise prévia em projetos estruturais, principalmente nos dias atuais com a demanda da instalação de sistemas fotovoltaicos em amplo crescimento e conversar com o cliente sobre a possibilidade de considerar uma carga acidental maior na hora de calcular as fundações de sua obra, para evitar problemas futuramente caso ele opte instalar placas solares na cobertura de sua residência, aumentando assim as cargas em toda a sua estrutura.

Sabendo que a maioria das residências onde são instalados os sistemas fotovoltaicos já estão previamente construídas e finalizadas sem levar em consideração em seu projeto o acréscimo das placas, se faz necessário, caso não haja um projeto estrutural, a análise *in loco* da estrutura e avaliação de um profissional da área da construção civil e a elaboração de um projeto estrutural para determinar se existe a necessidade de um reforço estrutural para evitar o aparecimento de patologias após ou até mesmo durante a instalação dos painéis fotovoltaicos, mas principalmente evitar acidentes mais graves como o colapso estrutural (KRIPKA, 2021).

A avaliação estrutural deve ser feita já levando em consideração todas as possibilidades de ações que venham causar efeitos significantes na segurança da estrutura

em análise, tendo em vista os possíveis estados limites últimos (ELU) e os estados limites de serviço (ELS) (NBR 6118, ABNT, 2014)

Desta forma são determinadas ações permanentes àquelas que ocorrem com valores praticamente constantes no decorrer de toda a vida útil da construção. Outras ações que também devem ser consideradas permanentes são aquelas que aumentam com o tempo, levando em consideração um valor limite constante. De forma que as ações variáveis diretas são compostas pelas cargas acidentais previstas para o uso com segurança da edificação, podendo ser a ação do vento ou da água, sempre respeitando as normas descritas na NBR 6118 (ABNT, 2014).

Por último, mas não menos importante, levamos em consideração as cargas excepcionais, são aquelas que seus efeitos não podem ser controlados pelo ser humano, como terremotos, enchentes, temporais de vento. Devem ser considerados valores específicos para cada tipo de evento excepcional definidos na NBR 6118 (ABNT, 2014).

Após ponderar sobre a possibilidade e projetar as fundações, podemos elaborar um orçamento comparando as duas hipóteses e verificando o quanto se diferenciaria os valores e a quantidade de material utilizado para executar um projeto estrutural visando o acréscimo de cargas oriundo do uso de placas solares na cobertura do edifício.

Neste constructo esta pesquisa objetiva analisar o orçamento relacionado a utilização de cargas oriundas de placas solares, em uma residência concluindo os objetivos específicos estabelecidos.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

A análise foi feita em uma residência localizada na rua oito de dezembro, bairro Santa Etelvina, na zona norte de Manaus. A Zona Norte de Manaus está delimitada na Figura 01, retirada diretamente do *Google Maps*.

Figura 01 – Delimitação da Zona Norte



Fonte: Google Maps (2022)

Esta pesquisa tem caráter quantitativo, sendo de natureza descritiva e exploratória, analisando o impacto orçamentário e estrutural que o crescimento de cargas oriundo de placas fotovoltaicas causam na fundação de uma residência.

Além disso, de acordo com o embasamento geral teórico, serão abordados conceitos ligados aos projetos estruturais, as normas técnicas específicas de execução e também dados acerca do detalhamento estrutural.

Ressalta-se que o projeto estrutural de estudo foi previamente autorizado pela proprietária do imóvel, gerando então as normas que estão presentes no Quadro 01 abaixo:

