

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL**

**FABRICIO FONTOURA DOS SANTOS**

**ESTUDO DE CASO:  
AVALIAÇÃO DOS BENEFÍCIOS OBTIDOS COM A IMPLANTAÇÃO  
DE PRÁTICAS DE SUSTENTABILIDADE E DE EFICIÊNCIA  
ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÃO PÚBLICA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**CURITIBA**

**2019**

**FABRICIO FONTOURA DOS SANTOS**

**ESTUDO DE CASO:  
AVALIAÇÃO DOS BENEFÍCIOS OBTIDOS COM A IMPLANTAÇÃO  
DE PRÁTICAS DE SUSTENTABILIDADE E DE EFICIÊNCIA  
ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÃO PÚBLICA**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Área de Concentração: Meio Ambiente. Linha de Pesquisa: Sustentabilidade.

Orientador: Prof. Dr. Jair Urbanetz Junior

**CURITIBA**

**2019**

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

---

Santos, Fabricio Fontoura dos

Estudo de caso [recurso eletrônico] : avaliação dos benefícios obtidos com a implantação de práticas de sustentabilidade e de eficiência energética em edificação pública / Fabricio Fontoura dos Santos.-- 2019.

1 arquivo texto (132 f.) : PDF ; 6,95 MB

Modo de acesso: World Wide Web

Título extraído da tela de título (visualizado em 17 jun. 2019)

Texto em português com resumo em inglês

Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, 2019

Bibliografia: f. 124-132

1. Engenharia civil - Dissertações. 2. Edifícios sustentáveis - Curitiba, PR. 3. Edifícios públicos - Arquitetura. 4. Construção sustentável - Curitiba, PR. 5. Compras (Serviço público) - Aspectos ambientais. 6. Construção sustentável. 7. Edifícios públicos - Aspectos ambientais. 8. Energia - Consumo. 9. Energia elétrica - Conservação. 10. Água - Consumo. I. Urbanetz Junior, Jair. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. III. Título.

CDD: Ed. 23 – 624

---

Biblioteca Central da UTFPR, Câmpus Curitiba

Bibliotecário: Adriano Lopes CRB-9/1429



## TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação N° 168

### **ESTUDO DE CASO: AVALIAÇÃO DOS BENEFÍCIOS OBTIDOS COM A IMPLANTAÇÃO DE PRÁTICAS DE SUSTENTABILIDADE E DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÃO PÚBLICA**

por

**FABRICIO FONTOURA DOS SANTOS**

Esta Dissertação foi apresentada às 15h30min do dia 05 de maio de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, área de concentração: Meio Ambiente, linha de pesquisa: Sustentabilidade do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho \_\_\_\_\_.

(aprovado/reprovado)

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Jair Urbanetz Junior  
(Orientador – UTFPR)

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Eloy Fassi Casagrande Jr.  
Membro titular

\_\_\_\_\_  
Prof.<sup>a</sup> Dra. Alessandra de Castro Machado  
Membro titular

Visto da Coordenação:

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Alfredo Larozinski  
Coordenador do PPGEC

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

Dedicado à minha esposa Elisângela  
Moreira, meus filhos Déborah Moreira dos  
Santos e Guilherme Moreira dos Santos e  
a meus pais Jorge Ribeiro dos Santos e  
Arialba de Fátima Costa Fontoura que  
sempre estiveram presentes e me  
incentivando a alcançar mais esta  
conquista.

## **AGRADECIMENTOS**

Finalmente está concluído, consegui mais uma vez. E, como de costume, não foi nada fácil chegar até aqui. Para concluir este Mestrado, foi um longo caminho percorrido, no qual da mesma maneira que correr uma maratona, muitas vezes se pensa em desistir, sucumbindo à dor e ao cansaço, mas que ao chegar ao fim traz tamanha satisfação e certeza, de seja qual for o desafio, com uma boa orientação, com um bom tanto de esforço e superação, apoio e torcida daqueles que lhe são queridos, é possível superá-lo. Então, cabe sempre lembrar que por mais que esta tenha sido uma conquista individual, houve sempre um grande trabalho em equipe alimentando e fortalecendo os conhecimentos adquiridos e desenvolvidos durante a execução deste trabalho. Portanto, é com imensa satisfação que agradeço a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para mais esta realização. Dentre os quais não posso me privar de ressaltar a confiança e dedicação de meu orientador Prof. Dr. Jair Urbanetz Junior. Agradeço pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória e pelo fato de que desde muito antes de eu ingressar neste mestrado, já me incentivava, em nossa primeira conversa, quando soube de minha aventura ao me tornar sócio de uma micro empresa de projetos elétricos, ainda antes de ter concluído o curso técnico. Que com a mesma paciência de hoje, foi meu professor de eletrônica na graduação e que me incentivou e orientou a participar do processo seletivo para ingresso no mestrado.

Agradeço, com muito apreço e respeito, aos meus comandantes: Cel. Sérgio Luiz Felizardo RIBEIRO, Cel. Marco Antônio de ANDRADE Silva e Ten. Cel. Cristina Fleig MAYER, aos meus chefes imediatos: Maj. JOSÉ LUIZ Oliveira de Magalhães Júnior e Maj. RODRIGO Pereira Lopes, pelo fato de tornarem possível que, mesmo apesar de nossa grandiosa demanda de trabalho, eu pudesse participar das aulas presenciais durante o curso, além de acreditarem e apostarem na importância do tema para o Sistema de Obras Militares do Exército Brasileiro. Não posso deixar de agradecer aos amigos e colegas da Comissão Regional de Obras 5 que tanto me apoiaram e incentivaram ao longo do percurso.

E por último, e mais importante, gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento à minha família, pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio. Enfim, a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização desta pesquisa.

Em todo o espaço há energia... é (só)  
uma questão de tempo até que os  
homens tenham êxito em associar seus  
mecanismos ao aproveitamento desta  
energia.

(TESLA, Nikola, \* 1856 - † 1943)

## RESUMO

SANTOS, Fabricio Fontoura dos. **Estudo de Caso: Avaliação dos Benefícios Obtidos com a Implantação de Práticas de Sustentabilidade e de Eficiência Energética em Edificação Pública.** 2019. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba 2019.

Motivado pelo histórico de má utilização dos recursos naturais de forma ineficiente com graves consequências sociais, surge a necessidade de se implantar soluções sustentáveis em compras, projetos e obras executadas por órgãos públicos desde a concepção de um projeto, durante sua execução e até mesmo ao longo da utilização da edificação. Portanto, já há um consenso de que nas obras públicas deve-se fazer uso do conceito de construção sustentável. Por este motivo, esta pesquisa trata de um estudo de caso em Edificação da Administração Pública (E. A. P.), que tem como objetivo avaliar os principais benefícios obtidos com a implantação de práticas de sustentabilidade e de eficiência energética aplicadas nesta edificação. Desse modo, através do monitoramento da energia produzida em um sistema fotovoltaico conectado à rede, será realizada uma análise dos índices de mérito desta instalação fotovoltaica e posterior comparação com outro sistema de referência. Além disto, através do monitoramento dos consumos de água e energia da edificação, será calculada a economia obtida em relação aos valores estimados. E, a partir destes resultados e do acompanhamento das soluções práticas de sustentabilidade adotadas, avaliar os benefícios tangíveis e intangíveis alcançados, para que esta pesquisa possa ser adotada como referência para ajudar a motivar, embasar e justificar a adoção de tais práticas em processos de compras públicas, licitações, elaboração de projetos, execução de obras e contratação de serviços por agentes da administração pública. Por meio deste estudo foi possível comprovar a eficiência das práticas de sustentabilidade adotadas uma vez que os resultados obtidos apresentaram significativa economia: aproximadamente 25% de economia no consumo de água, autossuficiência para suprir 100% do consumo de energia da edificação e ainda produzir energia excedente de mais de 13% do seu consumo nominal.

**Palavras-chave:** Construções Sustentáveis. Práticas de Sustentabilidade. Compras Públicas Sustentáveis. Eficiência Energética. Sistemas Fotovoltaicos. Índices de Mérito. Geração Distribuída.

## ABSTRACT

SANTOS, Fabricio Fontoura dos. **Case Study: Evaluation of the Benefits Obtained with the Implementation of Sustainability Practices and Energy Efficiency in Public Building.** 2019. 132 f. Dissertation (Master in Civil Engineering) - Federal Technological University of Paraná. Curitiba 2019.

Motivated by the history of poor use of natural resources in an inefficient way with serious social consequences, there is a need to implement sustainable solutions in purchases, projects and works executed by public agencies from the conception of a project, during its execution and even along of the building. Therefore, there is already a consensus that in public works one must make use of the concept of sustainable construction. For this reason, this research is about a case study in building of the public administration (B. P. A.), which aims to evaluate the main benefits obtained with the implementation of sustainability practices and energy efficiency applied in this building. Thus, by monitoring the energy produced in a photovoltaic system connected to the grid, an analysis of the merit indices of this photovoltaic installation and subsequent comparison with another reference system will be performed. In addition, by monitoring the water and energy consumption of the building, the savings obtained in relation to the estimated values will be calculated. Based on these results and the follow-up of the practical sustainability solutions adopted, to evaluate the tangible and intangible benefits achieved, so that this research can be adopted as a reference to help motivate, support and justify the adoption of such practices in purchasing processes public works, bidding, project preparation, works execution and contracting of services by agents of the public administration. Through this study, it was possible to prove the efficiency of the sustainability practices adopted since the results obtained showed significant savings: approximately 25% of water consumption savings, self-sufficiency to supply 100% of the energy consumption of the building and still produce surplus energy of more than 13% of its nominal consumption.

**Keywords:** Sustainable Buildings. Sustainability Practices. Sustainable Public Procurement. Energy Efficiency. Photovoltaic Systems. Merit Indexes. Distributed Generation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Possíveis fontes de Impactos Ambientais da Administração Pública.....	22
Figura 2 - O Ser-Humano e as Dimensões da Sustentabilidade .....	30
Figura 3 – Ilustração Ventilação Natural Eficiente.....	43
Figura 4 – Janelas Maxim-Ar em alumínio .....	44
Figura 5 – Divisória Eucatex.....	48
Figura 6 – Divisória Retrátil ou Articulada .....	48
Figura 7 – Tipos de Lâmpadas de Led – Iluminação de Destaque .....	50
Figura 8 – Tipos de Lâmpadas de Led – Iluminação Geral.....	50
Figura 9 – Tipos de Lâmpadas de Led – Iluminação Decorativa.....	51
Figura 10 – Ilustração esquemática de um sistema de captação de chuva .....	53
Figura 11 – a) Funcionamento hidromecânico e b) Funcionamento por sensor de presença.....	54
Figura 12 – Caixa de descarga com acionamento duplo .....	55
Figura 13 – Mictório Feminino .....	55
Figura 14 – Curvas de eficiência sistema aquecimento solar.....	56
Figura 15 – Esquema de funcionamento de um sistema de aquecimento solar .....	57
Figura 16 – Sistema Fotovoltaico Isolado .....	60
Figura 17 – Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede .....	62
Figura 18 – Porque Comprar LED.....	64
Figura 19 – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE (Equipam. Elétricos) .....	65
Figura 20 – Resultado da busca na base do Scopus ao longo do tempo .....	75
Figura 21 – Resultado da busca na base do Scopus por tema, ano e quantidade de publicações .....	76
Figura 22 – Resultado da busca na base do Scopus por autor e quantidade de publicações .....	76
Figura 23 – Resultado da busca na base do Scopus por país e quantidade de publicações .....	77
Figura 24 – Resultado da busca na base do Scopus por tipo e quantidade de publicações .....	78
Figura 25 – Resultado da busca na base do Scopus por área e quantidade de publicações .....	78
Figura 26 – Rede com nome dos autores com destaque para os autores mais citados.....	79
Figura 27 – Densidade dos autores mais citados nas publicações.....	80
Figura 28 - Densidade dos autores com mais de 4 publicações, mais citados. ....	80
Figura 29 - Densidade das palavras-chaves (temas), mais citados. ....	81
Figura 30 – Vista da fachada da Edificação da Administração Pública (E. A. P.) objeto de estudo da pesquisa.....	85
Figura 31 – Detalhes Arquitetônicos da Edificação Objeto de Estudo .....	86

Figura 32 – Detalhes Arquitetônicos da Edificação Objeto de Estudo .....	87
Figura 33 – Vista Aérea do Complexo e da Edificação Objeto de Estudo.....	88
Figura 34 – Vista da fachada da Edificação da Administração Pública (E. A. P.) para adaptação do objeto de estudo da pesquisa.....	89
Figura 35 – a) Arranjo físico dos Painéis do SFVCR, b) Estrutura de Fixação e c) Espaçamento entre os painéis .....	91
Figura 36 – a) Inversor, b) IHM do Inversor, c) Entradas do Inversor e d) Saída do Inversor .....	91
Figura 37 – a) Distribuidor Geral, b) <i>Data Logger</i> e c) Parâmetros do Inversor .....	91
Figura 38 – Energia Produzida em junho/2018, Sistema NEOVILLE (Monitor. Chintpower - Software da Web para armazenamento e análise dos parâmetros do inversor) .....	92
Figura 39 – Energia Produzida em /2018 Sistema NEOVILLE (Monitor. Chintpower - Software da Web para armazenamento e análise dos parâmetros do inversor).....	92
Figura 40 – Arranjo físico dos Painéis do SFVCR.....	93
Figura 41 – Estrutura de Fixação dos Painéis do SFVCR.....	94
Figura 42 – a) Sombreamento Parcial da Edificação b) Sombreamento Parcial dos Painéis do SFVCR .....	94
Figura 43 – a) Inversor, b) Entradas e Saída do Inversor, c) IHM do Inversor .....	95
Figura 44 – a) Visão Geral da Instalação do Inversor. b) Dados de Placa do Transformador.....	95
Figura 45 – Visão Geral da Cabine de Entrada de Energia do Complexo e do Posto de Transformação que Alimenta a E. A. P. ....	96
Figura 46 – Energia Produzida em 2018 Sistema E. A. P. (SolarWeb - Software da Web para armazenamento e análise dos parâmetros do inversor).....	97
Figura 47 – Energia Produzida em Jun/2018, Sistema E. A. P. (SolarWeb - Software da Web para armazenamento e análise dos parâmetros do inversor).....	97
Figura 48 – Características elétricas e mecânicas do módulo fotovoltaico (Neoville).....	99
Figura 49 – Características elétricas e mecânicas do inversor (Neoville) .....	100
Figura 50 – Características elétricas e mecânicas do módulo fotovoltaico (E. A. P.) .....	101
Figura 51 – Características elétricas e mecânicas do inversor (E. A. P.).....	102
Figura 52 – Localização dos Sistemas NEOVILLE, E. A. P.e Estação INMET .....	109
Figura 53 – NEOVILLE_2018.....	111
Figura 54 – E. A. P._2018 .....	111
Figura 55 – NEOVILLE_2018 - Interface do Programa Radasol .....	112
Figura 56 – E. A. P._2018 - Interface do Programa Radasol .....	112
Figura 57 – Economia Obtida em 2018 Sistema E. A. P. (SolarWeb - Software da Web para armazenamento e análise dos parâmetros do inversor).....	118
Figura 58 – a) Sujidade sobre os painéis b) Situação dos painéis após lavagem pela chuva.....	120
Figura 59 – Quantidade de CO <sub>2</sub> e equivalências evitados no ano de 2018 Sistema E. A. P. (SolarWeb - Software da Web para armazenamento e análise dos parâmetros do inversor) .....	121

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Consumo Diário de Água MAI/2018.....	105
Gráfico 2 – Consumo Mensal de Água 2018.....	105
Gráfico 3 – Consumo Diário de Energia Elétrica MAI/2018.....	107
Gráfico 4 – Consumo Mensal de Energia 2018.....	108

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Produtividade ou YIELD.....	67
Equação 2 – Taxa de Desempenho ou Performance Ratio.....	67
Equação 3 – Fator de Capacidade.....	68

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Delimitação de área de pesquisa, assunto e tema .....	73
Tabela 2 – Definição das palavras-chave .....	73
Tabela 3 – String de Busca .....	74
Tabela 4 – Coordenadas geográficas .....	109
Tabela 5 – Ângulo de inclinação do painel e ângulo do desvio azimutal do norte geográfico.....	110
Tabela 6 – Irradiação diária média no plano horizontal (kWh/m <sup>2</sup> .dia) na região de Curitiba.....	110
Tabela 7 – Irradiação diária média no plano do painel (kWh/m <sup>2</sup> .dia) .....	113
Tabela 8 – Diferença em função da inclinação dos painéis (%).....	113
Tabela 9 – Energia total gerada por mês (kWh).....	114
Tabela 10 – Yield ou produtividade mensal (kWh/kWp).....	114
Tabela 11 – Taxa de desempenho mensal (%).....	115
Tabela 12 – Fator de capacidade mensal (%).....	115
Tabela 13 – Comparativo entre os Índices de Mérito dos sistemas NEOVILLE e E. A. P.....	119
Tabela 14 – Fatores de Emissão de CO <sub>2</sub> do Sistema Interligado Nacional do Brasil. ....	120

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

### LISTA DE ABREVIATURAS

BTU	<i>British Thermal Unit</i> ("Unidade Térmica Britânica" - Unidade de Medida de Energia)
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CCA	Arseniato de Cobre Cromatado
E. A. P.	Edificação da Administração Pública
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
EV	Escritório Verde da Universidade Tecnológica Federal do Paraná
FV	Fotovoltaico
IHM	Interface Homem Máquina
PLS	Plano de Gestão de Logística Sustentável

## LISTA DE SIGLAS

C <sub>F</sub>	Fator de Capacidade (Índice de Mérito)
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
km	Quilômetro (Unidade de Medida de Comprimento Derivada do Metro)
kVA	Quilo Volt Ampère (Unidade de Medida de Potência Elétrica Aparente)
kW	Quilo Watt (Unidade de medida de Potência Elétrica Ativa)
kWh	Quilo Watt Hora (Unidade de Medida de Energia Elétrica)
kWp	Quilo Watt Pico (Unidade de Medida de Potência Elétrica a Plena Carga)
LED	Díodo Emissor de Luz
m <sup>2</sup>	Metro Quadrado (Unidade de Medida de Área)
m <sup>3</sup>	Metro Cúbico (Unidade de Medida de Volume)
mca	Metro Coluna de Água (Unidade de medida de Pressão)
MCTIC	Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
MME	Ministério de Minas e Energia
ONU	Organização das Nações Unidas
RAC	Requisitos de Avaliação da Conformidade
SFVCR	Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica
SFVI	Sistema Fotovoltaico Isolado
SIN	Sistema Interligado Nacional
SLTI MPOG	Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## LISTA DE ACRÔNIMOS

A3P	Agenda Ambiental na Administração Pública
AGU	Advocacia-Geral da União
AMSBC	Agenda Municipal de Sustentabilidade São Bernardo do Campo
AND	Operador Lógico “E”
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BibExcel	Software para Análise de Dados Bibliográficos
CFC	Clorofluorcarboneto ou Clorofluorcarbono
CGU	Consultoria-Geral da União
CHINTPOWER	Fabricante de Equipamentos para Instalações Fotovoltaicas
CO2	Dióxido de Carbono (também conhecido como Anidrido Carbônico ou Gás Carbônico)
Comprasnet	Portal de Compras do Governo Federal
COPEL	Companhia Paranaense de Eletricidade
Data Logger	Registrador ou Gravador de Dados
ECO 92	Conferência das Nações Unidas Sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento
GOOGLE EARTH PRO	Software que permite visualizar e usar uma variedade de conteúdo, incluindo dados de mapas e terrenos, imagens, listagens de empresas, tráfego, resenhas e outras informações relacionadas fornecidas pelo Google, seus licenciadores e usuários.
HCFC	Hidro clorofluorcarbonos
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IPCC	Painel Intergovernamental Sobre Mudanças do Clima
Lei 8.666/93	Lei de Licitações, de 21 de junho de 1993
MDIC	Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
OR	Operador Lógico “OU”
Pajek	Software para análise e visualização de grandes redes
P <sub>R</sub>	Taxa de Desempenho ou Performance Ratio (Índice de Mérito)
PVC	Poli cloreto de Vinila
RADIASOL	Software para Cálculo da Intensidade da RADIAÇÃO Solar em Superfícies Inclinadas
RDC	Regime Diferenciado de Contratações Públicas
Rio+20	Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Natural