Quadro 01: Critérios do projeto – normas técnicas

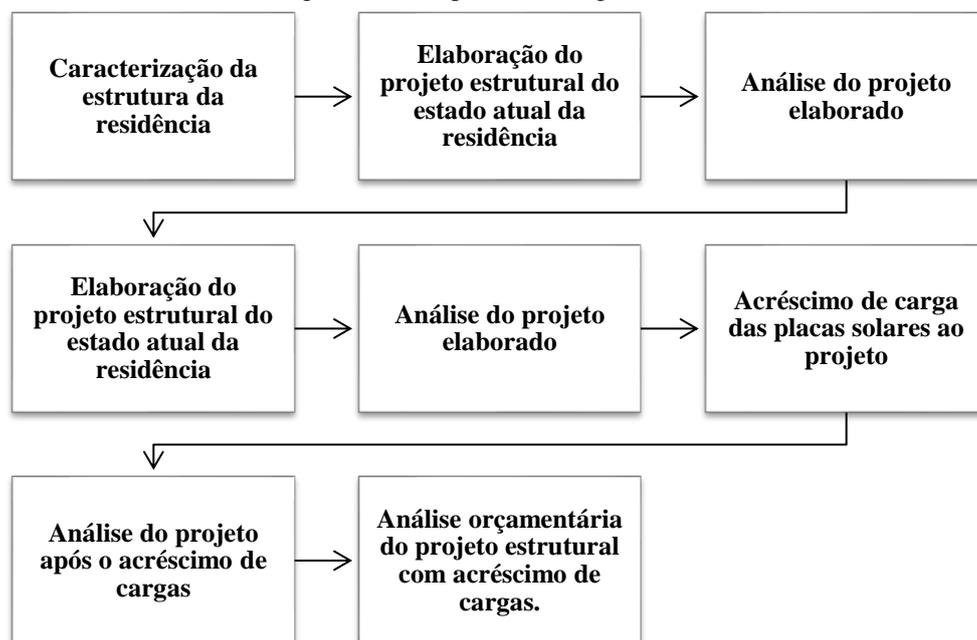
Norma	Abordagem da norma
ABNT NBR 12655:2006	Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento
ABNT NBR 14432 :2001	Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento
ABNT NBR 14931:2004	Execução de estruturas de concreto – Procedimento
ABNT NBR 15200:2012	Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio
ABNT NBR 15812-1:2010	Alvenaria estrutural — Blocos cerâmicos Parte 1: Projeto
ABNT NBR 15812-2:2010	Alvenaria estrutural — Blocos cerâmicos Parte 2: Execução e controle de obras
ABNT NBR 15961-1:2011	Alvenaria estrutural — Blocos de concreto Parte 1: Projeto
ABNT NBR 15961-2:2011	Alvenaria estrutural — Blocos de concreto Parte 2: Execução e controle de obras
ABNT NBR 6118:2014	Projeto de estruturas de concreto – Procedimento
ABNT NBR 6120:2019	Cargas para o cálculo de estruturas de edificações
ABNT NBR 6123:1988	Forças devidas ao vento em edificações

ABNT NBR 7480:2007	Aço destinado à armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação
ABNT NBR 8681:2003	Ações e segurança nas estruturas – Procedimento

Fonte: Autoria própria (2022)

Os procedimentos metodológicos para a estruturação deste projeto foram repassados em oito etapas, sendo que duas etapas consistem na análise dos resultados obtidos através da aplicação da metodologia selecionada. As etapas de pesquisa estão demonstradas no Fluxograma 01.

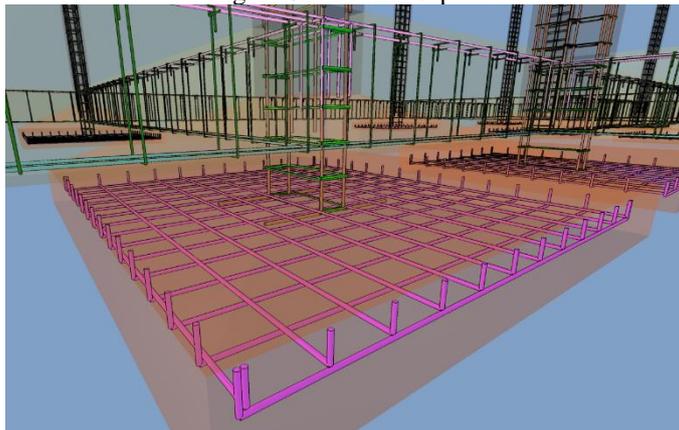
Fluxograma 01: Etapas metodológicas do estudo



Fonte: Autoria própria (2022)