Rio-92	Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento
SANEPAR	Companhia de Saneamento do Estado do Paraná
SCOPUS	É o maior banco de dados de resumos e citações da literatura com revisão por pares: revistas científicas, livros, processos de congressos e publicações do setor
SOLARWEB	Página da Internet que permite visualizar os dados de produção do sistema fotovoltaico
string	É um Laço de Associação de Módulos Fotovoltaicos em Série ou em Paralelo.
String Box	É um Conjunto de Equipamentos de Proteção do Sistema Fotovoltaico.
strings	É uma Sequência de Caracteres, Geralmente Utilizada para Representar Palavras, Frases ou Textos de um Programa.
VOSviewer	É uma Ferramenta de Software para Construção e Visualização de Redes Bibliométricas.
Wi-Fi	Rede Local Sem Fios
$Y_F$	Produtividade ou YIELD (Índice de Mérito)
YIELD	Produtividade (Índice de Mérito)

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>20</b>
1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA .....	21
1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS .....	22
1.3 OBJETIVOS .....	23
1.3.1 Objetivo Geral .....	23
1.3.2 Objetivos Específicos .....	23
1.3.3 Questões Orientadoras .....	23
1.4 JUSTIFICATIVA .....	24
1.5 ESTRUTURA .....	25
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>27</b>
2.1 SUSTENTABILIDADE.....	27
2.2 DIMENSÕES DA SUSTENTABILIDADE .....	28
2.3 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL .....	31
2.4 PLANO DE GESTÃO DE LOGÍSTICA SUSTENTÁVEL .....	31
2.5 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL SOB A PERSPECTIVA DAS COMPRAS PÚBLICAS.....	33
2.6 CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS .....	38
2.7 ETAPAS DE UMA EDIFICAÇÃO .....	39
2.8 PRÁTICAS DE SUSTENTABILIDADE.....	40
2.8.1 Esquadrias eficientes para controle iluminação/ventilação .....	42
2.8.2 Flexibilidade de uso .....	45
2.8.3 Uso de lâmpadas econômicas e de sensores para a iluminação .....	48
2.8.4 Coleta de água de Chuva .....	51
2.8.5 Utilização de caixas de descargas econômicas (6 litros) e de metais/torneiras economizadores de água .....	53
2.8.6 Aquecimento solar de água .....	55
2.8.7 Energia solar fotovoltaica.....	58
2.8.7.1 Tipos de Sistemas Fotovoltaicos.....	59
2.8.7.1.1 Sistema Fotovoltaico Isolado (SFVI).....	59
2.8.7.1.2 Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica (SFVCR).....	60
2.9 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	63
2.10 ÍNDICES DE MÉRITO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....	66
2.10.1 Produtividade ou YIELD .....	67
2.10.2 Taxa de Desempenho ou Performance Ratio.....	67
2.10.3 Fator de Capacidade .....	68
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>69</b>
3.1 MÉTODO CIENTÍFICO .....	69
3.2 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA .....	70
3.3 ETAPAS DA PESQUISA.....	71

3.4 PESQUISA NO SCOPUS E ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA .....	72
3.4.1 Escolha da base de dados.....	72
3.4.2 Definição da área de pesquisa, assunto e tema .....	73
3.4.3 Definição das palavras-chave .....	73
3.4.4 Análise das características das publicações - base de dados .....	74
3.4.5 Análise e tratamento dos dados da pesquisa Scopus .....	79
3.4.6 Considerações Finais Sobre a Análise Bibliométrica.....	81
3.5 MÉTODO DE DESENVOLVIMENTO DOS TRABALHOS .....	82
<b>4 APRESENTAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO .....</b>	<b>84</b>
4.1 OBJETO DE ESTUDO DA PESQUISA.....	84
4.2 ADAPTAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO DA PESQUISA .....	89
4.3 SISTEMA DA UTFPR NEOVILLE X SISTEMA DA E. A. P.....	90
4.3.1 Descritivo/Histórico Sistema NEOVILLE:.....	90
4.3.2 Descritivo/Histórico Sistema E. A. P.: .....	93
4.3.3 Características dos Equipamentos: .....	98
4.4 COLETA DE DADOS .....	103
4.4.1 Consumo de Água (Estimado x Medido) .....	103
4.4.2 Consumo de Energia Elétrica .....	106
4.4.3 Índices de Mérito UTFPR NEOVILLE X E. A. P.....	108
4.4.3.1 Parâmetros de Cálculo:.....	108
4.4.3.2 Cálculo do Yield ou Produtividade .....	114
4.4.3.3 Performance Ratio ou Taxa de Desempenho .....	114
4.4.3.4 Fator de Capacidade.....	115
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>116</b>
5.1 CONSUMO DE ÁGUA .....	116
5.2 CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	117
5.3 ANÁLISE DE PRODUÇÃO ENERGÉTICA:.....	118
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>122</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>124</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os recursos naturais historicamente têm sido utilizados de maneira economicamente ineficaz e com graves consequências sociais. Em razão de uma combinação de erros institucionais, de mercado e de políticas públicas, o capital natural da Terra tem sido usado de maneira imprudente (AMSBC, 2014) e (SILVA, SILVA e SILVA, 2018).

Por este motivo surge a necessidade de se implantar diretrizes e critérios de sustentabilidade, para obras ou reformas que serão executadas por órgãos públicos, para orientar os projetos desde o início de sua concepção, durante a execução das atividades no canteiro de obras e até durante a utilização da edificação.

Contudo, conforme AMSBC (2014), o conceito de sustentabilidade é sistêmico, e envolve aspectos econômicos, sociais, culturais e ambientais da sociedade. Portanto, busca o equilíbrio entre recursos naturais, comunidades humanas e biosfera. Para induzir este equilíbrio dentro do sistema deve-se promover: adequação ambiental, viabilidade econômica, justiça social e aceitação cultural.

A Administração Pública, por sua vez, é uma grande consumidora de recursos naturais, de bens e serviços, nas suas atividades meio e fim. Dessa forma, ao revisar seus padrões de produção e consumo e ao adotar novos referenciais de sustentabilidade socioambiental, poderá ser indutora de novas práticas que resultem em ações consideradas sustentáveis (A3P, 2013).

Assim, em observações mais específicas, o Curso de Capacitação Sustentabilidade na Administração Pública da Agenda Ambiental na Administração Pública A3P<sup>1</sup> (2013), reforça que instituições públicas devem ser referência na adoção de medidas que visem a redução de impactos socioambientais negativos,

---

<sup>1</sup> A **Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P)** é um programa do Ministério do Meio Ambiente que objetiva estimular os órgãos públicos do país a implementarem práticas de sustentabilidade. A adoção da A3P demonstra a preocupação do órgão em obter eficiência na atividade pública enquanto promove a preservação do meio ambiente. Ao seguir as diretrizes estabelecidas pela Agenda, o órgão público protege a natureza e, em consequência, consegue reduzir seus gastos. O Programa A3P se destina aos órgãos públicos das três instâncias: federal, estadual e municipal; e aos três poderes da República: executivo, legislativo e judiciário. É uma agenda voluntária – não existe norma impondo e tampouco sanção para quem não segue as suas diretrizes.

bem como a adoção do consumo consciente com racionalização do dinheiro público e a minimização dos impactos nocivos ao meio ambiente e à sociedade. Como consequência, há redução de emissões do efeito estufa, diminuição da geração de resíduos e promoção de condições de trabalho de acordo com a legislação vigente.

Para tanto, se faz necessário entender que, também segundo a A3P (2013), construção sustentável é um conceito que reúne um conjunto de práticas a serem adotadas para construção de uma edificação que adota soluções eficazes. Utiliza materiais cuja produção gerou mínimo impacto socioambiental, dá preferência ao uso de materiais locais e/ou que sejam reciclados e recicláveis e ainda, técnicas que garantam uma maior eficiência energética e na gestão de água e esgoto.

Portanto, parece haver um consenso de que uma das principais estratégias a ser adotada para fins relacionados aos comentados nos parágrafos anteriores é fazer uso do conceito de construção sustentável nas obras geridas pelos órgãos públicos.

## 1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O tema desta dissertação se restringe a questões relacionadas a edificações sustentáveis, produção de energia e eficiência energética. Para tanto, será desenvolvido um estudo de caso em edificação a serviço da administração pública, com a intenção de avaliar os principais benefícios obtidos com a implantação de práticas de sustentabilidade e de eficiência energética aplicadas nesta edificação.

Baseado nisto o estudo será realizado utilizando-se como fonte de dados uma edificação com as seguintes características:

- Tipo: Edificação da Administração Pública
- Finalidade: Escritórios
- Localização: Curitiba / PR
- Características: Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (Aplicado Sobre Telhado Existente)
- Elementos de Prática de Sustentabilidade e Eficiência Energética: Iluminação Eficiente, Sistema de Captação de água de Chuva, Sistema de Climatização do Tipo Inverter, Sistema Solar de Aquecimento de Água, Ventilação Cruzada, Dispositivos de Consumo de Água Reduzido.

- Período Mínimo de Avaliação: 1 Ano

## 1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS

Uma vez que a Administração Pública se depara, de modo recorrente, com situações nas quais precisa reduzir custos, se adequar e atender às frequentes mudanças na legislação, estabelecer padrões e diretrizes para realizar seus processos de elaboração de projetos, contratação e execução de obras públicas ou com a manutenção de suas instalações, é crucial que seus agentes estejam preocupados e que estejam sempre atualizados em relação às questões expostas na Figura 1



**Figura 1 - Possíveis fontes de Impactos Ambientais da Administração Pública**  
 Fonte: Adaptado de A3P (2013)

Os itens relacionados à possíveis fontes de impacto mostradas na Figura 1 têm relação bastante evidente com o que se observa em edificações públicas, com relevância significativa em:

- Custo elevado das tarifas das concessionárias de energia e água;
- Planos de contingenciamento de gastos públicos com concessionárias de água e energia;
- Diretrizes da administração pública para tornar-se referência na diminuição dos impactos sócio ambientais e redução de emissões do efeito estufa;
- Uso racional dos recursos naturais e redução de gastos institucionais;

Portanto, nesta pesquisa, busca-se compreender quais são os principais benefícios da utilização de técnicas de sustentabilidade aplicadas em edificação que está a serviço da administração pública.

### 1.3 OBJETIVOS

Desta forma este trabalho é desenvolvido com a intensão de se cumprir os seguintes objetivos:

#### 1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta pesquisa é avaliar, por meio de estudo de caso, os principais benefícios obtidos com a implantação de práticas de sustentabilidade e de eficiência energética aplicadas em uma edificação sustentável a serviço da administração pública.

#### 1.3.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos relacionados à pesquisa são:

- Obter os dados energia produzida pelo sistema fotovoltaico conectado à rede e os consumos de energia e água da edificação.
- Realizar a análise dos índices de mérito do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFVCR) e comparar com resultados de um sistema de referência.
- Identificar e avaliar os benefícios obtidos através das Práticas de Sustentabilidade e de Eficiência Energética aplicados na edificação.
- Calcular os percentuais de economia obtidos através das Práticas de Sustentabilidade e de Eficiência Energética aplicados na edificação em relação aos valores estimados em projeto.

#### 1.3.3 Questões Orientadoras

- Qual a quantidade de energia produzida pelo sistema fotovoltaico e quais os benefícios obtidos?
- O sistema fotovoltaico instalado atingiu os índices de produção e de desempenho esperados quando comparado com sistemas de referência?

- Qual a economia de energia e de água proporcionada pelas Práticas de Sustentabilidade e de Eficiência Energética aplicadas?

#### 1.4 JUSTIFICATIVA

Tendo em vista que a questão ambiental é uma crescente preocupação na Administração Pública, torna-se fundamental que seus agentes estejam preocupados em fazer uso racional dos recursos naturais e bens públicos. Desta forma, gerir de forma adequada os resíduos gerados em suas obras, promover a qualidade de vida no ambiente de trabalho, promover a sensibilização e capacitação de servidores, são quesitos essenciais para elaborar processos licitatórios.

Neste contexto, o uso das práticas de sustentabilidade pontuadas pela A3P (2013), de modo que as Instituições Públicas adotem procedimentos, estimulando o consumo responsável, o combate ao desperdício e a responsabilidade socioambiental, reforçam a intenção sobre o zelo pelo patrimônio público, que é bem de todos e adquirido com a contribuição de todos os cidadãos

Deste modo, existem diversos mecanismos legais que estabelecem diretrizes e obrigtoriedades aos organismos governamentais para a prática de ações de sustentabilidade.

Uma das principais ferramentas utilizadas para estabelecer práticas de sustentabilidade e racionalização de gastos e processos na Administração Pública são os Planos de Gestão Logística e Sustentável (PLS) os quais devem ser elaborados e seguidos à risca por todos os órgãos e entidades da Administração Pública Federal direta, autárquica, fundacional e as empresas estatais dependentes.

Assim sendo, a respeito da legislação que norteia tais fundamentos, não podem deixar de ser citados: a Constituição Federal (Art.37 combinado com Art.225 e Art.170), a Lei 8.666/1993 (que trata das normas para licitações e contratos da Administração Pública - Art.3º e Art.12), a Lei 12.305/2010 (Plano Nacional de Resíduos Sólidos – Art.07), a Lei 12.187/2009 (Instituí a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC - Art.06, XII), a IN01/2010, o Decreto 7.746/2012 e a IN10/2012.

## 1.5 ESTRUTURA.

- Capítulo 1: Introdução. Aborda a delimitação do tema, problemas e premissas (problema de pesquisa), objetivos (geral e específicos), questões orientadoras e a justificativa.
- Capítulo 2: Revisão da Literatura. É abordada a teoria que servirá de referência para embasar a pesquisa, tratando os seguintes tópicos: Sustentabilidade, Dimensões da Sustentabilidade, Desenvolvimento Sustentável, Desenvolvimento Sustentável Sob a Perspectiva das Compras Públicas, Construções Sustentáveis, Etapas de Uma Edificação, Práticas de Sustentabilidade: Esquadrias eficientes para controle iluminação/ventilação, Flexibilidade de uso, Uso de lâmpadas econômicas e de sensores para a iluminação, Coleta de água de Chuva, Utilização de caixas de descargas econômicas (6 litros) e de metais/torneiras economizadores de água, Aquecimento solar de água, Energia solar fotovoltaica: Tipos de Sistemas Fotovoltaicos, Sistema Fotovoltaico Isolado (SFVI), Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica (SFVCR), Eficiência Energética, Índices de Mérito de Sistemas Fotovoltaicos: Produtividade ou *YIELD*, Taxa de Desempenho ou *Performance Ratio* e Fator de Capacidade.
- Capítulo 3: Materiais e Métodos: Neste capítulo é apresentado o método científico a ser adotado, a classificação da pesquisa, suas etapas e o desenvolvimento de uma pesquisa bibliométrica, juntamente com sua análise e resultados fazendo uso da base de dados Scopus e através das ferramentas: BibExcel, Pajek e VOSviewer, a qual trará informações sobre os principais autores quanto ao número de publicações e citações sobre os temas abordados na pesquisa.
- Capítulo 4: Apresentação do Objeto de Estudo. Neste capítulo, será realizada a caracterização, coleta e análise preliminar de dados do objeto de estudo da pesquisa.

- Capítulo 5: Resultados e Discussões. São apresentados os resultados, as análises e interpretações embasadas na literatura, nos dados coletados e cálculos realizados.
- Capítulo 6: Considerações Finais: Serão apresentadas as principais conclusões a respeito da pesquisa, potenciais contribuições desta pesquisa e sugestões de estudos futuros.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Esta revisão enfoca o estado da arte sobre sustentabilidade, suas técnicas, o desenvolvimento sustentável, compras públicas, legislação e outras questões relevantes para a elaboração da metodologia a ser desenvolvida.

### 2.1 SUSTENTABILIDADE

Entre as décadas de 1960 e 1980, cientistas, movimentos sociais, ambientalistas e movimentos políticos denunciaram os problemas ecológicos e sociais das economias herdeiras da Revolução Industrial. Em resposta à crescente preocupação pública com os efeitos negativos do modelo industrial, a Organização das Nações Unidas (ONU) iniciou um ciclo de conferências, consultas e estudos para alinhar as nações em torno de princípios e compromissos por um desenvolvimento mais inclusivo e harmônico com a natureza (BARBOZA, 2017).

Em seu artigo, Barboza (2017), ainda resumindo a história da sustentabilidade menciona que o Relatório Brundtland forneceu o roteiro para o mundo organizar o debate sobre desenvolvimento em novas instituições, princípios e programa de ações que promovessem a convergência dos três pilares do desenvolvimento sustentável e que foi a Rio-92, ou ECO 92, realizada no Rio de Janeiro em junho de 1992, que selou os acordos políticos entre os países que teriam como finalidade recheiar o roteiro do Relatório Brundtland e negociar metas e o arcabouço institucional desse novo momento.

Barboza (2017) relata ainda que a Rio-92 pautou também as negociações sobre Desenvolvimento Sustentável e meio ambiente nas duas décadas seguintes graças à aprovação de um conjunto de tratados e declarações sob a chancela da ONU.

Conseqüentemente, em 1992, após quase duas décadas da realização da Conferência da ONU sobre o Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo (1972), a primeira a associar de forma consistente questões ambientais ao Desenvolvimento Sustentável na pauta internacional, o mundo possui dezenas de convenções, protocolos, declarações e legislações nacionais para reverter o quadro de agravamento nas condições ambientais e sociais e desequilíbrios

socioeconômicos entre países do Norte e do Sul. Novos e estratégicos atores, como as empresas, entraram no debate, muitos sob o alerta emitido em 2007 pelo 4º Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima (IPCC). O desafio é colocar em prática o que foi acordado na arena diplomática e acelerar a transição para uma economia de baixo carbono e sócio ambientalmente sustentável, que foi um dos principais temas da Rio+20 (BARBOZA, 2017).

## 2.2 DIMENSÕES DA SUSTENTABILIDADE

Embora o desenvolvimento sustentável esteja baseado em três pilares de sustentação levando em conta a necessidade de equilíbrio entre esses fatores, Mariano (2017), citando Krueger (2010) destaca a existência de autores que defendem uma concepção que enfoca dimensões mais abrangentes e que caracterizam a sustentabilidade apresentando destaque especial para Ignacy Sachs, cujas obras ultrapassam os muros acadêmicos abordando temas como desenvolvimento e sustentabilidade.

Mariano (2017) menciona ainda que segundo Ignacy Sachs (2002), existem oito dimensões da sustentabilidade que devem ser levadas em conta apresentado também na Figura 2:

- a) Social: que se refere ao alcance de um patamar razoável de homogeneidade social, com distribuição de renda justa, emprego pleno e/ou autônomo com qualidade de vida decente e igualdade no acesso aos recursos e serviços sociais.
- b) Cultural: referente a mudanças no interior da continuidade (equilíbrio entre respeito à tradição e inovação), capacidade de autonomia para elaboração de um projeto nacional integrado e endógeno (em oposição às cópias servis dos modelos alienígenas) e autoconfiança, combinada com abertura para o mundo.
- c) Ecológica: relacionada à preservação do potencial do capital natural na sua produção de recursos renováveis e à limitação do uso dos recursos não renováveis.
- d) Ambiental: trata-se de respeitar e realçar a capacidade de autodepuração dos ecossistemas naturais.

- e) Territorial: refere-se a configurações urbanas e rurais balanceadas (eliminação das inclinações urbanas nas alocações do investimento público), melhoria do ambiente urbano, superação das disparidades inter-regionais e estratégias de desenvolvimento ambientalmente seguras para áreas ecologicamente frágeis.
- f) Econômica: desenvolvimento econômico Inter setorial equilibrado, com segurança alimentar, capacidade de modernização contínua dos instrumentos de produção, razoável nível de autonomia na pesquisa científica e tecnológica e inserção soberana na economia internacional.
- g) Política (Nacional): democracia definida em termos de apropriação universal dos direitos humanos, desenvolvimento da capacidade do Estado para implementar o projeto nacional, em parceria com todos os empreendedores e um nível razoável de coesão social.
- h) Política (Internacional): baseada na eficácia do sistema de prevenção de guerras da ONU, na garantia da paz e na promoção da cooperação internacional, Pacote Norte-Sul de Co desenvolvimento, baseado no princípio da igualdade (regras do jogo e compartilhamento da responsabilidade de favorecimento do parceiro mais fraco), controle institucional efetivo do sistema internacional financeiro e de negócios, controle institucional efetivo da aplicação do princípio da precaução na gestão do meio ambiente e dos recursos naturais, prevenção das mudanças globais negativas, proteção da diversidade biológica (e cultural), gestão do patrimônio global, como herança comum da humanidade, sistema efetivo de cooperação científica e tecnológica internacional e eliminação parcial do caráter *commodity* da ciência e tecnologia, também como propriedade da herança comum da humanidade.



**Figura 2 - O Ser-Humano e as Dimensões da Sustentabilidade**  
**Fonte: Schutel e Giordani (2011).**

Mariano (2017) informa ainda que ao ressaltar estas dimensões, Sachs (2002) evidencia que, para alcançar a sustentabilidade, é necessário valorizar as pessoas, seus costumes e saberes. Desse modo, o autor demonstra a indispensável percepção global dos problemas da sociedade, para além de focar apenas na gestão dos recursos naturais. Esse pensamento é mais profundo, pois visa uma verdadeira transformação do modelo civilizatório atual tornando o ser humano um agente interdisciplinar por meio da formação continuada (GUEDES, 2012) (SCHUTEL; GIORDANI, 2011).

Da mesma forma, Segundo Đurin, Bojan & Margeta, Jure. (2017) os objetivos gerais de sustentabilidade estão relacionados a aspectos econômicos, sociais e ambientais. Ou seja, ao utilizar energia renovável fotovoltaica em substituição a fontes tradicionais de energia, por exemplo: como um novo conceito para o uso de energia solar fotovoltaica nos sistemas de abastecimento urbano de água, atinge-se a maioria destes objetivos ambientais. Deste modo, os objetivos sociais atingidos estão relacionados ao preço do serviço de fornecimento de água como critérios mensuráveis e ao fato de agregar valores de sustentabilidade à cidade. O cumprimento destes objetivos de sustentabilidade está intimamente relacionado a características básicas desta solução. Contudo, hoje em dia, os critérios econômicos ainda são dominantes e essa é a razão pela qual boas análises econômicas do problema são a base para a solução e avaliação alternativa. A abordagem econômica, de acordo com a conceito de custo do ciclo de vida, e valor

presente líquido, deve ser sempre utilizada por ser a melhor indicação de rentabilidade econômica do custo do sistema em análise.

### 2.3 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

As atividades humanas e o aumento expressivo da população vêm gerando durante as últimas décadas uma série de mudanças no planeta em diversos níveis como: escassez de recursos essenciais tais como a água, alteração dos ciclos básicos da natureza, mudanças climáticas extremas, ocupação e alteração irregular do solo, etc. Tais mudanças levaram à discussão sobre qual seria o futuro do nosso planeta, caso a humanidade continue avançando nessa direção e quais seriam as medidas necessárias a serem adotadas para alterar esse percurso em direção a um modelo de desenvolvimento mais eficaz e duradouro (VEZZOLI, et all, 2018).

Ainda, segundo Vezzoli et all (2018), decorrente dessas discussões surge o conceito de desenvolvimento sustentável na cena da política internacional. O termo refere-se a condições sistêmicas onde tanto no âmbito planetário como local o desenvolvimento social e econômico ocorre.

Contudo o conceito de desenvolvimento sustentável mais conhecido mundialmente é o Relatório de Brundtland, sendo; “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades”; esta definição contém dois conceitos chaves; a necessidade referindo-se particularmente às necessidades dos países e à ideia de limitação imposta pelo estado atual da tecnologia e de organizações sociais para atender as necessidades do presente e do futuro (BELLEN, 2008).

### 2.4 PLANO DE GESTÃO DE LOGÍSTICA SUSTENTÁVEL

O Plano de Gestão de Logística Sustentável (PLS) fundamenta-se em diversos mecanismos legais que estabelecem diretrizes e obrigatoriedades aos organismos governamentais para a prática de ações de sustentabilidade, podendo citar: Constituição Federal (Art.37 combinado com Art.225 e Art.170), Lei 8.666/1993 (que trata das normas para licitações e contratos da Administração Pública - Art.3º e Art.12), Lei 12.305/2010 (Plano Nacional de Resíduos Sólidos – Art.07), Lei

12.187/2009 (Instituí a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC - Art.06, XII), IN01/2010, Decreto 7.746/2012, IN10/2012. (CRO 5, 2015)

Da mesma forma, Carvalho (2016), salienta que os PLS são ferramentas de planejamento que proporcionam ao órgão ou entidade o estabelecimento de práticas de sustentabilidade e de racionalização dos gastos e processos na Administração Pública, sendo regulamentados a partir do Decreto 7.746 de 5 de junho de 2012 e na Instrução Normativa n.º 10 da SLTI/MPOG de 12 de novembro de 2012, que institui os Planos no âmbito da Administração Pública Federal.

Ainda segundo CRO 5<sup>2</sup> (2015) o PLS tem como objetivo estabelecer uma ferramenta efetiva de planejamento da sustentabilidade com objetivos e responsabilidades, com definição de ações, metas, prazos de execução e mecanismos de monitoramento e avaliação, possibilitando a implementação de práticas de sustentabilidade e racionalização de gastos e processos na Administração Pública.

Desse modo, CRO 5 (2015) salienta também que sustentabilidade é assunto recorrente em todas as esferas da sociedade atualmente. Este assunto vem se tornando cada vez mais constante no cotidiano e possibilitando a tradução do que antes seria imaginário em realidades presentes e permanentes nas ações de servidores públicos. Preservar o meio ambiente é premissa básica para se almejar a promoção do desenvolvimento sustentável. A relação de agentes da administração pública com o meio ambiente, vem de longos anos, na implementação da coleta seletiva solidária na instituição, o apoio à política de gestão de resíduo sólido na região e oferta de cursos voltados à formação de profissionais para atuarem na gestão ambiental. Destaca-se ainda, adesão aos programas de governo que transformam as práticas institucionais em ações sustentáveis. Como exemplo de programa, pode-se citar: Plano de Logística Sustentável, Agenda Ambiental da Administração Pública e o projeto Explanada Sustentável.

---

<sup>2</sup> **Comissão Regional de Obras 5 (CRO 5):** desempenha inúmeras e complexas atividades, assistindo diretamente às necessidades da Diretoria de Obras Militares - DOM, no tocante ao controle, elaboração de laudos técnicos, acompanhamento, fiscalização da execução direta ou indireta de obras de ampliações, reformas, adaptações, reparações, demolições e benfeitorias de instalações das Organizações Militares abrangidas pela 5ª Região Militar do Exército Brasileiro.

Por outro lado, Carvalho (2016), considera que os indicadores presentes nos PLS, com base na IN10/2012, não são suficientes para elaboração, avaliação e monitoramento adequados em atendimento às dimensões do Desenvolvimento Sustentável. Dessa forma, propõe em seu estudo a complementação de indicadores para aplicação em PLS de instituições públicas em atendimento às dimensões do Desenvolvimento Sustentável e obtém como resultado final de seu trabalho a criação de indicadores para aplicação em projetos de implantação de Planos de Gestão de Logística Sustentável em instituições públicas em atendimento às dimensões do Desenvolvimento Sustentável adequados à realidade da organização e atendendo às dimensões ambiental, social, econômica e institucional.

## 2.5 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL SOB A PERSPECTIVA DAS COMPRAS PÚBLICAS

O Ministério do Meio Ambiente do Brasil (BRASIL a, 2018) alerta que apesar do tema construções e reformas sustentáveis não ser novo, a maioria dos prédios públicos não foi desenvolvido de forma sustentável com aproveitamento dos recursos naturais como, por exemplo, o uso de energia solar ou das correntes de vento. Na administração pública poucas foram as edificações projetadas de maneira sustentável. Porém, mesmo em um prédio já construído, é possível adotar medidas que visem a efficientização dos recursos naturais. Algumas medidas que podem ser adotadas são o incentivo a materiais de construção com certificado de origem que atestem a produção através de uma cadeia “limpa” na fase de construção, a adoção de um sistema de reaproveitamento e reuso das águas e a adoção de um sistema de iluminação eficiente. Essas últimas medidas podem ser adotadas em qualquer fase da obra inclusive após a construção.

Conseqüentemente, a implantação dessas medidas pode ser adotada tanto em edifícios em construção como naqueles já construídos. A instalação dessas medidas gera uma economia substancial de recursos naturais contribuindo não apenas para a manutenção do equilíbrio ambiental como também na redução de gastos para o setor público (BRASIL a, 2018).

Portanto, o poder público pode ser utilizado como um importante elemento de pressão para a implantação da sustentabilidade e a compra pública verde é um

desses elementos que forçam o mercado para a mudança de comportamento insustentável de consumo e produção (SEIXAS, 2018).

Ainda segundo Seixas (2018) a sociedade, paulatinamente, vai compreendendo a relação entre o consumo e as suas consequências para o planeta, tornando-se mais consciente do seu papel diante da sustentabilidade. Esses atores, governo, empresas e sociedade, por meio de regulação, autorregulação e informações, respectivamente, podem levar a cabo um plano nacional de desenvolvimento mais sustentável para o país no qual as compras sustentáveis são substantivas.

Conseqüentemente, Seixas (2018) alerta que ao se engajar em uma proposta de desenvolvimento sustentável, o poder público deve interceder para transformar padrões produtivos e as formas de se comprar e consumir. Para isso, pode promover estilos de vida e comportamentos mais sustentáveis, remodelar sua própria infraestrutura, elaborar normas e criar incentivos econômicos favoráveis à conservação dos recursos naturais e à felicidade humana. Isso significa, entre outras ações, abolir ou revisar políticas que dificultam o consumo e a produção sustentável, criar políticas que promovam e proporcionem padrões de vida fundados em bem-estar, e melhorar o desempenho e os procedimentos das contratações públicas.

Contudo, segundo Minozzo e Oliveira (2018) nas licitações disciplinadas pelo Regime Diferenciado de Contratações Públicas (RDC), poderão ser exigidos requisitos de sustentabilidade ambiental, na forma da legislação aplicável. A Lei 8.666/93, que estabelece normas gerais sobre licitações e contratos administrativos pertinentes a obras, serviços, inclusive de publicidade, compras, alienações e locações no âmbito dos Poderes da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, aborda a questão ambiental de forma superficial em seu art. 12: “ Nos projetos básicos e projetos executivos de obras e serviços serão considerados principalmente os seguintes requisitos: (...) VII- impacto ambiental”. Enquanto a Lei 12.462/11, que institui o Regime Diferenciado de Contratações Públicas – RDC, prevê que seja considerado um conjunto de normas, art. 4º, §1º:

I - disposição final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos gerados pelas obras contratadas;

II - mitigação por condicionantes e compensação ambiental, que serão definidas no procedimento de licenciamento ambiental;

III - utilização de produtos, equipamentos e serviços que, comprovadamente, reduzam o consumo de energia e recursos naturais;

IV - avaliação de impactos de vizinhança, na forma da legislação urbanística;

V - proteção do patrimônio cultural, histórico, arqueológico e imaterial, inclusive por meio da avaliação do impacto direto ou indireto causado pelas obras contratadas; e

VI - acessibilidade para o uso por pessoas com deficiência ou com mobilidade reduzida.

Em consonância com estas determinações a Instrução Normativa N° 01, de 19 de janeiro de 2010 da Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (IN 01 SLTI MPOG, 2010) orienta sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional e dá outras providências, indicando no seu Capítulo II - DAS OBRAS PÚBLICAS SUSTENTÁVEIS:

Art. 4º Nos termos do art. 12 da Lei nº 8.666, de 1993, as especificações e demais exigências do projeto básico ou executivo, para contratação de obras e serviços de engenharia, devem ser elaborados visando à economia da manutenção e operacionalização da edificação, a redução do consumo de energia e água, bem como a utilização de tecnologias e materiais que reduzam o impacto ambiental, tais como (IN 01 SLTI MPOG, 2010):

I – uso de equipamentos de climatização mecânica, ou de novas tecnologias de resfriamento do ar, que utilizem energia elétrica, apenas nos ambientes aonde for indispensável;

II – automação da iluminação do prédio, projeto de iluminação, interruptores, iluminação ambiental, iluminação tarefa, uso de sensores de presença;

III – uso exclusivo de lâmpadas fluorescentes compactas ou tubulares de alto rendimento e de luminárias eficientes;

IV – energia solar, ou outra energia limpa para aquecimento de água;

V – sistema de medição individualizado de consumo de água e energia;

VI – sistema de reuso de água e de tratamento de efluentes gerados;

VII – aproveitamento da água da chuva, agregando ao sistema hidráulico elementos que possibilitem a captação, transporte, armazenamento e seu aproveitamento;

VIII – utilização de materiais que sejam reciclados, reutilizados e biodegradáveis, e que reduzam a necessidade de manutenção; e...

Contudo a licitação sustentável é uma obrigação à qual a Administração Pública necessariamente deve se vincular, visto que a sustentabilidade é um princípio expresso em nossa Carta Magna, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defender e preservar o meio ambiente para as presentes e futuras gerações. A Lei 8.666/93, no entanto, trata a questão ambiental muito superficialmente no art.12 onde diz que os projetos básicos e projetos executivos de obras e serviços deverão considerar entre outros o impacto ambiental. Esse dispositivo legal atribui à Administração Pública a análise do impacto ambiental tão somente na elaboração do projeto básico e não como um critério de escolha (MINOZZO e OLIVEIRA, 2018).

Mas, por outro lado, a Instrução Normativa N° 01, de 19 de janeiro de 2010 da Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (IN 01 SLTI MPOG, 2010) orienta ainda em seu Capítulo IV - DISPOSIÇÕES FINAIS:

Art. 8º A Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação – SLTI, do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, disponibilizará um espaço específico no Comprasnet<sup>3</sup> para realizar divulgação de:

---

<sup>3</sup>O portal **Comprasnet** é disponibilizado para realização de processos eletrônicos de aquisições e disponibilização de informações referentes às licitações e contratações promovidas pelo governo. É gerenciado pelo Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão – MPOG. Pelo Comprasnet podem ser realizadas as licitações previstas na Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993 (convites, tomadas de preço e concorrência), os pregões e as cotações eletrônicas. Além disso, no portal Comprasnet podem ser consultados os editais e acompanhadas as licitações. São também disponibilizadas publicações, legislação e informações sobre contratações realizadas e cadastro de fornecedores, dentre outras.

I - listas dos bens, serviços e obras contratados com base em requisitos de sustentabilidade ambiental pelos órgãos e entidades da administração pública federal;

II – bolsa de produtos inservíveis;

III - banco de editais sustentáveis;

IV – boas práticas de sustentabilidade ambiental;

V – ações de capacitação conscientização ambiental;

VI - divulgação de programas e eventos nacionais e internacionais; e

VII – divulgação de planos de sustentabilidade ambiental das contratações dos órgãos e entidades da administração pública federal.

O portal eletrônico de contratações públicas do Governo Federal - Comprasnet divulga dados sobre planos e práticas de sustentabilidade ambiental na Administração Pública Federal, contendo ainda um fórum eletrônico de divulgação de materiais ociosos para doação a outros órgãos e entidades da Administração Pública (IN 01 SLTI MPOG, 2010).

Da mesma forma, segundo a Advocacia Geral da União (AGU), (2016) em seu Guia Nacional de Licitações Sustentáveis esclarece que uma licitação sustentável é a licitação que integra considerações socioambientais em todas as suas fases com o objetivo de reduzir impactos negativos sobre o meio ambiente e, via de consequência, aos direitos humanos. Trata-se de uma expressão abrangente, uma vez que não está delimitada pelo procedimento licitatório em si, mas perpassa todas as fases da contratação pública, desde o planejamento até a fiscalização da execução dos contratos. Desta forma uma licitação sustentável deverá considerar, no mínimo, ao lado de aspectos sociais e da promoção do comércio justo no mercado global, os seguintes aspectos:

I - redução do consumo;

II - análise do ciclo de vida do produto (produção, distribuição, uso e disposição) para determinar a vantajosidade econômica da oferta;

III - estímulo para que os fornecedores assimilem a necessidade premente de oferecer ao mercado, cada vez mais, obras,

produtos e serviços sustentáveis, até que esta nova realidade passe a representar regra geral e não exceção no mercado brasileiro;

IV - fomento da inovação, tanto na criação de produtos com menor impacto ambiental negativo, quanto no uso racional destes produtos, minimizando a poluição e a pressão sobre os recursos naturais;

## 2.6 CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS

O Ministério do Meio Ambiente do Brasil (BRASIL a, 2018) define Construções sustentáveis como um conceito que denomina um conjunto de medidas adotadas durante todas as etapas da obra que visam a sustentabilidade da edificação. Através da adoção dessas medidas é possível minimizar os impactos negativos sobre o meio ambiente além de promover a economia dos recursos naturais e a melhoria na qualidade de vida dos seus ocupantes. Uma obra sustentável leva em consideração todo o projeto da obra desde a sua pré-construção onde devem ser analisados o ciclo de vida do empreendimento e dos materiais que serão usados, passando por cuidados com a geração de resíduos e minimização do uso de matérias-primas com reaproveitamento de materiais durante a execução da obra até o tempo de vida útil da obra e a sustentabilidade da sua manutenção.

Por outro lado, Construção Sustentável também pode ser definida como um sistema construtivo que promove intervenções sobre o meio ambiente, adaptando-o para suas necessidades de uso, produção e consumo humano, sem esgotar os recursos naturais, preservando-os para as gerações futuras. A Construção Sustentável faz uso de materiais e de soluções tecnológicas visando o bom aproveitamento, conforto e a economia de recursos finitos (água e energia elétrica), a redução da poluição e a melhoria da qualidade do ar no ambiente interno de seus moradores e usuários. Esse tipo de interação, o uso de materiais com baixo impacto ambiental e bom aproveitamento das construções gera o que se pode chamar de uma construção sustentável. Mesmo quando emprega produtos ou processos artesanais, o faz conscientemente, buscando o sucesso ambiental integral da obra (FERNANDES, 2009).

De acordo com Tavares (2006) em construções sustentáveis estariam aplicados os princípios do desenvolvimento sustentável ao ciclo de vida detalhado, particularmente: na extração e no beneficiamento de matérias primas, no planejamento, no projeto, na técnica construtiva dos edifícios e na sua infraestrutura, até na sua desconstrução e no gerenciamento dos resíduos resultantes. É um processo holístico, que visa a restaurar e a manter a harmonia entre os ambientes naturais e construídos, ao criar empreendimentos que afirmem a dignidade humana e incentivem a equidade dos aspectos ambientais, sociais e econômicos.

Ao tratar de edificações sustentáveis, quanto à arquitetura, deve-se preocupar, principalmente, com o desenvolvimento e a direção responsável de um ambiente construído saudável com base em princípios ecológicos e usos funcionais dos recursos. Seu objetivo é reduzir ao máximo o impacto ambiental negativo que isso gera no ambiente através de energia, resíduos e outros recursos. Este tipo de arquitetura apresenta benefícios diretos para o utilizador, como a melhoria da qualidade do ar interior (melhor ventilação, menos emissões de toxinas de materiais, acesso à luz natural, etc.). Com tudo isso há uma menor possibilidade de doenças, pois ajudam a reduzir o sedentarismo, aumenta a produtividade, melhora o humor, melhora os níveis de atenção e aumenta o conforto ambiental. (MARÍA, IVANNA e ANALÍA, 2018).

Por outro lado o conceito de arquitetura sustentável, pode ser definido como forma de criação de arquitetura que otimiza os recursos energéticos na construção, realiza conservação e manutenção dos edifícios; Da mesma forma, considera os materiais locais, que a concepção do projeto se adapta ao clima local e à paisagem local, que incorpora contribuições culturais e procedimentos construtivos nativos do meio ambiente, e que consomem Energias renováveis (MARÍA e KEIKO, 2018).

## 2.7 ETAPAS DE UMA EDIFICAÇÃO

Segundo o Ministério do Meio Ambiente do Brasil (BRASIL a, 2018), o ciclo de vida de uma edificação inicia-se na fase de planejamento da obra, onde a concepção do projeto acontece. É no início do ciclo de vida, quando são realizados os estudos de viabilidade, elaboração de projetos e especificações. Desde esta fase, as práticas de sustentabilidade já devem ser implementadas. Inicia-se com a

escolha do local da construção, deve levar em consideração o entorno e dinâmica da região onde o mesmo será inserido. A fase de implantação do edifício se dá quando se coloca em prática aquilo que foi planejado na fase de planejamento, inclusive as práticas de sustentabilidade, tais como àquelas que visam à redução do desperdício de materiais e economia de energia.