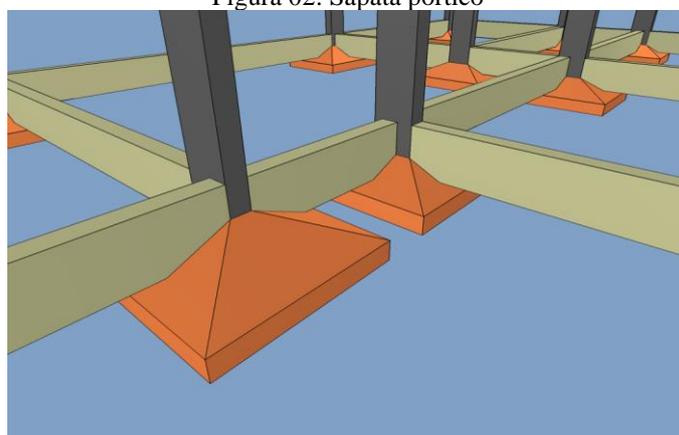
A caracterização do imóvel foi a primeira etapa a ser realizada, pois como ele já estava construído, havia a necessidade de uma análise para compreensão dos prospectos para o projeto. A residência em questão foi construída com métodos convencionais, utilizando concreto armado e estrutura metálica para a sua cobertura, a estrutura da mesma é dividida em dois pavimentos, a cobertura do térreo é feita de concreto convencional, já a cobertura do pavimento um feita em telha galvanizada trapezoidal de 6 milímetros em estrutura metálica. As estruturas de sapatas e detalhes pórticos são encontradas nas Figuras 02, 03, 04.

Figura 02: Detalhe sapata



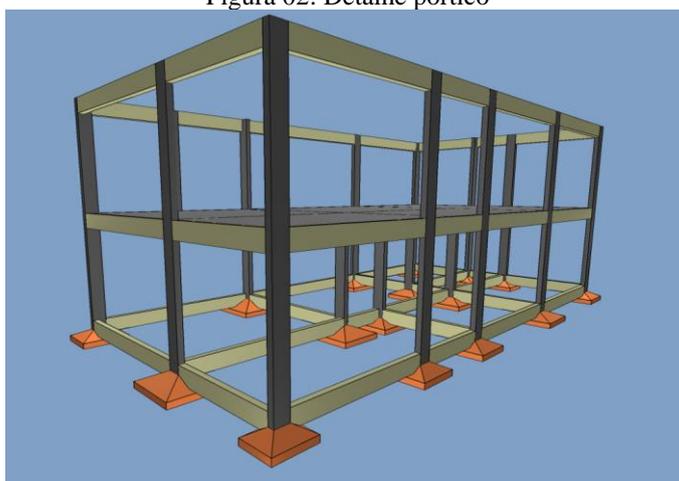
Fonte: Aatoria própria (2022)

Figura 02: Sapata pórtico



Fonte: Aatoria própria (2022)

Figura 02: Detalhe pórtico



Fonte: Aatoria própria (2022)

Por conta da residência já estar totalmente construída e o terreno em volta da estrutura ser todo cimentado, não foi possível fazer a escavação para visualizar a estrutura

da fundação, porém, a proprietária passou-nos o contato do mestre de obras que foi responsável pela construção e ele nos descreveu como foi feita a execução da fundação.

Segundo ele, foram escavadas 10 sapatas de 1mx1mx1m que foram concretadas com concreto convencional, o ferro utilizado nas sapatas foi o de 12 milímetros, todas as sapatas foram travadas por vigas de 30cmx40cm, os pilares do térreo foram distribuídos de 3 em 3 metros, de acordo com a NBR 6118. O ferro das vigas foi o de número 10mm, também sendo o mesmo para os pilares. A laje de cobertura do térreo foi executada com concreto convencional e sua armadura passiva com ferro 10mm. Os pilares do pavimento um foram distribuídos de acordo com a norma e preenchidos com concreto convencional e sua armadura passiva com ferro 10mm. A cobertura do pavimento um foi feita com estrutura metálica e telha galvanizada trapezoidal de 6 milímetros.

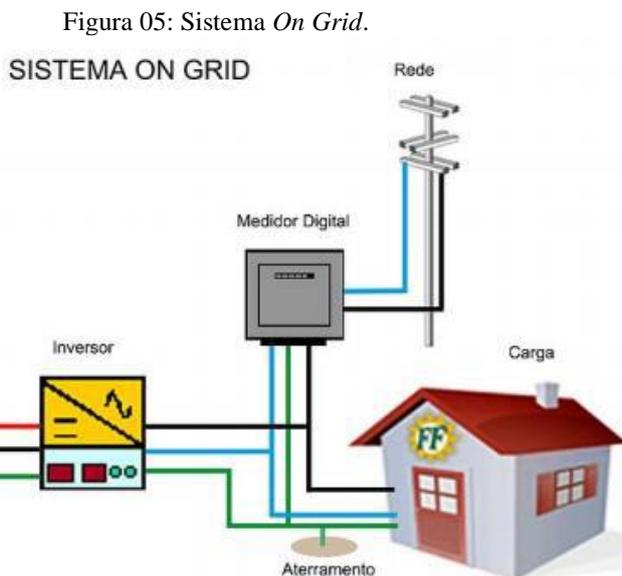
Primeiramente foi elaborado uma planta baixa utilizando o *software AutoCad* 2020 de cada pavimento utilizando as informações fornecidas pelo mestre de obra, que são necessárias para serem usadas como base para a elaboração do projeto estrutural.

O *software* utilizado para elaborar o projeto estrutural foi o *Eberick* 2022 Versão Profissional da *AutoQi*. Primeiramente foram importadas as bases previamente feitas no *AutoCaD*, logo após foram determinados os eixos para lançamento das sapatas de fundação juntamente com as vigas de travamento da fundação, em seguida foram lançados os pilares e as lajes de cobertura do térreo.

No pavimento um também foram distribuídos pilares e acrescentado as cargas de cobertura, primeiramente levando em consideração apenas a estrutura metálica e o telhado, sem contar com as placas para sabermos se a estrutura foi feita de forma que não apresente riscos de colapso.

Teve interesse da proprietária da residência na utilização de energia fotovoltaica e após a solicitação do orçamento, sendo o sistema *On Grid* selecionado para tal objetivo. O sistema *On Grid* funciona conectado na rede da distribuidora de energia, o que torna os custos viáveis economicamente, facilitando sua aquisição e não apenas isso, tendo a possibilidade de uma geração excedida de energia, esse excedente é repassado para a concessionária e convertida em saldo a ser usado, se necessário, quando a usina de energia solar estiver funcionando reduzidamente ou à noite, quando não há incidência solar. Esse saldo também pode ser disponibilizado para outras residências pertencentes ao mesmo proprietário. Toda essa troca feita com a rede de distribuição é computada pelo medidor de energia bidirecional (COSTA, 2020).

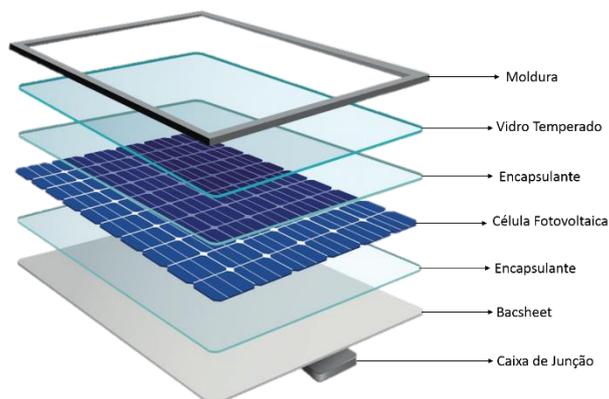
Temos um exemplo de um sistema *On Grid* na Figura 05:



Fonte: Adaptado (COSTA, 2020).