A fase de uso e manutenção é a fase mais longa da vida útil do edifício, quando o mesmo se torna sustentável ou não, dependendo de como ele foi concebido, implantado e gerido. Nesta fase algumas mudanças podem ser realizadas, de tal maneira, que mesmo que um edifício não tenha sido planejado e implantado dentro da concepção de construção sustentável, ele poderá assimilar a partir de reformas, diversas práticas de sustentabilidade (BRASIL a, 2018).

Ainda segundo o Ministério do Meio Ambiente do Brasil (BRASIL a, 2018), existe uma última etapa da vida útil do edifício, caracterizada pela fase de demolição, que marca o final do ciclo de vida de uma edificação e, em geral, o início de outro. Esta etapa deverá ser marcada pelo aproveitamento de materiais e, sempre que possível, pela reciclagem e reutilização.

Portanto, é certo que, quando a construção já foi desde a primeira fase planejada para ser sustentável, fica muito facilitado o caminho para a adoção de práticas de sustentabilidade na edificação.

## 2.8 PRÁTICAS DE SUSTENTABILIDADE

A implantação de práticas de sustentabilidade na Cadeia da Construção Civil, beneficia a sociedade como um todo pois, busca a preservação do meio ambiente natural, e indo além, a adoção destas práticas pode determinar a continuidade das atividades desse setor (CAVALLI, 2015).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente do Brasil (BRASIL b, 2018), os governos municipais possuem grande potencial de atuação na temática das construções sustentáveis. As prefeituras podem induzir e fomentar boas práticas por meio da legislação urbanística e código de edificações, incentivos tributários e convênios com as concessionárias dos serviços públicos de água, esgotos e energia. Para contribuir com tais iniciativas, é apresentado um conjunto de

prescrições adequadas à realidade brasileira abrangendo aspectos urbanísticos e edifícios.

Para a implantação urbana, recomenda-se: adaptação à topografia local, com redução da movimentação de terra; preservação de espécies nativas; previsão de ruas e caminhos que privilegiem o pedestre e o ciclista e contemplem a acessibilidade universal; previsão de espaços de uso comum para integração da comunidade; e, preferencialmente, de usos do solo diversificados, minimizando os deslocamentos (BRASIL b, 2018).

No âmbito da edificação, entende-se como essenciais: adequação do projeto ao clima do local, minimizando o consumo de energia e otimizando as condições de ventilação, iluminação e aquecimento naturais; previsão de requisitos de acessibilidade para pessoas com mobilidade reduzida ou, no mínimo, possibilidade de adaptação posterior; atenção para a orientação solar adequada, evitando-se a repetição do mesmo projeto em orientações diferentes; utilização de coberturas verdes; e a suspensão da construção do solo (a depender do clima) (BRASIL b, 2018).

O Ministério do Meio Ambiente do Brasil (BRASIL b, 2018), orienta ainda que na escolha dos materiais de construção: a utilização de materiais disponíveis no local, pouco processados, não tóxicos, potencialmente recicláveis, culturalmente aceitos, propícios para a autoconstrução e para a construção em regime de mutirões, com conteúdo reciclado. Além disso, deve-se evitar sempre o uso de materiais químicos prejudiciais à saúde humana ou ao meio ambiente, como amianto, clorofluorcarboneto (CFC), hidro clorofluorcarbonos (HCFC), formaldeído, poli cloreto de vinila (PVC), tratamento de madeira com arseniato de cobre cromatado (CCA), entre outros. Quanto aos resíduos da construção civil, deve-se atentar para a sua redução e disposição adequada, promovendo-se a reciclagem e reuso dos materiais.

Com relação à energia, recomenda-se o uso do coletor solar térmico para aquecimento de água, de energia eólica para bombeamento de água e de energia solar fotovoltaica, com possibilidade de se injetar o excedente na rede pública. Sobre águas e esgoto, é interessante prever: a coleta e utilização de águas pluviais, utilização de dispositivos economizadores de água, reuso de águas, tratamento adequado de esgoto no local e, quando possível, o uso de banheiro seco (BRASIL b, 2018).

E, por último, o Ministério do Meio Ambiente do Brasil (BRASIL b, 2018), orienta que a respeito do tratamento das áreas externas, recomenda-se a valorização dos elementos naturais no tratamento paisagístico e o uso de espécies nativas, a destinação de espaços para produção de alimentos e compostagem de resíduos orgânicos, o uso de reciclados da construção na pavimentação e de pavimentação permeável, a previsão de passeios sombreados no verão e ensolarados no inverno.

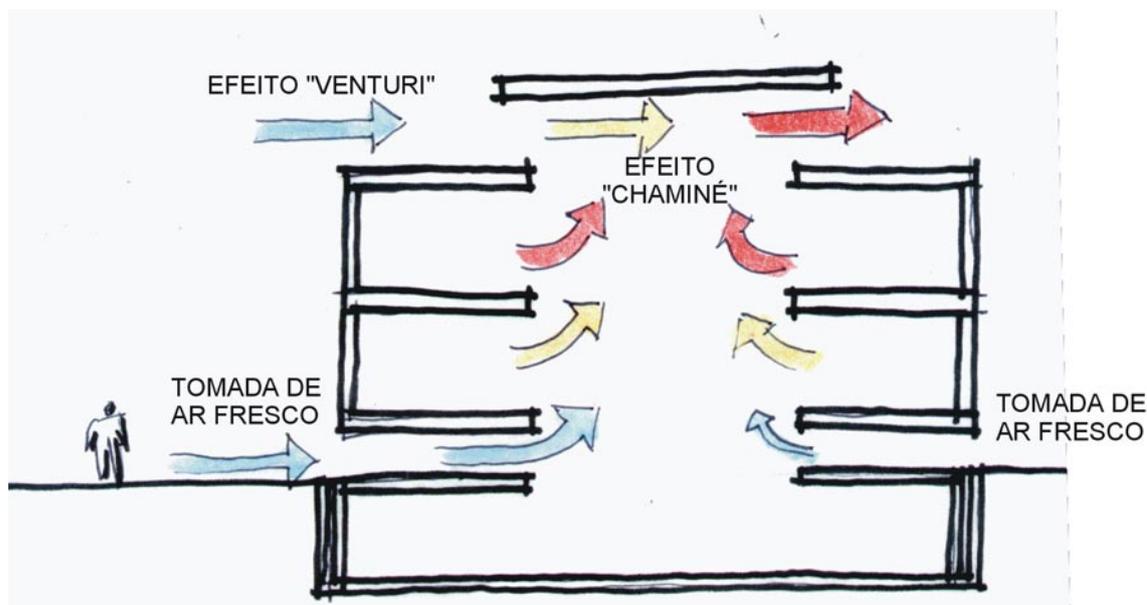
Dentre todas as recomendações mencionadas acima, neste trabalho será dada especial atenção às práticas de sustentabilidade a serem utilizadas na edificação objeto de estudo. Tais como:

- Esquadrias eficientes para controle iluminação/ventilação;
- Flexibilidade de uso (os ambientes se adaptam as necessidades dos usuários ao longo do tempo);
- Uso de lâmpadas econômicas e de sensores para a iluminação;
- Coleta de água de chuva;
- Utilização de caixas de descargas econômicas (6 litros) e de metais/torneiras economizadores de água;
- Aquecimento solar de água;
- Energia solar fotovoltaica;

### 2.8.1 Esquadrias eficientes para controle iluminação/ventilação

Para ventilar bem o espaço as posições de portas e janelas tem papel fundamental. As aberturas que estiverem na direção do vento predominante farão com que a ventilação seja muito mais eficiente. A ventilação cruzada acontece quando o ar entra no cômodo e sai por uma outra abertura. É possível perceber a ventilação cruzada facilmente pois ela forma uma corrente de ar constante (DRUMOND R., 2013).

Drumond (2013) orienta também que outra maneira eficiente de evitar o calor no interior da edificação é fazer aberturas no teto ou na parte superior das paredes. Isso funciona porque o ar quente tende a subir e quando encontra uma abertura ele é expulsado do ambiente, este efeito funciona da mesma forma que em uma chaminé, conforme ilustrado na Figura 3.



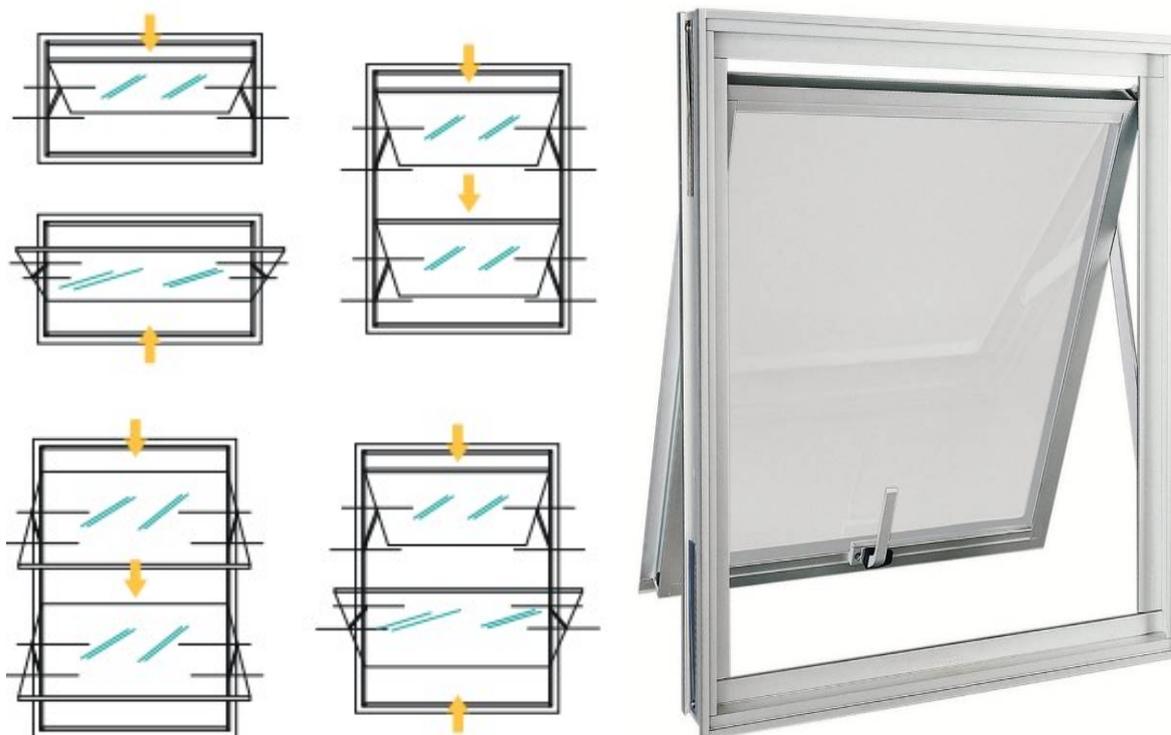
**Figura 3 – Ilustração Ventilação Natural Eficiente**  
**Fonte: DRUMOND R. (2013)**

Ainda segundo Drumond (2013) para uma edificação ser energeticamente eficiente a iluminação deve permitir reduzir ou substituir a iluminação artificial. No entanto, grandes aberturas podem aumentar o calor, com a entrada excessiva de radiação solar, principalmente no nosso clima tropical. Portanto, estas decisões devem ser definidas já na fase de projeto da edificação. Alguns fatores que fazem a diferença na iluminação natural de um espaço são:

- a) O tamanho da janela, uma regra simples para determinar a medida mínima de uma esquadria é:
  - Para iluminação, a esquadria deve ter no mínimo 15% da área do ambiente
  - Para ventilação, a esquadria deve ter no mínimo 8% da área do ambiente.
- b) A forma do ambiente: uma sala com pouca profundidade receberá mais luz que uma sala profunda.
- c) A orientação da edificação: no caso do Brasil, hemisfério sul, as edificações voltadas para o norte recebem mais luz.
- d) O reflexo do sol dentro e fora da edificação, a luz solar pode refletir em um chão de concreto fora da casa e entrar no quarto ou a luz pode ser absorvida em um piso de grama. As cores claras refletem muito mais que as cores escuras.

Quando entra luz demais pode-se aquecer muito o ambiente por isso nesses casos é preciso colocar artifícios para se conseguir controlar a incidência solar. Pode-se utilizar persianas, brises, plantas ou cortinas (DRUMOND, 2013).

Uma das soluções possíveis de se adotar é a utilização de janelas do tipo Projetante Deslizante (Maxim-Ar). São janelas destinadas ao uso externo ou interno à edificação, formadas por uma ou mais folhas e que podem ser movimentadas em torno de um eixo horizontal, com translação simultânea desse eixo, conforme ilustrado na Figura 4 (CBIC, 2017). Em meio a tantos modelos de janelas, as janelas Maxim-Ar, também chamadas de Max Ar, ou outras variações, tem seu uso mais comum em banheiros e em salas de edificações comerciais, mas diversos ambientes que exigem apenas uma pequena ventilação ao invés de uma janela mais tradicional podem utilizar o modelo. Sua abertura é feita empurrando a folha da janela para o lado de fora, sendo que alguns modelos podem abrir até 90°. Seu funcionamento ocorre devido a um eixo horizontal e possui apenas uma folha. As vantagens estão no fato de poder abrir até 90° facilitando a ventilação natural do ambiente, luminosidade e a limpeza da janela.



**Figura 4 – Janelas Maxim-Ar em alumínio**  
Fonte: Adaptado de CBIC (2017) e REFORMA FÁCIL. (2013)

## 2.8.2 Flexibilidade de uso

Um ambiente corporativo deve ser pensado em cada detalhe, para oferecer conforto aos colaboradores que trabalham ali. Também para transmitir uma imagem de profissionalismo, qualidade e mesmo traduzir os valores daquela empresa.

Segundo Davico (2013) quando se pretende explorar a flexibilidade de uso de um ambiente deve-se levar em conta os seguintes fatores:

- a) Adaptabilidade: possibilidade de alterar no tempo o espaço construído, com custos limitados ou inexistentes;
- b) Universalidade: o que caracteriza um edifício universalmente flexível é a facilidade de adaptação na sua utilização, ou seja, adaptar o local ao homem permitindo variadas combinações de compartimentação no interior da edificação;
- c) Mobilidade: a flexibilidade móvel está relacionada ao movimento, à mudança de um lugar para o outro, por meio de rodas ou de forma desmontável. Projetos móveis incluem estruturas flexíveis e leves que podem ser transportadas, montadas e remontadas com facilidade, ou espaços que possam ser alterados pela movimentação de elementos ou rotação de espaços físicos;
- d) Transformabilidade: edifícios caracterizados pela concepção modular, podem ser facilmente transformados. Estes permitem adicionar ou remover unidades ou componentes, paredes ou elementos móveis que abrem ou fecham o espaço, ou até mudar de forma, pelo que são exemplos de arquitetura flexível;
- e) Responsabilidade: que tenha a capacidade de responder a uma série de estímulos externos: necessidades energéticas e ambientais, acessibilidade e que, no caso de remodelações do interior, possam ter a capacidade de prolongar a vida do edifício, ampliando o leque das alterações futuras;
- f) Recuperabilidade: todos os elementos técnicos devem ser projetados de modo que, no final da sua vida útil, seja possível e fácil prever a sua reutilização. Estes podem ser reutilizados com função semelhante a inicial, ou redirecionados ao ciclo de produção pelo qual foram gerados.

Desta forma, ainda segundo Davico (2013) a flexibilidade deve ser utilizada como estratégia para uma sustentabilidade social, económica e ecológica, uma vez que, a adaptabilidade de um edifício ao longo do ciclo de vida, é um índice indireto de impacto ambiental. A reutilização de um imóvel existente determina um impacto ambiental menor em comparação com uma nova edificação.

Portanto, a utilização de divisórias é uma possibilidade versátil e eficiente, que permitem uma organização do espaço de acordo com o seu uso objetivando maior bem-estar e melhor aproveitamento de cada área. Assim, é possível isolar determinados ambientes, tornando o escritório mais funcional. E, além disso, elas podem ser utilizadas, inclusive, com fins decorativos, para atenuação acústica e/ou isolamento térmico.

Alguns dos modelos de divisórias mais tradicionais do mercado, segundo Davico (2013), são:

- a) Divisória em gesso acartonado (DryWall) - esta solução, apresenta uma longa lista de características que asseguram as suas vantagens como elemento de partição, tais como: peso relativamente baixo; uma menor espessura das paredes relativamente à alvenaria de tijolo convencional e conseqüente maior área útil; isolamento acústico e térmico pela possibilidade de inclusão de materiais isolantes na caixa-de-ar; ausência de humidade durante a construção e elevada resistência ao fogo; execução simplificada de instalações para fornecimento de água e eletricidade, etc.; rápida execução e pequena geração de resíduos; excelente acabamento, pronto para receber revestimentos como pintura, papel de parede, azulejos, etc. A parede de compartimentação leve com estrutura metálica e placas de gesso acartonado, apresenta uma grande variedade de soluções para responder adequadamente a todas as exigências que a organização espacial pede. As soluções mais económicas têm funções acústicas e térmicas reduzidas, mas a simples aplicação de isolamento na sua caixa-de-ar, permite melhorá-las consideravelmente.
- b) Divisória em Eucatex – Solução que utiliza placas de Eucatex, juntamente com painéis de vidro, Figura 5. São divisórias de óptima qualidade, que vêm sendo usadas pelos mais diversos setores. Isso ocorre pelo seu excelente custo de aquisição, bom funcionamento e

variedade de cores e acabamentos. Além disso, elas são extremamente leves, o que facilita a instalação, tornando o processo ainda mais simples e rápido;

- c) Divisória MÓVEL - Aplicada essencialmente para espaços comerciais e escritórios, os sistemas apainelados flexíveis têm diferentes soluções técnicas. Podem ser usadas como divisórias móveis com características acústicas de uma forma flexível em instalações de grande e pequena dimensão. Os painéis têm juntas telescópicas nos topos superiores e inferiores para um melhor isolamento e as guias de suspensão podem ser simples ou duplas, de acordo com os requisitos. Os painéis são suspensos por roldanas diversificadas segundo a altura e fixas em guias metálicas de teto. O isolamento acústico dos painéis é feito através de lã mineral e materiais de amortecimento de som, revestidos em madeira e com vários tratamentos de superfície à escolha do cliente. A necessidade de criar um nicho volumoso para o ocultamento dos elementos verticais e o preço elevado, não favorecem a sua utilização e aplicação numa habitação, portanto, é um sistema de compartimentação que se adapta melhor para escritórios e espaços públicos;
- d) Divisórias retráteis ou articuladas, Figura 6, possibilitam agilidade de transformação das salas de treinamentos e reuniões. Pequenos ambientes transformam-se em grandes salas, através da mobilidade das divisórias articuladas, que através de trilhos de alumínio fixados no forro, possibilitam o recolhimento total das placas da divisória. A divisória retrátil é indicada para ambientes de escritório com necessidade de alternâncias de dimensões nos ambientes.



**Figura 5 – Divisória Eucatex**  
**Fonte: O autor (2019)**



**Figura 6 – Divisória Retrátil ou Articulada**  
**Fonte: O autor (2019)**

### 2.8.3 Uso de lâmpadas econômicas e de sensores para a iluminação

Devido ao baixo consumo de energia, robustez, tempo de vida útil longo e ao fato de não conterem mercúrio, os díodos emissores de luz (LED's) representam novas oportunidades nas aplicações para iluminação (LOUÇANO, 2009).

São muitas as vantagens das lâmpadas de LED. Além de serem mais eficientes e duráveis do que as tradicionais, elas também são mais econômicas e sustentáveis. A redução no consumo de energia chega a 90%. Segundo Bley (2012), em termos de impacto ambiental, alguns de seus principais fatores são relacionados com a iluminação e com o consumo de energia elétrica. Estudos da *International Energy Agency (IEA)* apontam que a iluminação representa 19% dos gastos com energia elétrica em todo o mundo. Já no Brasil este valor é de 24%. Dentro destes 24%, 35% é com aplicações residenciais, 41% comerciais, 19% públicas e 5% industriais. Além disso 95% do impacto ambiental da iluminação ocorre durante a sua utilização. Portanto, a iluminação é uma das principais áreas onde se deve buscar a diminuição do consumo de energia, principalmente nas aplicações residenciais e comerciais. Desta forma o LED pode contribuir significativamente, pois possui elevada eficiência energética.