Um dos equipamentos fundamentais para a produção de energia elétrica fotovoltaica é a chamada placa solar, também conhecida como painel ou módulo fotovoltaico. Ela é composta por um conjunto de células que são responsáveis pela conversão de radiação solar em eletricidade limpa, como podemos observar na Figura 06 abaixo:

Figura 06: Placas fotovoltaicas



Fonte: Adaptado (COSTA, 2020).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Dentro de um projeto estrutural devemos calcular as cargas verticais da estrutura, como demonstrado abaixo, o cálculo foi realizado para a compreensão da estrutura do imóvel a ser analisado. Para tanto, devemos lembrar que a norma técnica que trata das cargas verticais é a norma NBR 6120:1980, onde ela classifica atualmente em duas cargas: a carga permanente, que é constituída pelo peso da estrutura e todos os elementos instalados nela; e a carga acidental, sendo aquelas cargas que podem atuar diretamente sobre as estruturas relacionadas sobre o uso delas, como: automóveis, pessoas e etc.

Após a realização do projeto estrutural e dos cálculos, encontramos os resultados inseridos no Quadro 02 e no Gráfico 01.

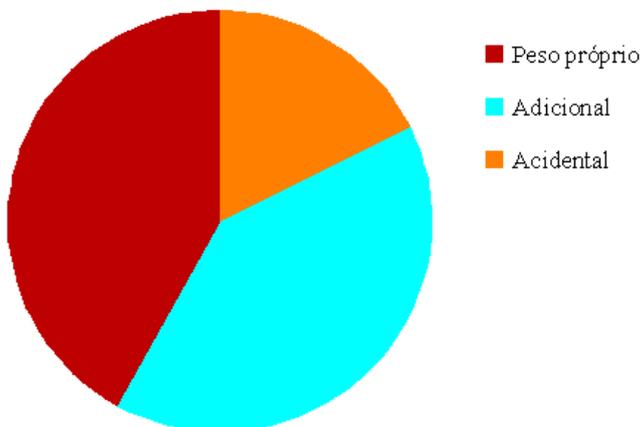
Quadro 02: Cargas verticais anteriormente ao acréscimo de placas solares

Ação	Carregamentos (tf)	Percentual (%)
Peso próprio	74.12	42.0
Adicional	71.38	40.4
Acidental	31.11	17.6
<b>TOTAL</b>	<b>176.60</b>	<b>100.0</b>

Fonte: Aatoria própria (2022)

Gráfico 01: Cargas verticais anteriormente ao acréscimo de placas solares

Distribuição das cargas verticais



Fonte: Aatoria própria (2022)

Através desta análise há a necessidade de se explicitar a relação da carga por área, ou seja, por cada pavimento do edifício, sendo que a cobertura do imóvel é a laje da casa, podemos ver esta relação diretamente no Quadro 03 abaixo:

Quadro 03: Relação de carga por área.

Pavimento	Carregamentos (tf)	Área (m <sup>2</sup> )	Carga/área (kgf/m <sup>2</sup> )
Cobertura	16.27	-	-
Pavimento 1	113.75	124.42	914.24
Térreo	46.58	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>176.60</b>	<b>124.42</b>	<b>1419.40</b>

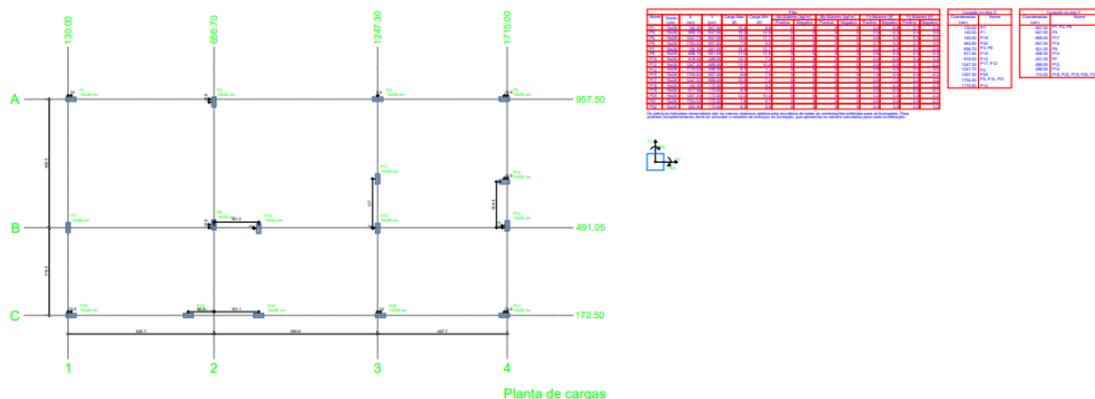
Fonte: Autoria própria (2022)

A proprietária da residência optou pela utilização de energia fotovoltaica e após a solicitação do orçamento, constatamos que seria preciso a instalação de um sistema de 18,7 kwp para suprir o seu consumo de energia mensal, esse sistema composto por 34 painéis fotovoltaicos, cada placa pesando 23 kg, acrescentando 8,45kg por metro quadrado, sendo assim será preciso fazer um acréscimo de carga acidental no projeto estrutural, levando em consideração que as 34 placas irão acrescentar 781,456 kg à estrutura, sem levar em consideração o material para fixação e os cabos utilizados para interligá-las.

No projeto estrutural foram acrescentadas à estrutura as cargas relacionadas aos painéis fotovoltaicos, sendo consideradas como carga permanente e também considerando o peso das pessoas necessárias para executar o serviço que iriam transitar na cobertura sendo consideradas como cargas variáveis durante a execução das instalações.

A Figura 07, demonstra a planta realizada com o acréscimo das cargas de placas solares.

Figura 07: Planta de cargas



Fonte: Autoria própria (2022)

Após a elaboração do projeto constatou-se que a estrutura da residência suportaria uma carga acidental de 8550Kg, portanto, não se faz necessário a execução de reforços na estrutura. Quando as cargas foram colocadas na estrutura da casa pudemos observar através do projeto criado desde o início, os custos iniciais relacionados a cada elemento, material, mão de obra (execução) e portanto o total de uma estrutura sem as cargas de placas fotovoltaicas.

Através do Quadro 04 podemos ver que o custo relacionado ao aço, concreto e formas aumentou, porém relativamente pouco, sendo uma diferença de 6.256 em relação ao material, na execução a diferença é de 7.269, totalizando uma diferença de 13.524 para execução do projeto com placas fotovoltaicas.

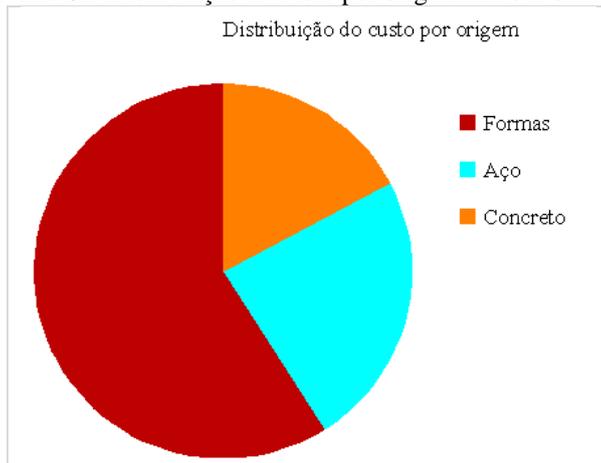
Quadro 04: Resumo de custos

<b>Relação custo por material (R\$)</b>			
<b>Antes das cargas</b>			
<b>Elemento</b>	<b>Material</b>	<b>Execução</b>	<b>Total</b>
Aço	10744.30	7381.73	18126.03
Concreto	8722.56	4392.51	13115.07
Formas	18714.43	26270.02	44984.45
<b>TOTAL</b>	<b>38181.28</b>	<b>38044.26</b>	<b>76225.55</b>
<b>Relação custo por material (R\$)</b>			
<b>Após as cargas</b>			
<b>Elemento</b>	<b>Material</b>	<b>Execução</b>	<b>Total</b>
Aço	10770.96	7431.72	18202.68
Concreto	8750.11	4406.39	13156.50
Formas	18722.77	26278.84	45001.62
<b>TOTAL</b>	<b>38243.84</b>	<b>38116.95</b>	<b>76360.79</b>

Fonte: Autoria própria (2022)

Abaixo podemos ver os gráficos em relação à distribuição dos custos em relação a origem de cada material, anteriormente ao acréscimo de cargas (Gráfico 02) e posteriormente ao acréscimo de cargas (Gráfico 03). Podemos observar que graficamente não houve um aumento visível de valores sobre cada carga, corroborando então que o aumento no custo foi relativamente pequeno.