Um bom projeto de iluminação é fundamental para a decoração de um ambiente. Além de seu caráter funcional, quando bem executado, ele é capaz de transformar um espaço. Diferentes sensações e efeitos podem ser obtidos com os variados tipos de LED disponíveis no mercado. Mas cada ambiente da edificação exige um tipo específico de iluminação. A versatilidade das lâmpadas de LED se adapta bem a essa exigência. E vale lembrar que esta tecnologia apresenta o melhor custo-benefício do mercado quando se considera sua eficiência energética.

Hoje os LEDs já permitem o retrofit (processo de modernização de um equipamento) das luminárias, pois existem lâmpadas de LED com o mesmo formato e tipo de conexão das lâmpadas convencionais. Isso facilita muito a imediata substituição em aplicações já existentes, onde é necessária apenas a substituição das lâmpadas, sem que isso influencie nas luminárias e na instalação elétrica. Desta forma, reduz-se assim, os gastos com o investimento inicial (BLEY, 2012).

Quanto ao uso, as lâmpadas LED podem ser utilizadas para Iluminação de destaque em ambientes residenciais e comerciais. Podem ser utilizadas em spots (sobre bancadas, objetos decorativos), arandelas (criar efeitos na parede), balizadores (iluminação de corredores e escadas), na iluminação de fachadas e na iluminação geral de ambientes.

Portanto, pode-se ilustrar os diferentes tipos de lâmpadas Led dividindo-as em três grupos conforme sua finalidade, Figuras 7, 8 e 9



Figura 7 – Tipos de Lâmpadas de Led – Iluminação de Destaque  
Fonte: ILUNATO (2018)

Além dos tipos ilustrados acima, em ambientes comerciais, também são muito utilizadas as lâmpadas tubulares de LED, e as fitas de LED em sancas de gesso para proporcionar efeitos decorativos.



Figura 8 – Tipos de Lâmpadas de Led – Iluminação Geral  
Fonte: ILUNATO (2018)



**Figura 9 – Tipos de Lâmpadas de Led – Iluminação Decorativa**  
**Fonte: ILUNATO (2018)**

Outro dispositivo simples, barato e essencial quando se pensa em eficiência energética e economia em termos iluminação é a utilização de dispositivos automáticos para comando da iluminação. Portanto, não há dúvidas que a instalação de sensores de movimento e presença gere economia de energia, porém, a simples instalação não significa uma economia automática. Instalar produtos não adequados, ou de baixa qualidade, pode gerar desligamentos e acendimentos não desejados, diminuindo a vida útil das lâmpadas, provocando falta de controle e aumentando o consumo de energia (FINDER, 2018).

Ainda segundo a Finder (2018) a instalação de sensores de movimento e presença é uma forma útil de reduzir o consumo de energia em diferentes tipos de ambiente. Manter apagadas as luzes dos espaços comuns quando não há ninguém no local, pode reduzir consideravelmente a conta de energia. Os sensores ativam as luzes quando detectam movimento e/ou presença no ambiente e, também, as apagarão automaticamente quando não são mais necessárias.

#### 2.8.4 Coleta de água de Chuva

Diversos estudos na área da construção civil têm demonstrado a necessidade e a importância de gerenciar a utilização da água de maneira mais efetiva e eficaz, proporcionando a racionalização e o combate ao desperdício e,

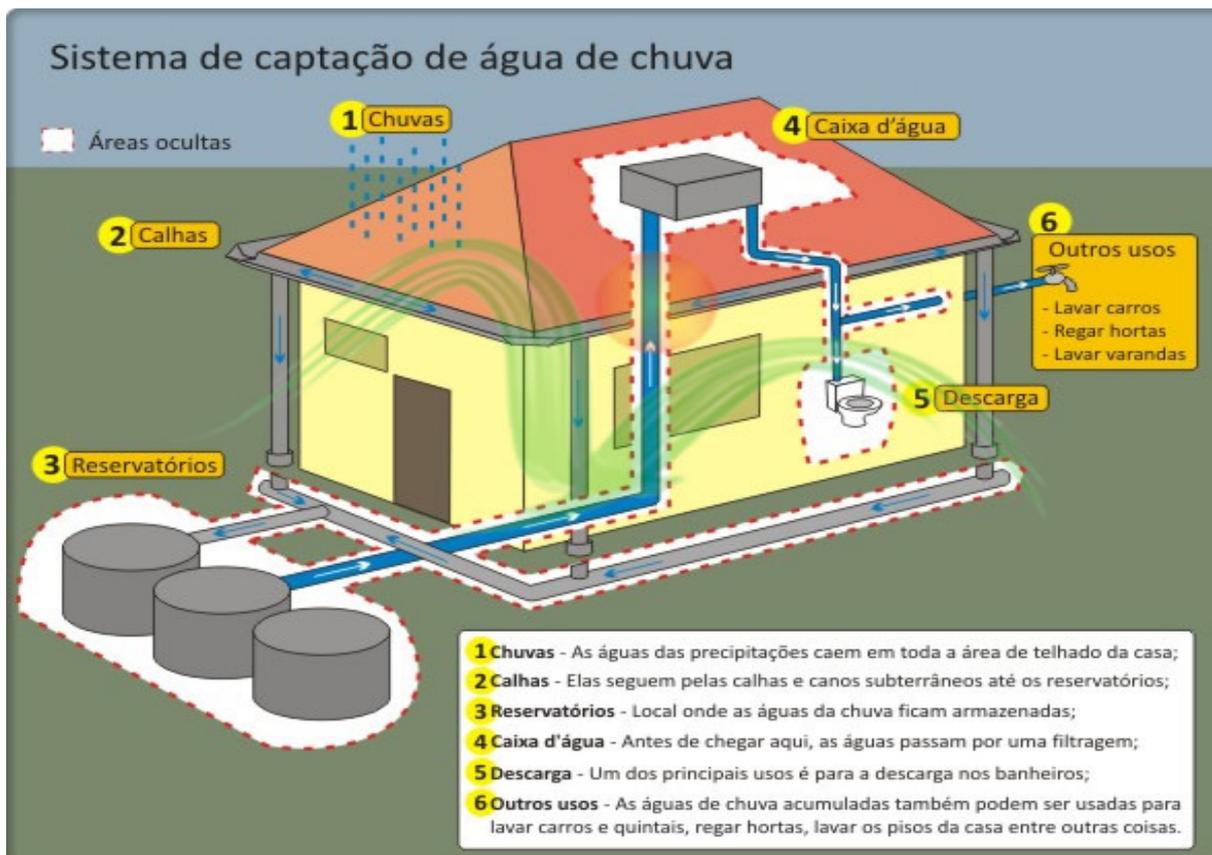
consequentemente, a adoção de práticas mais sustentáveis. Um dos métodos mais comentados é a implantação de sistemas de captação da água da chuva para ser utilizada em fins não potáveis, desenvolvendo a conscientização ambiental dos indivíduos (BEMFICA e BEMFICA, 2015).

Ainda segundo os autores Bemfica e Bemfica (2015), são muitas as aplicações do reuso da água, mas, para qualquer ação ou programa de conservação e reutilização deste insumo é imprescindível que sejam considerados tanto os aspectos legais e institucionais quanto os técnicos e econômicos, visando analisar o custo/benefícios das medidas de reuso independentemente do ambiente. Assim as aplicações para reuso da água dividem-se em: uso doméstico, uso industrial, uso agrícola e para recarga de aquíferos.

A utilização da implantação de sistemas de aproveitamento da água da chuva é bastante comum em regiões semiáridas pelo fato de que, nessas regiões, é notória a escassez hídrica, principalmente nas zonas rurais. Entretanto, esses sistemas estão sendo usados para a reutilização da água da chuva em cidades, podendo ser praticada por empresas, organizações e, até mesmo, residências domésticas (BEMFICA e BEMFICA, 2015).

Existem diferentes sistemas de captação da água pluvial, mas resumidamente, o processo de captação, Figura 10, inicia quando a água coletada pelo sistema de calhas tradicional é direcionada a um tubo de queda de água, onde se encontra um filtro seletor que irá separar os resíduos sólidos (folhas e impurezas que ficam nas calhas), despejando a água filtrada em um reservatório inferior (cisterna) para o armazenamento. A cisterna pode ser subterrânea, sem necessidade de ficar aparente, nela a água passa por um tratamento com cloro orgânico (PORTE Jr., 2018).

Ainda segundo Porte Jr. (2018) Uma bomba direciona a água armazenada na cisterna para o reservatório superior (caixa d'água) onde será distribuída para os vasos sanitários, para a lavanderia e para as torneiras externas. Ambos os reservatórios necessitam de um "ladrão", um sistema simples que impede a água armazenada de transbordar.



**Figura 10 – Ilustração esquemática de um sistema de captação de chuva**  
**Fonte: PORTE Jr. (2018)**

Com a utilização de sistemas de captação pluvial é possível reduzir em até 60% os gastos com o abastecimento de água. O brasileiro consome em média 200 litros diários de água, destes cerca de 32% são usados na descarga de vasos sanitários e mictórios; 14% na lavagem de roupas; e 8% destinados a lavagem de automóveis, de áreas externas e irrigação (PORTE Jr., 2018).

#### 2.8.5 Utilização de caixas de descargas econômicas (6 litros) e de metais/torneiras economizadores de água

O consumo de água em um banheiro depende de vários fatores: tecnologia dos aparelhos sanitários (chuveiro, torneira, vaso), tipo de edificação, época do ano e, principalmente, hábitos dos usuários. Portanto, algumas medidas adotadas na elaboração e manutenção do banheiro podem reduzir consideravelmente o consumo de água nas edificações e, conseqüentemente, a produção de esgoto sanitário. Desse modo, Segundo Oliveira (2002), as bacias sanitárias são frequentemente apontadas como responsáveis pelo maior índice de consumo de água em edifícios,

com valores variando de 32% a 40%. Com o objetivo de melhorar a qualidade e reduzir o volume de água utilizado pelas bacias sanitárias, as indústrias de componentes hidráulicos e sanitários tem como objetivo diminuir o volume nominal de descarga de 12 litros para 6 litros de água, tornando o uso de água por estes dispositivos mais racional. Figura 12.

No Brasil o uso de aparelhos economizadores de água vem crescendo de forma acelerada, com destaque para prédios de uso público, como shopping center, teatros, cinemas, escolas, entre outros. O uso destes aparelhos é adotado por reduzir as despesas com água e esgoto, além de ganhar caráter ambiental, algo que cresce no país. Tais tendências também ocorre nas edificações residenciais, principalmente nas populares, mas em menor escala (DEMANBORO ET ALL, 2015).

Dessa forma, segundo Demanboro et all (20015), foi possível obter uma economia de até 48% através da substituição de torneiras automáticas por torneiras acionadas por sensor de presença em um estudo realizado em 2 escolas de Florianópolis, sendo que no caso de substituição de torneiras comuns por torneiras acionadas por sensor, os autores relatam economia da ordem de 77%.

Basicamente, os equipamentos economizadores podem ser de dois tipos: os equipamentos de funcionamento hidromecânico, Figura 11a, no qual o usuário aciona manualmente o dispositivo de comando e o fechamento ocorre após um tempo pré-determinado e o de sensor de presença, Figura 11b, com a presença do usuário o sensor manda sinal para liberar o fluxo de água, quando não é mais identificado a presença do usuário interrompe-se o fluxo.

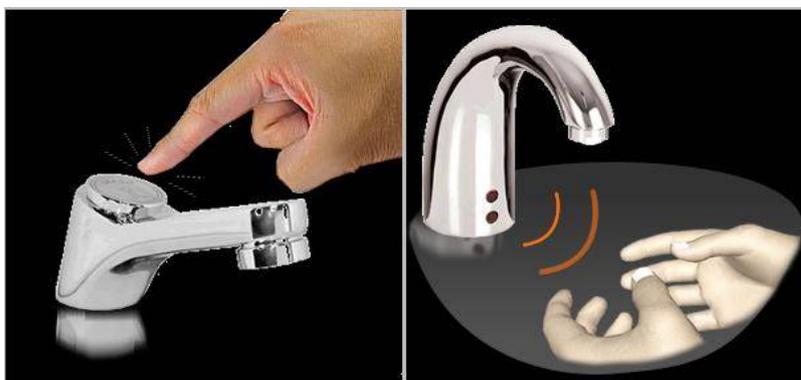


Figura 11 – a) Funcionamento hidromecânico e b) Funcionamento por sensor de presença  
Fonte: GUSS (2012)



**Figura 12 – Caixa de descarga com acionamento duplo**  
Fonte: GUSS (2012)

Outra forma seria a adoção de mictórios, pois utilizam menos que 2 litros de água por acionamento. Aqui no Brasil ainda só existem modelos masculinos, mas em outros países já podem ser encontrados os mictórios femininos iguais aos da Figura 13.



**Figura 13 – Mictório Feminino**  
Fonte: GUSS (2012)

#### 2.8.6 Aquecimento solar de água

Uma maneira de reduzir o consumo de energia elétrica e proporcionar o conforto onde ela não existe, é pela adoção de sistema de aquecimento de água por energia solar. A grande virtude do aquecimento de água por energia solar é a

redução do consumo de energia nas residências no horário de pico, entre 19 e 21 horas, quando há grande aumento de demanda de energia, em decorrência do hábito das pessoas de tomarem banho com chuveiro elétrico. O sistema de aquecimento residencial de água por energia solar mais indicado é por circulação natural ou termossifão, pela sua simplicidade, confiabilidade e necessitar de pouca manutenção. A circulação ocorre devido à diferença de densidade entre a água fria e a água quente, por convecção. Suas vantagens são a de não consumir energia elétrica, não causar poluição e proporcionar pouca manutenção, que está restrita à limpeza dos painéis (BASSO, 2010)

Diferentemente da energia solar fotovoltaica, cujo princípio de funcionamento é a conversão da energia solar em energia elétrica, a energia solar térmica é uma tecnologia que permite a conversão da energia solar em energia térmica, e a partir disso, proporciona o aquecimento da água em sistemas residenciais, prediais e comerciais. A conversão da radiação eletromagnética proveniente do sol em energia térmica é realizada pelos coletores (ou painéis) solares. Há diversos tipos de coletores, com diferentes eficiências na conversão de energia. Para cada finalidade, há um tipo de coletor mais apropriado, como pode ser visto na imagem da Figura 14.

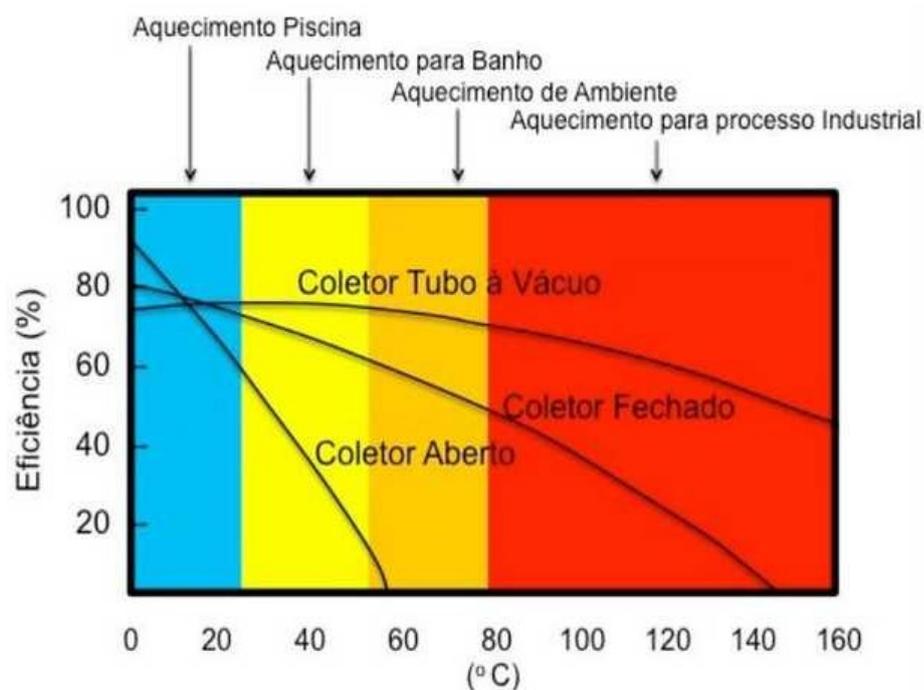


Figura 14 – Curvas de eficiência sistema aquecimento solar  
Fonte: ECYCLE. (2018)

Ainda é possível perceber da Figura 14 que os sistemas solares térmicos são versáteis, podendo ser utilizados no fornecimento de água quente para diversas funções, como o aquecimento de piscinas, apoio ao aquecimento central, água para banho e setores industriais. Dessa forma, ele contribui para uma máxima poupança energética no aquecimento da água.

O princípio de funcionamento de um sistema de aquecimento solar, Figura 15, baseia-se no fato que a superfície dos painéis possui aletas feitas de cobre ou alumínio, comumente pintadas de uma cor escura para maior absorção da radiação solar. Assim, estas aletas captam essa radiação para então transformá-la em calor. O calor é então absorvido pelo líquido presente no interior dos painéis, que é em seguida transportado por bombeamento através de tubos isolados, até que chegue ao depósito de água quente (reservatório térmico ou boiler).



**Figura 15 – Esquema de funcionamento de um sistema de aquecimento solar**  
Fonte: ECYCLE. (2018)

Esse depósito de água quente é composto por material isolante, que impede o resfriamento da água, permitindo que seja fornecida água quente mesmo em períodos sem sol, como à noite. Contudo, há ainda um sistema auxiliar de aquecimento (que pode ser elétrico ou a gás), que atua garantindo que haja água quente mesmo nos momentos em que a radiação solar não é suficiente para aquecê-la completamente.

### 2.8.7 Energia solar fotovoltaica

Segundo Margeta, Jure & Glasnovic, Zvonimir. (2012), o sol é uma fonte inesgotável de energia que ocorre mais ou menos de forma regular todos os dias na maioria das áreas onde as pessoas vivem. Isso significa que a energia é global e mais ou menos regularmente disponível e inesgotável para uso humano, assim como a água que é outro recurso natural para transferência e armazenamento de energia. São processos que ocorrem constantemente na natureza, de forma cíclica. Portanto, uma solução para incluir sustentabilidade na produção de energia elétrica está no uso de sol e água. Desta forma, a sustentabilidade da produção de energia elétrica pode ser baseada no uso de energia solar através de geradores solares fotovoltaicos.

Basicamente um sistema fotovoltaico para geração de energia elétrica é um conjunto integrado de equipamentos, módulos fotovoltaicos e outros componentes, projetados para converter a energia solar em eletricidade.

O princípio físico de funcionamento dos módulos fotovoltaicos é denominado efeito fotovoltaico (foto=luz; volt=eletricidade). Estes módulos fotovoltaicos são construídos com determinados materiais modificados quimicamente, que quando expostos à luz produzem eletricidade (JOVIC, 2016).

Por ser um sistema de geração de energia que depende basicamente da luz do sol, o sistema fotovoltaico deve ser sempre um sistema complementar da energia elétrica fornecida pela rede da concessionária. Quando a intensidade da luz solar é máxima, o sistema fotovoltaico pode gerar uma quantidade de energia elétrica que é maior que o consumo das cargas a ele conectadas e, portanto, pode fornecer este excedente de energia elétrica para a rede da concessionária. Por outro lado, quando há falta ou pouca incidência de sol, o sistema pode recuperar da rede da concessionária aquela energia excedente anteriormente fornecida e que agora é necessária à alimentação de suas cargas, num sistema de compensação de energia (JOVIC, 2016).

A diretoria da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) aprovou em 24/11/2015, aprimoramentos na Resolução Normativa nº 482/2012 que criou o Sistema de Compensação de Energia Elétrica, permitindo que o consumidor instale pequenos geradores (tais como painéis solares fotovoltaicos e microturbinas eólicas,

entre outros) em sua unidade consumidora e troque energia com a distribuidora local com objetivo de reduzir o valor da sua fatura de energia elétrica (ANEEL, 2015)

Segundo Mariano (2017), é uma fonte de energia renovável, abundante, silenciosa, limpa, inextinguível e que não interfere diretamente no meio ambiente.

#### 2.8.7.1 Tipos de Sistemas Fotovoltaicos

Existem duas categorias principais de sistemas fotovoltaicos: Sistemas Isolados (SFVI) e Sistemas Conectados à Rede Elétrica (SFVCR). De acordo com Pinho e Galdino (2014) ambos os casos podem operar apenas como fonte fotovoltaica ou combinada com outras fontes de energia, quando são chamados de híbridos. A escolha da configuração a ser utilizada depende principalmente da disponibilidade de recursos energéticos, da aplicação em questão e das restrições do projeto.