Gráfico 02: Distribuição de custo por origem antes das cargas



Fonte: Autoria própria (2022)

Gráfico 03: Distribuição de custo por origem após das cargas



Fonte: Autoria própria (2022)

Analisando custo por área, ou seja, por pavimento, temos o Quadro 05, que demonstra o valor por metro quadrado antes das cargas inseridas e posteriormente às cargas inseridas, analisando este quadro podemos perceber que o valor também agregado ao pavimento 1 foi relativamente baixo. Sendo a diferença no material de 0,5 e na execução foi de 0,58 totalizando então uma diferença de 1,09.

Quadro 05: Relação custo por área (R\$/m<sup>2</sup>)

Relação custo por área (R\$/m <sup>2</sup> )			
<b>Antes das cargas</b>			
Pavimento	Material	Execução	Total
Pavimento 1	173.44	180.55	353.99
<b>TOTAL</b>	<b>306.87</b>	<b>305.77</b>	<b>612.63</b>
<b>Relação custo por área (R\$/m<sup>2</sup>)</b>			
<b>Após as cargas</b>			
Pavimento	Material	Execução	Total
Pavimento 1	173.52	180.80	354.31
<b>TOTAL</b>	<b>307.37</b>	<b>306.35</b>	<b>613.72</b>

Fonte: Autoria própria (2022)

Uma das formas de analisar minuciosamente os custos do projeto estrutural deste projeto é analisando por cada elemento, trazendo assim o valor agregado de cada material e execução utilizados em cada processo de instalação das placas.

No Quadro 06 podemos ver que há a relação do custo por elemento tanto antes da instalação das cargas e posteriormente à instalação das cargas. Podemos notar que a média de custo por cada elemento também não é tão alta.

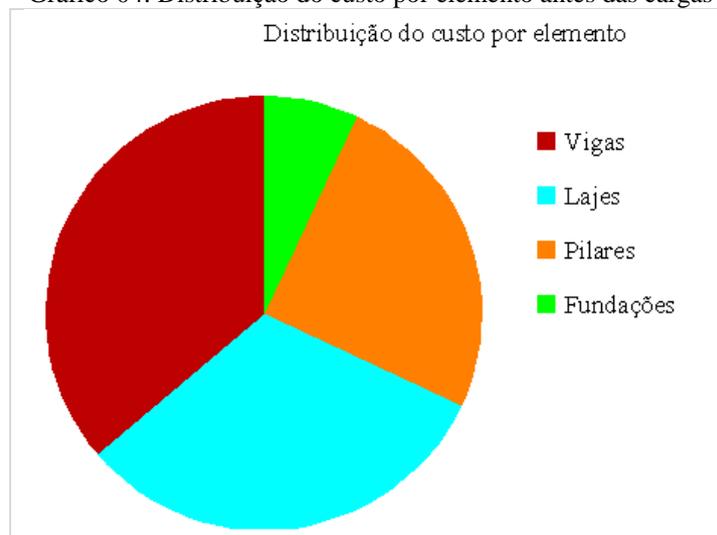
Quadro 06: Relação custo por elemento (R\$)

<b>Relação custo por elemento (R\$)</b>				
<b>Antes das cargas</b>				
<b>Elemento</b>	<b>Material</b>	<b>Execução</b>	<b>Total</b>	<b>Média</b>
Vigas	14294.76	13290.75	27585.51	501.55
Pilares	9121.53	9889.75	19011.27	422.47
Lajes	11620.58	12648.38	24268.96	4853.79
Fundações	3144.43	2215.38	5359.81	334.99
<b>TOTAL</b>	<b>38181.28</b>	<b>38044.26</b>	<b>76225.55</b>	<b>629.96</b>
<b>Relação custo por elemento (R\$)</b>				
<b>Após as cargas</b>				
<b>Elemento</b>	<b>Material</b>	<b>Execução</b>	<b>Total</b>	<b>Média</b>
Vigas	14296.10	13291.68	27587.78	501.60
Pilares	9121.56	9920.80	19042.35	423.16
Lajes	11620.58	12648.38	24268.96	4853.79
Fundações	3205.60	2256.10	5461.70	341.36
<b>TOTAL</b>	<b>38243.84</b>	<b>38116.95</b>	<b>76360.79</b>	<b>631.08</b>