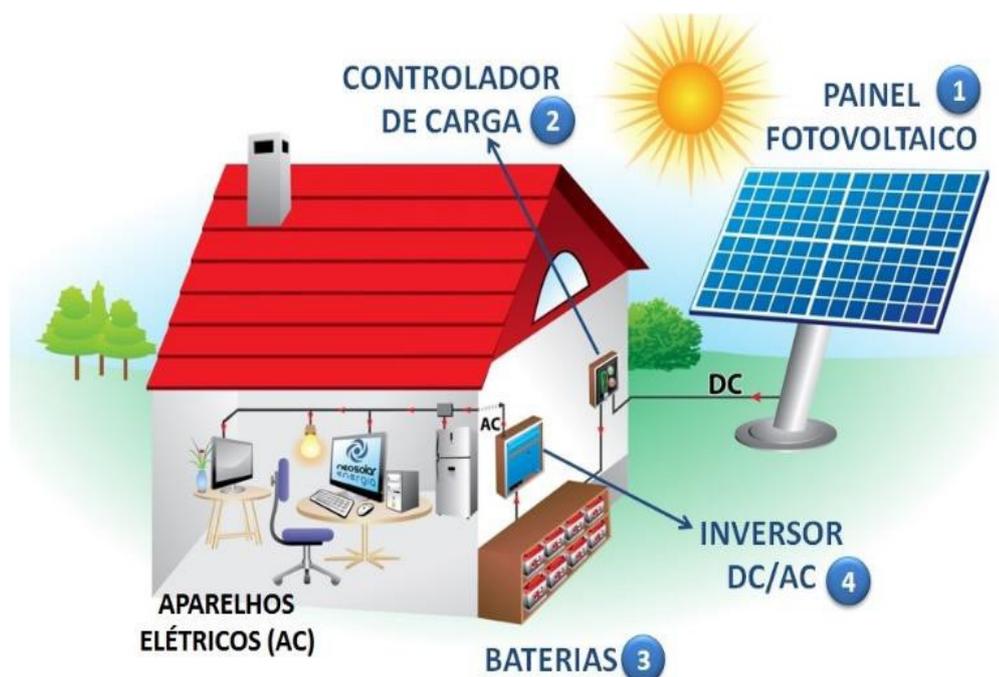
##### 2.8.7.1.1 Sistema Fotovoltaico Isolado (SFVI)

Estes sistemas também conhecidos como autônomos, são comumente utilizados em áreas sem acesso à rede elétrica como fazendas, ilhas e comunidades isoladas. Uma das principais vantagens é a substituição dos geradores alimentados por combustíveis fósseis, fornecendo energia de forma mais silenciosa e menos poluente, entretanto a principal desvantagem é o alto custo de manutenção dos componentes (MACHADO e CORREA, 2015).

O esquema de montagem desse sistema é apresentado na Figura 16, indicando o caminho percorrido pela corrente elétrica do painel até a carga.

Ainda segundo Machado e Correa (2015) existem sistemas fotovoltaicos isolados com vários tipos de armazenamento como, por exemplo, de energia potencial gravitacional, ou até mesmo sem armazenamento, usados em situações bastante restritas, quando o momento de geração coincide com o de consumo. Porém na maioria dos casos, esse armazenamento é feito através de baterias, suprimindo a demanda de períodos em que a geração é baixa ou inexistente além de evitar o desperdício da energia gerada em períodos de baixo consumo. Para que não ocorram sobrecargas ou descargas excessivas na bateria, é necessário instalar

um controlador de carga entre ela e o painel fotovoltaico, ajudando também a prolongar a vida útil do equipamento.



**Figura 16 – Sistema Fotovoltaico Isolado**  
Fonte: NEOSOLAR, 2016.

A partir dessa configuração é possível alimentar cargas CC de maneira direta, pois ao contrário dos painéis, a tensão de saída da bateria é constante. Contudo, esses sistemas também são capazes de alimentar cargas CA, exigindo apenas a introdução de um inversor ao sistema, responsável por converter a tensão contínua em tensão alternada (MACHADO e CORREA, 2015).

Este tipo de solução pode ser usada como um sistema de energia autônomo ou em combinação com energia da rede regional (central elétrica movida a combustíveis fósseis), sendo muito útil em todas as situações em que o fornecimento de eletricidade é limitado ou quando é necessário aumentar a capacidade de um sistema de transmissão longo, isto é, locais isolados como ilhas (ÐURIN, B. & MARGETA, J., 2014).

#### 2.8.7.1.2 Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica (SFVCR)

Os SFVCR's são constituídos basicamente por: painel Fotovoltaico e inversor. Não são utilizados elementos para armazenar a energia elétrica. Basicamente, a

rede elétrica da concessionária é vista como o elemento armazenador, pois toda a energia gerada é colocada em paralelo com a energia da rede. As principais vantagens desse tipo de sistema são: a elevada produtividade (toda a energia disponibilizada pelos módulos é utilizada) e a ausência do conjunto de baterias (um elo frágil no SFVI devido à baixa vida útil em relação a dos módulos FV e dos inversores). (URBANETZ JR, 2010).

Os Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica têm grande aplicação no ambiente urbano como geradores de energia elétrica junto ao ponto de consumo. São facilmente integrados à edificação, não necessitando de área adicional, visto que são normalmente instalados sobre a cobertura da edificação. Possuem elevada confiabilidade e operam de forma limpa e silenciosa (URBANETZ JR e CASAGRANDE JR, 2012).

A configuração mais aplicada é conhecida como Sistema Aplicado à Edificação na qual os painéis são aplicados sobre a edificação e não compõem o envoltório da construção. Cujo esquema de montagem é apresentado na Figura 17.

Nesta configuração a geração está próxima ao ponto de consumo, eliminando gastos e perdas com linhas de transmissão. A potência instalada nesses casos costuma ser mais baixa (kW), pois visa basicamente a alimentação das cargas existentes na residência ou na indústria onde o sistema fotovoltaico está instalado (RÜTHER, 2004).

Este tipo de solução também é conveniente para aplicar no pico Geração de energia. É óbvio que existe toda uma gama de aplicações possíveis, e a solução em si dependerá sobre as características do local e o problema abordado. De qualquer forma, o conceito proposto de produção e uso de energia oferece oportunidades para apoiar a sustentabilidade das cidades ou instituições (DURIN, B. & MARGETA, J., 2014).

Segundo Machado e Correa (2015) os principais componentes desse tipo de sistema são:

- Painel fotovoltaico: é responsável por converter a energia solar em energia elétrica através do efeito fotovoltaico.
- Inversor: converte a energia CC em CA para a alimentação das cargas e é responsável pelo sincronismo do sistema com a rede elétrica. Além disso, possui outra função de extrema importância, pois independente da configuração ou da

potência instalada, o inversor deve se desligar automaticamente na ausência da rede elétrica, evitando o fenômeno conhecido como “ilhamento”<sup>4</sup>.

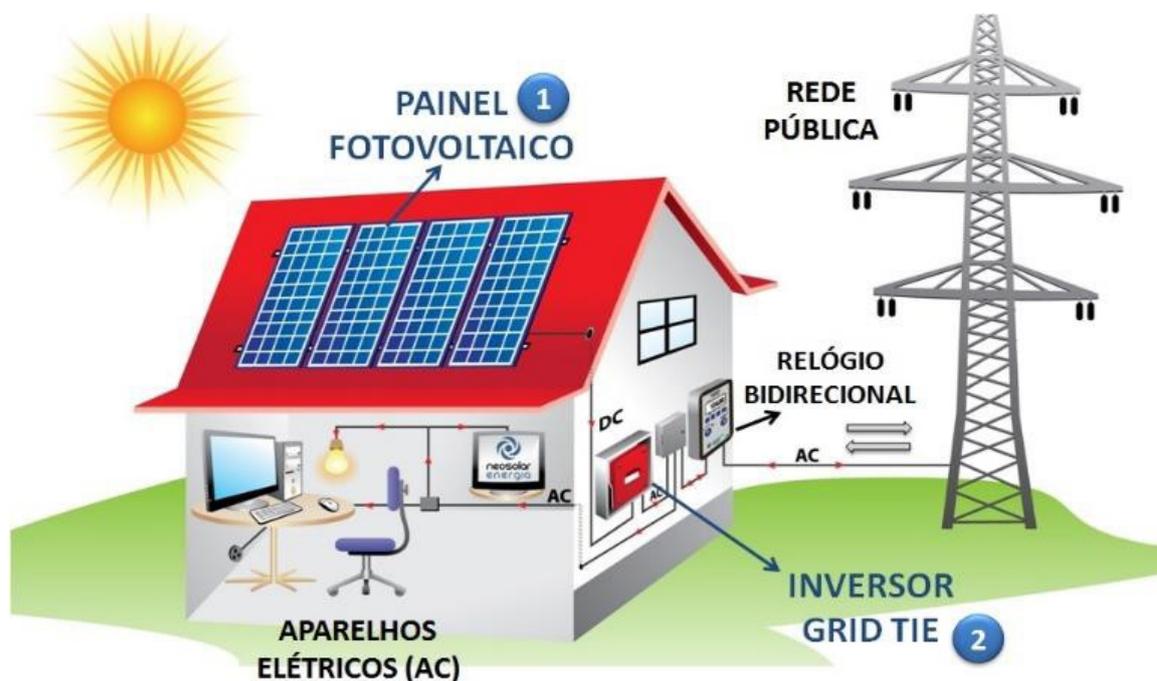


Figura 17 – Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede  
Fonte: NEOSOLAR, 2016.

➤ Medidor bidirecional: responsável por medir a energia consumida da rede elétrica pública nos momentos de baixa geração, bem como a energia injetada nela durante os momentos em que a geração do sistema fotovoltaico excede o consumo da instalação à qual pertence. Isso é necessário para que o micro ou o mini gerador possa participar do Sistema de Compensação de Energia, no qual o excedente injetado na rede é convertido em créditos de energia (kWh) para o consumidor, que poderá utilizá-los para abater o consumo nas faturas dos próximos meses. Este crédito de energia tem uma validade de 60 meses.

---

<sup>4</sup>Essa medida é necessária para que, sob hipótese alguma, a energia gerada pelos painéis seja injetada na rede enquanto essa estiver desconectada do sistema de geração central, garantindo assim a segurança de seus operadores.

## 2.9 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

María e Keiko (2018) informam que o Instituto Nacional de eficiência energética e energias renováveis do Equador na definição de suas linhas de pesquisa no campo de suas faculdades e poderes, considera "eficiência energética em edifícios" como uma das áreas de estudo que melhor são identificados com objetivos nacionais e globais para o bom uso da energia. E disto, resulta que a eficiência energética é a obtenção dos mesmos bens e serviços energéticos, mas com muito menos energia, com a mesma ou maior qualidade de vida, com menos poluição, a um preço mais baixo do que o atual, prolongando a vida dos recursos. Além disto, informa que a norma de construção equatoriana, em seu capítulo 13 da eficiência energética na construção no Equador, inclui dentro de seus componentes a orientação do edifício, critérios arquitetônicos preliminares, requisitos de design, ventilação e qualidade do ar, ganho e proteção solar, limitando a demanda energética, como fatores de análise dentro desta área.

Ou seja, assim como foi visto nos capítulos anteriores tanto os fatores de eficiência energética quanto as práticas de sustentabilidade, no Brasil ou fora dele, acabam se entrelaçando, fazendo com que exista uma relação de interdependência entre eles.

Conseqüentemente, ao se adotar equipamentos mais eficientes, como no caso das lâmpadas de LED em relação à outros tipos de lâmpadas, Figura 18, fazer uso de sistemas de aquecimento solar, produzir energia elétrica através de painéis fotovoltaicos, captar água de chuva, entre outras, são soluções que visam melhorar a eficiência energética da edificação e promover o uso racional tanto da energia quanto de outros insumos indispensáveis à vida vegetativa da edificação.



**Figura 18 – Porque Comprar LED**  
 Fonte: ILUMINAR, 2019.

Em corroboração com os conceitos acima a Advocacia Geral da União (AGU), (2016) em seu Guia Nacional de Licitações Sustentáveis determina que para a especificação de aparelhos elétricos em geral sejam levadas em consideração que:

I - com vistas à alocação eficiente de recursos energéticos e à preservação do meio ambiente, o Poder Executivo estabelecerá, no âmbito da Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, os níveis máximos de consumo de energia, ou mínimos de eficiência energética, para máquinas e aparelhos fabricados ou comercializados no País.

II - tais parâmetros serão fixados através de portaria interministerial dos Ministérios de Minas e Energia - MME, da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações - MCTIC e do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços - MDIC.

III - os fabricantes e os importadores de máquinas e aparelhos consumidores de energia são obrigados a adotar as medidas necessárias para que sejam obedecidos os níveis máximos de

consumo de energia e mínimos de eficiência energética, constantes da regulamentação específica estabelecida para cada tipo de produto.

IV - os dados relativos ao índice de eficiência energética e ao nível de consumo de energia de cada máquina ou aparelho são informados na respectiva Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE, Figura 19, que deve ser aposta em todos os produtos sujeitos à etiquetagem compulsória, a cargo do INMETRO.

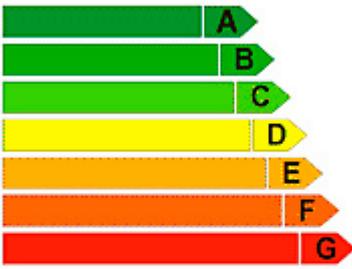
<p><b>Energia</b> (Elétrica)</p> <p>Fabricante Marca</p> <p>Tipo de degelo Modelo/tensão(V)</p>	<p>REFRIGERADOR</p> <p>ABCDEF XYZ(Logo)</p> <p>ABC/Automático IPQR/220</p>	<p>→ Indica o tipo de equipamento</p> <p>→ Nome do fabricante</p> <p>→ Marca comercial ou logomarca</p> <p>→ Modelo ou tensão</p>
<p><b>Mais eficiente</b></p>  <p><b>Menos eficiente</b></p>		<p>→ A letra indica eficiência energética do equipamento/ Veja a tabela correspondente na tabela ado lado</p>
<p><b>CONSUMO DE ENERGIA (kWh/mes)</b> <small>(adotado no teste clima tropical)</small></p> <p>Volume do compartimento refrigerado (l)</p> <p>Volume do compartimento do congelador(l)</p> <p>Temperatura do congelador (°C)</p>	<p><b>XY,Z</b></p> <p>000</p> <p>000</p> <p>* 000 -18</p>	<p>→ Indica o consumo de energia em KWh/mês</p>
<p>Regulamento Especifico Para Uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia Linha de Refrigeradores e Assealhados - RESP001-REF</p> <p>Instruções de instalação e recomendações de uso, leia o Manual do aparelho.</p> <p><b>PROCEL</b> PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA</p> <p><b>INMETRO</b></p> <p>IMPORTANTE: A REMOÇÃO DESTA ETIQUETA ANTES DA VENDA ESTÁ EM DESACORDO COM O CÓDIGO DE DEFESA DO CONSUMIDOR</p>		

Figura 19 – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE (Equipam. Elétricos)  
Fonte: INMETRO, 2019.

V - para cada tipo de máquina ou aparelho, o INMETRO elabora Requisitos de Avaliação da Conformidade – RAC específicos, fixando os respectivos índices de eficiência energética e de consumo e a escala de classes correspondentes – sendo “A” a mais eficiente, “B” a segunda mais eficiente, e assim sucessivamente, até normalmente “E”, “F” ou “G”, as menos eficientes.

VI - a princípio, a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE serve como importante elemento de convencimento no processo de escolha do produto pelo consumidor. Todavia, o ordenamento jurídico vem evoluindo no sentido de impor como mandatória a preocupação com a eficiência energética dos produtos adquiridos pela Administração Pública.

VII - o Decreto nº 7.746/2012, que estabelece a adoção de critérios e práticas de sustentabilidade nas contratações realizadas pela administração pública federal, estipula como diretrizes de sustentabilidade: menor impacto sobre recursos naturais como flora, fauna, ar, solo e água, maior eficiência na utilização de recursos naturais como água e energia e maior vida útil e menor custo de manutenção do bem e da obra (art. 4º, I, III e V).

Assim, segundo a AGU (2016), há forte embasamento normativo para que a Administração deixe de adquirir bens de baixa eficiência energética, acrescentando como requisito obrigatório da especificação técnica do objeto que o produto ofertado pelos licitantes possua ENCE da(s) classe(s) de maior eficiência. Ou seja, o objetivo essencial é assegurar a aquisição pela Administração do produto de maior eficiência energética, sem prejuízo relevante da competitividade.

## 2.10 ÍNDICES DE MÉRITO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Os índices de mérito de sistemas fotovoltaicos são calculados individualmente para cada sistema através dos valores de energia gerada, potência instalada e irradiação incidente. São necessários para que se possa equalizar e comparar o desempenho de um SFVCR com outro sistema de características distintas ou que esteja instalado em outra localidade (MACHADO e CORREA, 2015). Ainda, segundo Tonin (2016), a análise do desempenho entre sistemas deve utilizar os valores de energia gerada para o período de avaliação e os valores de irradiação incidentes nos painéis fotovoltaicos. A partir da energia gerada e da irradiação incidente, calculam-se os índices de mérito do SFVCR, que são: *yield* (produtividade); *performance ratio* (taxa de desempenho) e fator de capacidade.

### 2.10.1 Produtividade ou *YIELD*

É a relação da energia gerada (kWh) também expressa pela integral da potência entregue ao sistema em um dado tempo medido por (kW) e a potência instalada (kWp) de cada painel fotovoltaico do sistema. Esse índice está vinculado a um intervalo de tempo e quando calculado para um ano é obtido através da Equação 1 (MACHADO e CORREA, 2015).

$$Y_F = \frac{\int_0^{8760} P(t) dt}{P_N} = \frac{\text{Energia}}{\text{Potência instalada}} (\text{kWh/kWp})$$

(Equação 1 - Produtividade ou *YIELD*)

O  $Y_F$  é a energia produzida no sistema no que diz respeito ao seu tamanho, conseqüentemente ele é uma maneira de comparar energia produzida pelos sistemas fotovoltaicos de tamanhos diferentes (MACHADO e CORREA, 2015).

### 2.10.2 Taxa de Desempenho ou *Performance Ratio*

É a relação entre a produtividade (kWh/kWp) e a quantidade de horas de sol a 1.000 W/m<sup>2</sup> incidentes no painel fotovoltaico, normalmente vinculada a um ano de operação. Esta grandeza é expressa em porcentagem e pode ser obtida pela Equação 2 (URBANETZ; ET al., 2014).

$$P_R = \frac{Y_F}{H(t)/G_{ref}} = \frac{\text{Yield}}{\text{Irradiação}/1000} (\%)$$

(Equação 2 - Taxa de Desempenho ou *Performance Ratio*)

De outra forma pode-se também dizer que este valor representa o desempenho descontando as perdas existentes no sistema tais como: perdas nos inversores, nas conexões, e principalmente perdas devido à elevação da temperatura nos painéis devido à temperatura ambiente, entre outras perdas (TIEPOLO, 2015).

### 2.10.3 Fator de Capacidade

É o índice em porcentagem que representa a capacidade de gerar energia sobre a energia nominal em um intervalo de tempo, normalmente um ano em horas. É o responsável pela comparação das diferentes fontes de energia e suas gerações. Nota-se que há uma relação entre o fator de capacidade e a produtividade, e esta relação (Equação 3) é direta, ou seja, obtendo o valor da produtividade obtém-se o valor do fator de capacidade (MACHADO e CORREA, 2015).

$$C_F = \frac{\int_0^T P(t)dt}{P_N \times T} = \frac{Y_F(h)}{8.760 h} = \frac{\text{Energia}}{\text{Potência} \times \text{Tempo}} (\%)$$

**(Equação 3 - Fator de Capacidade)**

No Brasil os SFVCR's possuem  $C_F$  entre 13% e 18% variando de acordo com a disponibilidade do recurso solar, da tecnologia e forma de dimensionamento adotado (BENEDITO, 2009).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo aborda os métodos utilizados para a condução da pesquisa, para caracterizar as técnicas de sustentabilidade aplicadas e para análise do potencial de geração fotovoltaica da edificação, assim como o levantamento de diversas informações inerentes a realização desta dissertação. O levantamento de dados possibilita a obtenção de parâmetros para caracterização de curvas de geração fotovoltaica, consumo de água e energia, que serão elaboradas a partir dos registros de leituras dos dispositivos instalados como soluções e práticas de sustentabilidade aplicadas em uma edificação com características de escritório. Destas práticas pode-se destacar o sistema fotovoltaico conectado à rede, o sistema de aquecimento de água, o sistema de captação de água de chuva e os dispositivos economizadores de água e energia instalados nesta edificação.

A finalidade desta análise é avaliar, por meio de estudo de caso, os principais benefícios obtidos com a implantação de práticas de sustentabilidade e de eficiência energética aplicadas em uma edificação sustentável a serviço da administração pública, tais como a contribuição na redução do consumo de energia e água da edificação.

#### 3.1 MÉTODO CIENTÍFICO

Como ferramenta de pesquisa, o estudo de caso contribui, para a compreensão que temos dos fenômenos individuais, organizacionais, sociais e políticos e permite uma investigação para se preservar as características holísticas e significativas dos eventos da vida real (YIN, 2001).

Contudo, o emprego de métodos científicos é obrigatório ao se fazer ciência, de forma que podem ser tratados como o conjunto de atividades sistemáticas permitindo atingir o objetivo proposto no qual a teoria serve como referência para restringir e delimitar a amplitude dos fatos a serem estudados (LAKATOS e MARCONI, 2003).

Assim sendo, o estudo de caso pode ser tratado como uma metodologia aplicada para avaliar ou descrever situações dinâmicas em que o elemento humano está presente no qual busca-se apreender a totalidade de uma situação e,

criativamente, descrever, compreender e interpretar a complexidade de um caso concreto, mediante um mergulho profundo e exaustivo em um objeto delimitado (MARTIS, 2008)

Deste modo, esta pesquisa deve apresentar classificação, tipo e métodos de abordagem e procedimentos inerentes a cada tratamento científico utilizado. Assim, esta pesquisa pode ser classificada como aplicada, pois no âmbito da sociedade em que o pesquisador vive, abrange estudos elaborados com a finalidade de resolver problemas que foram identificados por ele, onde é voltada à aquisição de conhecimentos em uma situação específica, por meio de teorias já formuladas, onde envolve verdades e interesses locais (GIL, 2010).

### 3.2 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Quanto à natureza, esta pesquisa pode ser classificada como qualitativa, na qual se objetiva um entendimento melhor detalhado sobre um determinado acontecimento, com o objetivo de atingir o conhecimento das informações para se explicar o significado e as características do contexto onde se encontra o objeto de estudo (GRAY, 2012).

Esta pesquisa se caracteriza como uma pesquisa do tipo explicativa, devido à sua preocupação central em identificar fatores determinantes ou que possam contribuir para a ocorrência dos fenômenos. Desse modo, ainda segundo Gil (2010) a pesquisa explicativa aprofunda o conhecimento da realidade, explicando a causa de forma mais abrangente, o que, no entanto, aumenta consideravelmente o risco de cometer erros devido a sua complexidade.

O método de abordagem empregado nesta pesquisa é o hipotético-dedutivo no qual parte de um problema, ao qual se oferece hipoteticamente uma solução provisória, uma teoria-tentativa, onde posteriormente passa-se a questionar a solução, objetivando na eliminação do erro, conseqüentemente renovando o processo de pesquisa, viabilizando o surgimento de novos problemas e soluções. Assim, inicia-se com expectativas hipotéticas e, nesse contexto, é que se dá a observação, uma vez que acontece algo inesperado, ou alguma expectativa é frustrada, ou ainda quando alguma teoria cai em dificuldades. Portanto, a observação não é o ponto de partida da pesquisa, mas o problema. Logo, o

crescimento do conhecimento parte do princípio de solução de antigos problemas para novos através de conjecturas e refutações (LAKATOS; MARCONI, 2003).

### 3.3 ETAPAS DA PESQUISA

Segundo Gil (2010), os estudos de casos se desenvolvem em quatro fases: a) delimitação da unidade caso; b) coleta de dados; c) análise e interpretação dos dados coletados; e d) redação do relatório

Silva (2015) citando Gil (2010), orienta que a delimitação da unidade-caso não constitui tarefa simples, sendo difícil traçar os limites de um objeto. Assim, argumenta que a totalidade de um objeto, seja ele físico, biológico ou social, é uma construção intelectual. E conclui, afirmando que não existem limites concretos na definição de qualquer processo ou objeto, sendo que os critérios de seleção dos casos variam de acordo com os propósitos da pesquisa. Portanto, para delimitação da unidade que constitui o caso, são exigidas habilidades do pesquisador para perceber quais dados são suficientes para se chegar à compreensão do objeto como um todo.

Os estudos de caso requerem a utilização de múltiplas técnicas de coleta de dados, o que garante a profundidade necessária ao estudo e a inserção do caso em seu contexto, bem como confere maior credibilidade aos resultados. Mediante procedimentos diversos, é que se torna possível a triangulação, que contribui para obter a corroboração do fato ou do fenômeno (SILVA, 2015).

Silva (2015) ainda citando Gil (2010), ressalta que os estudos de caso executados com rigor requerem a utilização de fontes documentais, entrevistas e observações.

A análise e interpretação é um processo que, nos Estudos de Caso, se dá, simultaneamente, à sua coleta. Desta forma, a seleção dos dados deve considerar os objetivos da investigação, seus limites e um sistema de referências para avaliar quais dados serão úteis ou não. Somente aqueles selecionados deverão ser analisados. Para tanto, o pesquisador deve definir, antecipadamente, seu plano de análise e considerar as limitações dos dados obtidos, sobretudo, no referente à qualidade da amostra, que, sendo boa, haverá uma base racional para fazer

generalizações, a partir dos dados. Em caso contrário, deve apresentar os resultados em termos de probabilidade (SILVA, 2015).

Como o estudo de caso vale-se de procedimentos de coleta de dados, os mais variados, o processo de análise e interpretação pode, naturalmente, envolver diferentes modelos de análise, tais como o modelo clássico; a análise fundamentada teoricamente; a análise etnográfica; a análise fenomenológica; a indução analítica; a análise por comparações constantes; bem como a análise de conteúdo. Convém ressaltar que é natural admitir que a análise dos dados seja de natureza predominantemente qualitativa (SILVA, 2015).

Na elaboração do relatório, deve ficar especificado como foram coletados os dados; que teoria embasou a categorização dos mesmos e a demonstração da validade e da fidedignidade dos dados obtidos. Deve ser definido o público alvo; o foco; bem como um estilo de redação; devem ser inseridas as falas dos entrevistados; e combinadas as falas dos informantes com os comentários do pesquisador (GIL, 2009).

Os dados, geralmente, são muito numerosos, e obtidos de formas diferentes, tornando-se necessária sua seleção e organização, não apenas para fins de análise, mas também de apresentação... De modo geral, a estruturação do relatório ocorre, seguindo a estrutura clássica: introdução; revisão bibliográfica; metodologia; descrição e interpretação dos dados e, por fim, a conclusão (SILVA, 2015).

### 3.4 PESQUISA NO SCOPUS E ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Neste item será detalhado todas as etapas dos procedimentos utilizados para nortear a realização do estudo bibliométrico utilizando-se da base de dados SCOPUS para ajudar a compor o conjunto de referências utilizadas na Revisão de Literatura desta pesquisa e nos resultados da mesma.

#### 3.4.1 Escolha da base de dados

A base de dados escolhida foi a SCOPUS, o maior banco de dados de resumos e citações da literatura e pela sua abrangência na área da engenharia. Devido ao fato de ser considerada a maior base de dados de pesquisa do mundo,

possui um amplo acesso em revistas científicas, livros e artigos científicos. O SCOPUS também possui ferramentas inteligentes para rastrear, visualizar e analisar a pesquisa (SCOPUS, 2018).

### 3.4.2 Definição da área de pesquisa, assunto e tema

A definição da área de pesquisa, assunto e tema foi determinada a partir da área de interesse dentro da Engenharia, o resultado está apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1 – Delimitação de área de pesquisa, assunto e tema**

<b>Área de pesquisa</b>	<b>Assunto</b>	<b>Tema</b>
<i>Engenharia, Energia e Construção,</i>	<i>Construções e Edificações Sustentáveis, Energia Solar Fotovoltaica e Eficiência Energética</i>	<i>Energia Fotovoltaica, Construções Sustentáveis, Edificações Sustentáveis Geração Distribuída</i>

### 3.4.3 Definição das palavras-chave

A definição das palavras-chave foi determinada a partir dos temas de referência definidos, termos em inglês e similares ou sinônimos, representados na Tabela 2.

**Tabela 2 – Definição das palavras-chave**

<b>Tema</b>	<b>Termo em inglês</b>	<b>Similares ou sinônimos</b>
Construções e Edificações Sustentáveis	<i>Sustainable Buildings</i>	<i>“Building design”, “sustainable development”, “environment design”, “renewable design”,</i>
Energia Solar Fotovoltaica	<i>Photovoltaic Solar Energy</i>	<i>“Photovoltaic Systems”, “solar power”, “Solar Photovoltaic Energy”, “Solar Photovoltaic Technologies”, “Photovoltaics”</i>
Eficiência energética	<i>Energy efficiency</i>	<i>“renewable energy”, “solar power”, “solar energy efficiency”, “energy sources”,</i>
Geração Distribuída	<i>Energy efficiency</i>	<i>“distributed generation”, “grid tie”, “on grid”</i>

Este grupo de palavras chave originou uma série de *strings* de busca para serem utilizadas na ferramenta de pesquisa da base de dados Scopus, conforme apresentado na Tabela 3. Uma *string* de busca é uma combinação de palavras chave encontradas, associadas entre si através dos operadores lógico *AND* e *OR*.

**Tabela 3 – String de Busca**

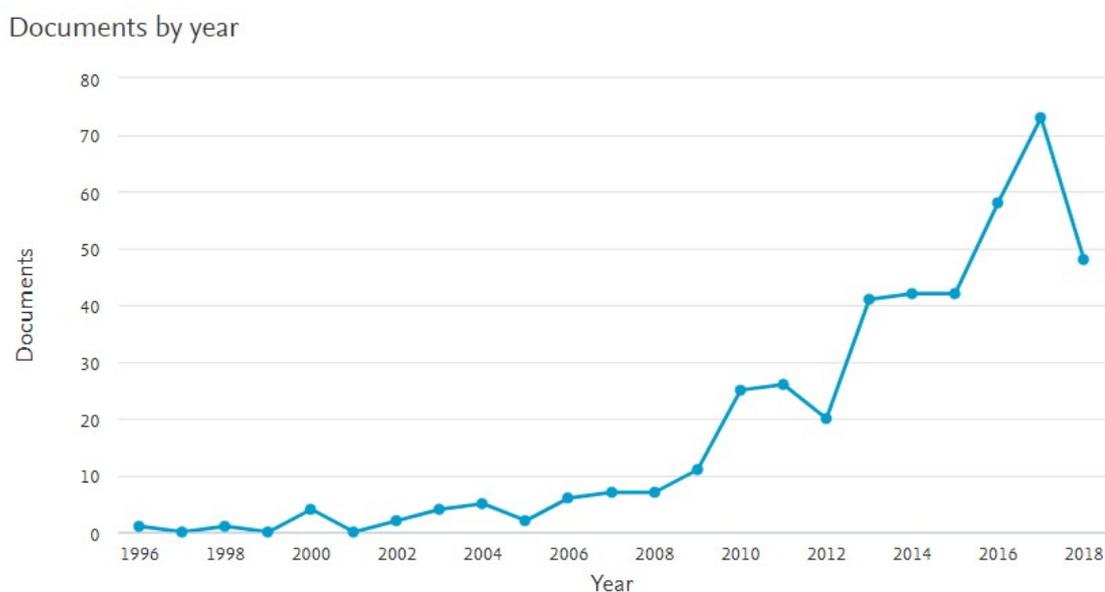
<b>String de Busca</b>	<b>Resultados</b>
(( "Photovoltaic Systems" OR "Solar Photovoltaic Energy" OR "Solar Photovoltaic Technologies" ) OR ( "distributed generation" ) OR ( "sustainability" OR "sustainable construction" OR "Sustainable Buildings" ) )	210.315
(( "Photovoltaic Systems" OR "Solar Photovoltaic Energy" OR "Solar Photovoltaic Technologies" ) AND ( "distributed generation" ) OR "sustainability" )	1.110
(( "Photovoltaic Systems" OR "Solar Photovoltaic Energy" OR "Solar Photovoltaic Technologies" ) AND ( "distributed generation" ) )	722
<b>(( "Photovoltaic Systems" OR "Solar Photovoltaic Energy" OR "Solar Photovoltaic Technologies" ) AND ( "sustainability" OR "sustainable construction" OR "Sustainable Buildings" ) )</b>	<b>425</b>
( "sustainable construction" AND "photovoltaic" )	13
(( "Photovoltaic Systems" OR "Solar Photovoltaic Energy" OR "Solar Photovoltaic Technologies" ) AND ( "distributed generation" ) AND ( "sustainability" OR "sustainable construction" OR "Sustainable Buildings" ) )	12
(( "Photovoltaic Systems" OR "Solar Photovoltaic Energy" OR "Solar Photovoltaic Technologies" ) AND ( "distributed generation" ) AND ( "sustainability" ) )	11

Da Tabela 03 é possível perceber que dependendo da *string* adotada e principalmente, da forma como as palavras chave são associadas que os resultados obtidos no Scopus podem variar abruptamente. Desta forma, deve-se escolher a *string* de trabalho de forma a não tornar a pesquisa abrangente ou restritiva demais. Consequentemente, a *string* adotada foi a que relacionou, da melhor forma possível, os temas: sistemas fotovoltaicos, construções e edificações sustentáveis com um resultado de 425 publicações (linha destacada em negrito).

#### 3.4.4 Análise das características das publicações - base de dados

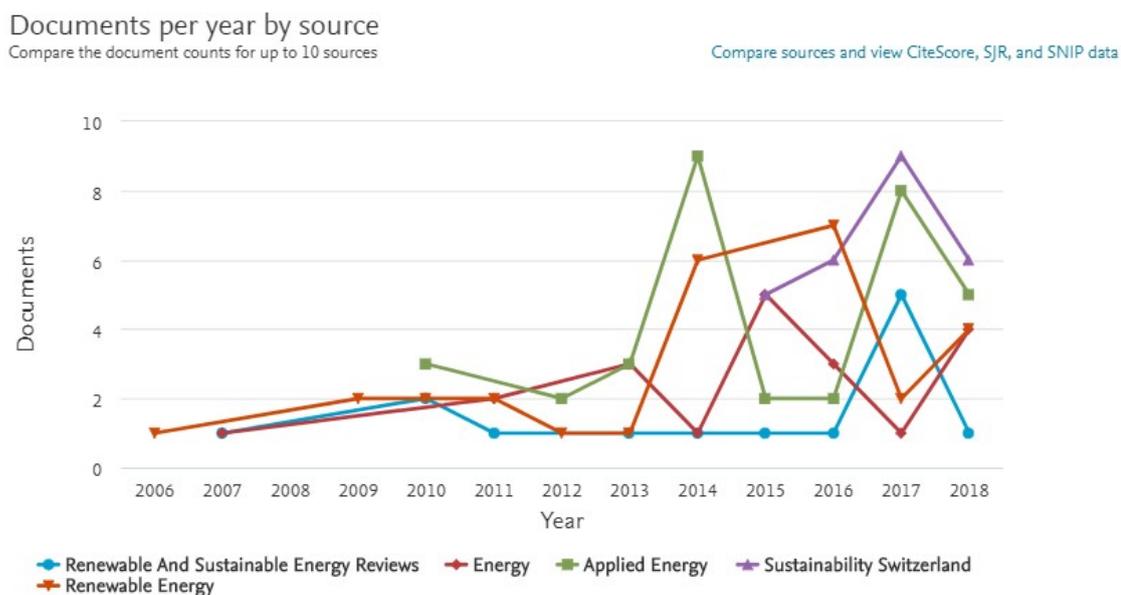
Para realizar uma análise global dos dados é utilizada a análise bibliométrica da própria base SCOPUS a qual possibilita analisar a repercussão das publicações e os impactos que os autores geraram. Foram analisados os autores de mais destaque, universidades e países com mais publicações pertinentes a pesquisa.

A busca resultou em 425 publicações de diversos autores, publicados entre os anos de 1996 e 2018, como mostra a Figura 20. Pode se observar na figura que há uma tendência de crescimento no número de publicações a cada ano, com destaque para o ano de 2017 que chegou a atingir 73 publicações.



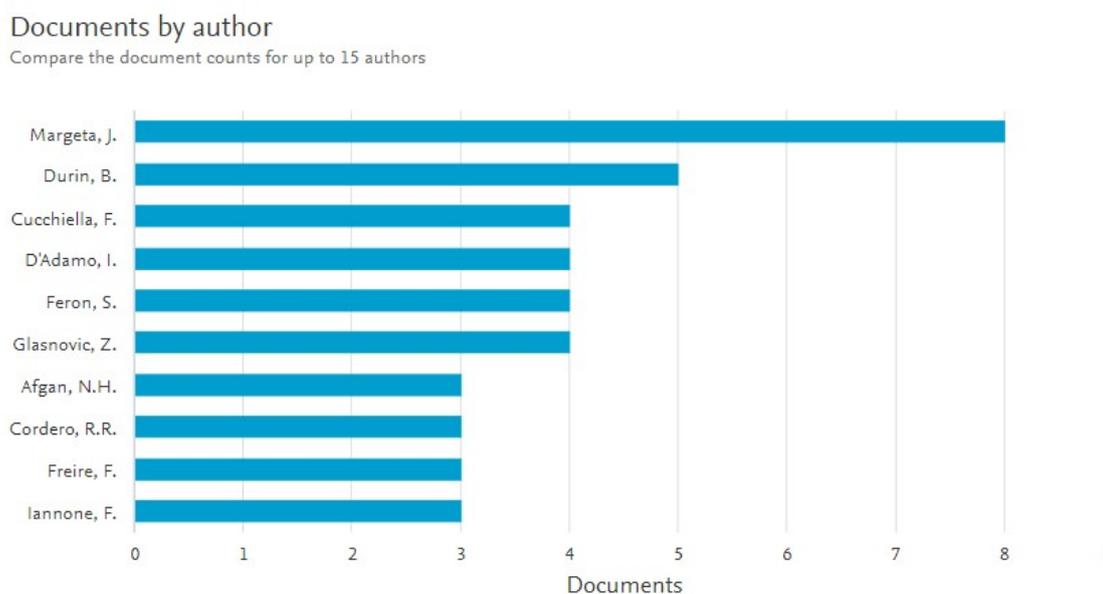
**Figura 20 – Resultado da busca na base do Scopus ao longo do tempo**  
**Fonte: Scopus, 2018.**

Na Figura 21 foram filtrados os temas mais citados e comentados nas publicações resultantes da pesquisa nas quais é possível observar que os temas que mais se destacaram em 2017 foram Sustentabilidade, Energia Aplicada e Energia Renovável Sustentável.



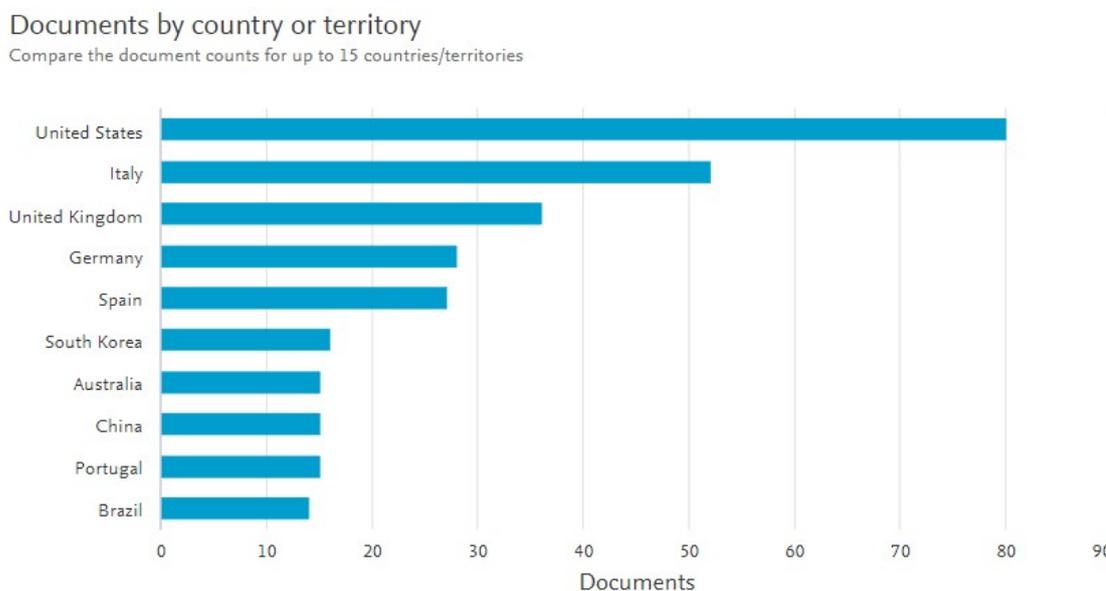
**Figura 21 – Resultado da busca na base do Scopus por tema, ano e quantidade de publicações**  
**Fonte: Scopus, 2018.**

Também foi dado destaque aos principais autores dos temas pesquisados e na Figura 22 é possível observar que o autor com o maior número de publicações é o Margeta, J. da Universidade de Split, no Curso de Engenharia Civil, na cidade de Split, na Croácia, com 8 publicações sobre o tema em questão, no período analisado.