Fonte: Autoria própria (2022)

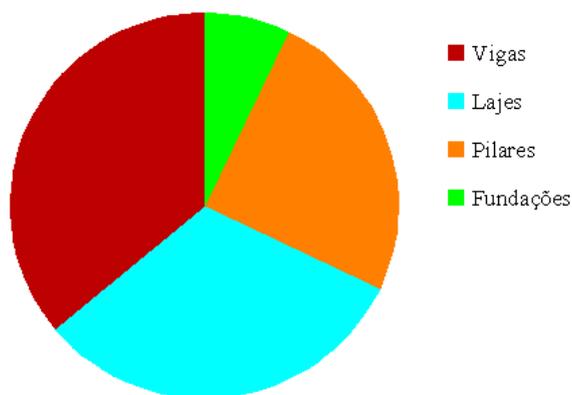
Nos gráficos abaixo podemos notar que a distribuição do custo por elemento tanto antes quanto posterior às cargas há visualmente uma pequena diferença, pautando a diferença média baixa.

Gráfico 04: Distribuição do custo por elemento antes das cargas



Fonte: Autoria própria (2022)

Gráfico 05: Distribuição do custo por elemento após as cargas  
Distribuição do custo por elemento



Fonte: Autoria própria (2022)

A utilização de placas fotovoltaicas se torna extremamente interessante devido ser uma energia renovável e além de tudo demonstrar ser uma forma de impactar positivamente no custo benefício das faturas de energia de uma casa, sendo que diversos estudiosos apontam que a diminuição no custo de energia de uma casa com placas solares pode ser de 50 a 95%, não sendo reduzida para 100% devido aos custos operacionais das empresas que fornecem energia no Brasil.

Cafe e Pinheiro (2020) mostra em seu estudo os cálculos de uma residência com e sem as placas fotovoltaicas, explicitam que as placas se tornam efetivas para a economia de energia e economicamente falando também. Um dos fatores para as famílias não instalarem ainda as placas em suas casas é pelo custo que é relativamente alto para a maioria das famílias brasileiras, mas como foi mostrado acima, caso seja planejado desde a construção do imóvel, o custo se torna relativamente barato.

#### 4 CONCLUSÃO

Através da produção do projeto estrutural, seguindo a NBR 6120 de 2014, podemos notar a importância de um projeto para compreensão da estrutura do imóvel que desejamos modificar, além, é claro, de compreender todos os materiais e influências que agem sobre tal estrutura. A partir do projeto realizado no imóvel da zona norte de Manaus, pudemos ver que caso a proprietária quisesse ter realizado a instalação das placas quando contruiu seu imóvel, provavelmente teria dispensado menos investimento para isto, porém, ainda assim vimos que através da análise realizada aqui o custo médio foi considerado baixo para o benefício a médio prazo que a proprietária irá ter.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6118. Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro. 2014 (in Portuguese).

CAFÉ, Leandro Sales; PINHEIRO, José Guilherme Leitão. Estudo da Implementação de um Sistema de Energia Solar Fotovoltaico em uma Residência Unifamiliar. *Episteme Transversalis*, v. 11, n. 3, 2021.

COSTA, Raycam Evaristo de Oliveira et al. O uso de placas fotovoltaicas: uma revisão bibliográfica. 2020.

DA SILVA, Heitor Marques Francelino; ARAÚJO, Francisco José Costa. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, v. 8, n. 3, p. 859-869, 2022.

DELIMITAÇÃO DA ZONA NORTE. 2022. Google Maps. Google. Consultado em 20 de outubro de 2022, [google.com/maps/search/Delimitação+da+Zona+norte+de+manaus/@-2.9844679,-60.0024875,13z](https://www.google.com/maps/search/Delimitação+da+Zona+norte+de+manaus/@-2.9844679,-60.0024875,13z)

KRIPKA, Moacir. Análise estrutural para engenharia civil e arquitetura: estruturas isostáticas. *Oficina de Textos*, 2021.