**Figura 22 – Resultado da busca na base do Scopus por autor e quantidade de publicações**  
**Fonte: Scopus, 2018.**

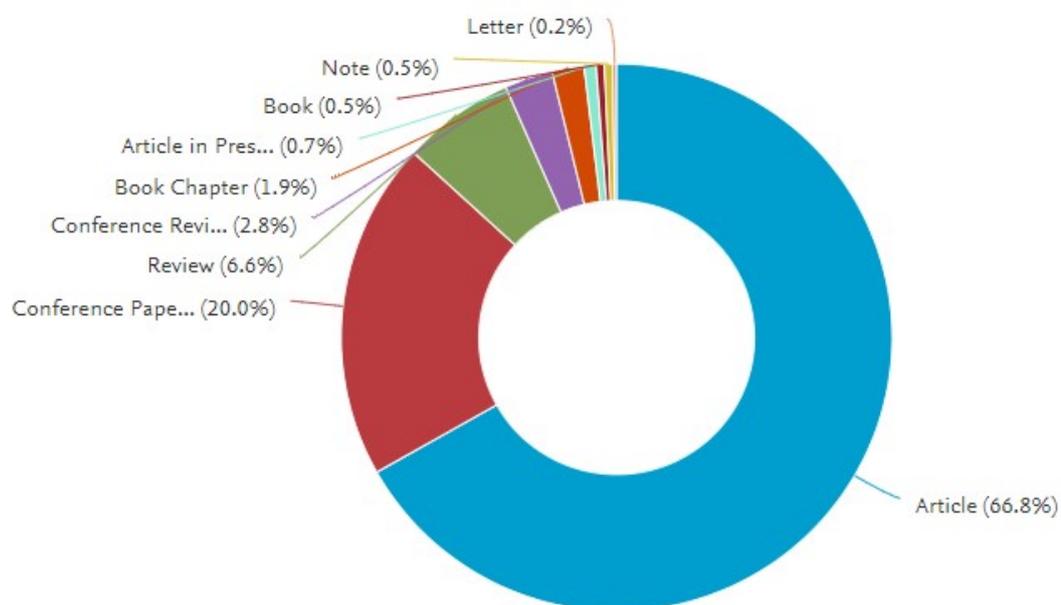
Os autores mostrados na figura 22, pertencem a vários países de origem, sendo os principais deles Estados Unidos, Itália, Reino Unido e Alemanha. Dos quais, os Estados Unidos é o país que mais tem publicações pertinentes ao tema com 80 publicações, como demonstrado na Figura 23.



**Figura 23 – Resultado da busca na base do Scopus por país e quantidade de publicações**  
Fonte: Scopus, 2018.

Dos países que abrangem toda a pesquisa, a Figura 24 apresenta a distribuição das publicações conforme o tipo, sendo praticamente a grande maioria de publicações em artigos de periódicos (284 artigos, aproximadamente 67%) e 20% de publicações em anais de congressos.

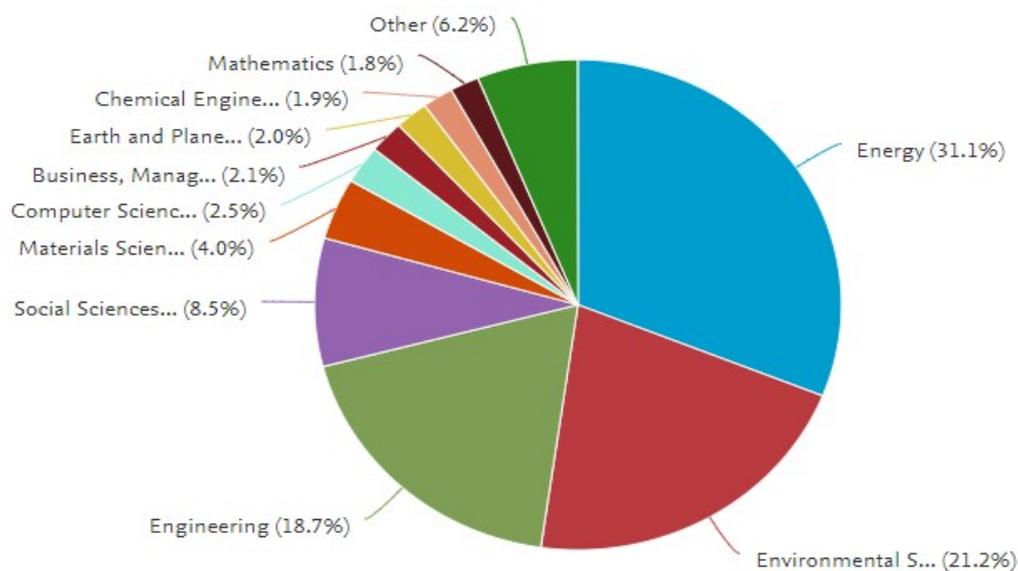
## Documents by type



**Figura 24 – Resultado da busca na base do Scopus por tipo e quantidade de publicações**  
**Fonte: Scopus, 2018.**

A Figura 25 ilustra a distribuição das publicações conforme a área de concentração, sendo as áreas com maior número de publicações são Energia, com 31,1%, Ciência Ambiental 21,2% e Engenharia com 18,7%.

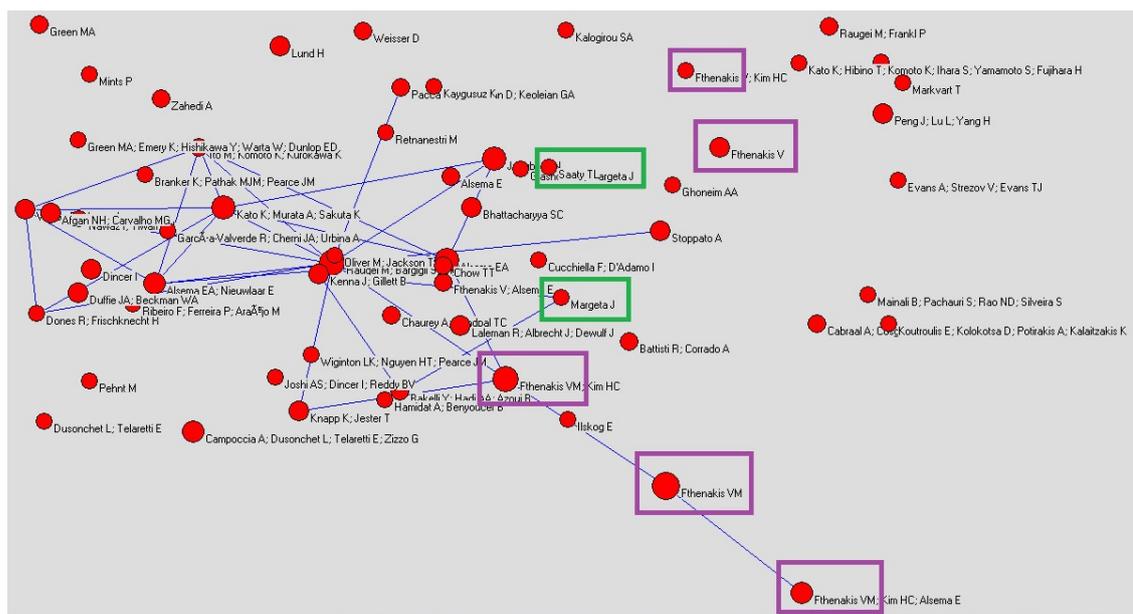
## Documents by subject area



**Figura 25 – Resultado da busca na base do Scopus por área e quantidade de publicações**  
**Fonte: Scopus, 2018.**

### 3.4.5 Análise e tratamento dos dados da pesquisa Scopus

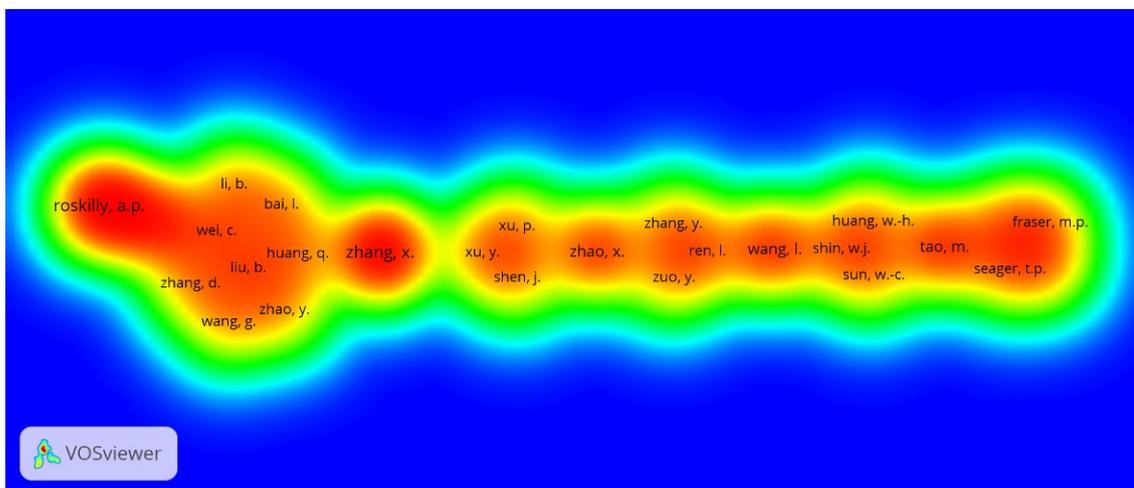
Após o tratamento do tema na base Scopus e análise das características das publicações, foi exportado um arquivo no formato .ris e posteriormente tratado no software BibExcel, que identificou as citações fazendo a filtragem de dados, com o objetivo de distinguir quais autores fundamentaram as pesquisas dos principais trabalhos na base Scopus. Os autores que possuem ao menos 05 obras citadas estão demonstrados na rede de citações representadas na Figura 26, gerada pelo software PAJEK, destacando com retângulos roxos o autor mais citado. O autor Fthenakis V. aparece em diversos *clusters* em coautoria com diversos grupos de pesquisadores, demonstrando sua importância na temática abordada. Por outro lado, o autor Margeta, J., que anteriormente foi mencionado como o autor com o maior número de publicações, aparece em um número menor de ocorrências.



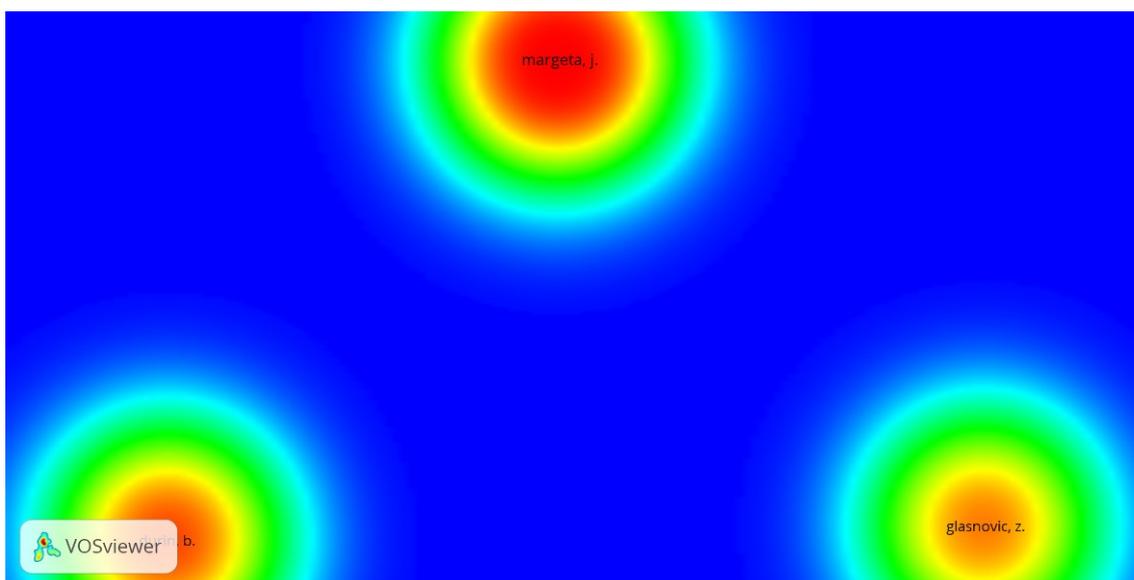
**Figura 26 – Rede com nome dos autores com destaque para os autores mais citados**  
**Fonte: PAJEK Modificado pelo autor, 2018.**

Os arquivos gerados pelo BibExcel foram utilizados no software VOSviewer, que fez um mapeamento e agrupou os principais autores citados nas publicações e que contribuíram para a pesquisa do tema de pesquisa, formando um mapa de densidade, apresentado na Figura 27. Destaca-se nesta visualização os autores Roskily, A. P. e Zhang, X., contudo ao limitar-se o filtro em no mínimo quatro

publicações, ganham destaque os autores Margeta, J., Durin, B. e Glasnovic, Z., ilustrados na Figura 28.

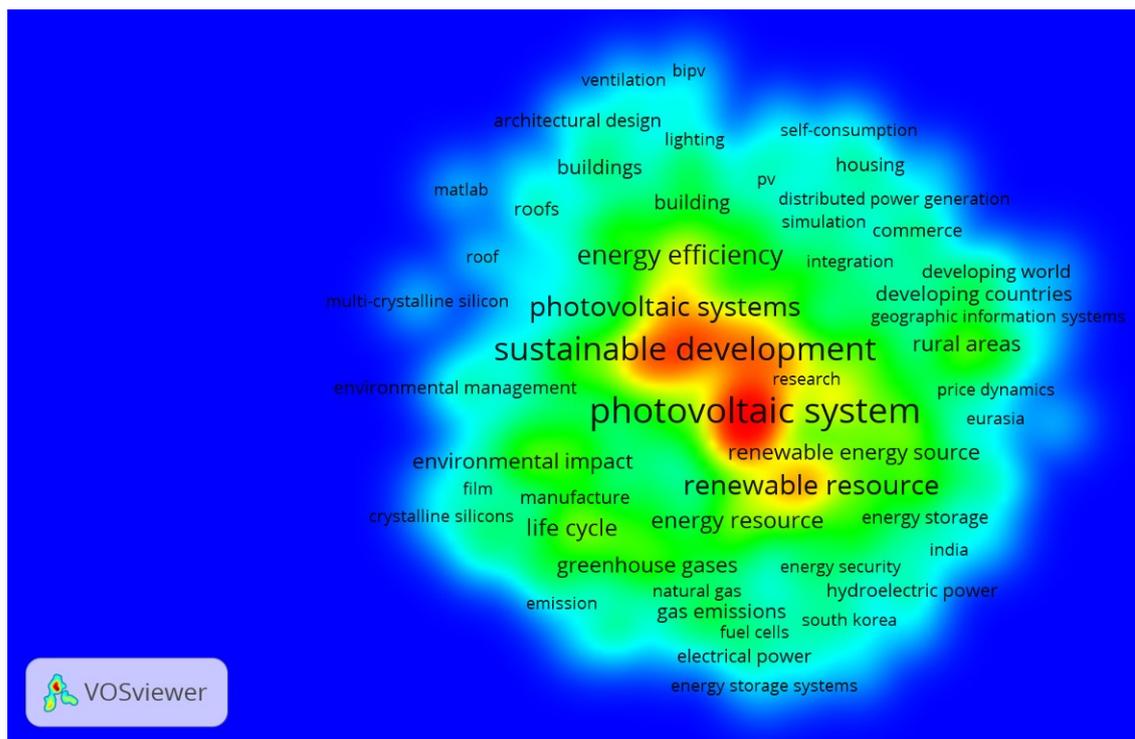


**Figura 27 – Densidade dos autores mais citados nas publicações.**  
**Fonte: VOSviewer Modificado pelo autor, 2018.**



**Figura 28 - Densidade dos autores com mais de 4 publicações, mais citados.**  
**Fonte: VOSviewer Modificado pelo autor, 2018.**

Ainda através do software VOSviewer pode-se verificar a maior densidade de ocorrências de publicações por palavra-chave (tema), conforme ilustrado na Figura 29, com principal destaque para Sistemas Fotovoltaicos, Desenvolvimento Sustentável, Eficiência Energética e Recursos Renováveis.



**Figura 29 - Densidade das palavras-chaves (temas), mais citados.  
Fonte: VOSviewer Modificado pelo autor, 2018.**

### 3.4.6 Considerações Finais Sobre a Análise Bibliométrica

Esta análise bibliométrica, serve de embasamento para justificar a relevância científica desta pesquisa, uma vez que, conforme observado, o número de publicações, autores e citações relativas aos temas abordados, principalmente englobando simultaneamente estes temas, não é muito grande. E por que, como também foi ilustrado na Figura 23, o número de publicações realizadas no Brasil sobre os temas aqui abordados, ainda estão bem abaixo dos demais países, fazendo com que o Brasil ocupe apenas a décima posição dentre os principais países com publicações nestes temas.

Por fim, após concluir a análise bibliométrica e, após analisar as publicações dos autores mais relevantes, conforme apontado anteriormente, foi possível perceber que seus trabalhos quase não puderam ser incluídos nas referências pois, apesar de comungarem com os temas gerais pré-definidos, estavam mais voltados para aplicações relacionadas à sistemas isolados, sistemas híbridos de energia para bombeamento de água, instalações rurais, e outras que não se aplicavam

diretamente às delimitações do tema desta dissertação. Desse modo, mais uma vez, fica justificada a relevância desta pesquisa.

### 3.5 MÉTODO DE DESENVOLVIMENTO DOS TRABALHOS

Neste item será apresentada uma breve descrição das principais etapas e procedimentos utilizados para a realização desta pesquisa.

Inicialmente deverá ser realizada uma coleta de um conjunto de informações e dados que ajudarão a caracterizar o objeto e fornecerão subsídios para os desenvolvimentos das análises de consumo de água e energia, assim como da produção fotovoltaica da edificação. Para a obtenção destes dados, deverão ser analisados projetos, especificações técnicas e realizar inspeções “in loco” para avaliar as características construtivas e de utilização da edificação. Além disto, para a obtenção dos dados de consumo de energia e de água deverão ser realizadas leituras e os registros diários dos valores de consumo. Para a obtenção dos dados de produção de energia fotovoltaica tanto da Edificação da Administração Pública (E. A. P.) quanto da unidade da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR<sup>5</sup> Campus NEOVILLE, deverão ser coletados os dados diretamente das bases de dados dos inversores de cada sistema.

A escolha da unidade da UTFPR Campus NEOVILLE como referência para análise de dados e comparação dos resultados obtidos se dá em função desta unidade já possuir um sistema fotovoltaico conectado a rede em plena operação desde 2016, o qual vem sendo monitorado e analisado pelo grupo de pesquisa do

---

<sup>5</sup> A **Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)** é uma universidade pública mantida pelo governo federal e sua sede está localizada na cidade de Curitiba. As bases da instituição decorrem do antigo Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná (CEFET-PR). A instituição abrange cursos técnicos integrados e o ensino superior, oferecendo diversos cursos: Bacharelados, Licenciaturas e Tecnológicos, no qual muitos acadêmicos podem estender sua formação para Mestrados e Doutorados em diversas áreas de conhecimento. A UTFPR conta com quinze câmpus no Estado do Paraná, nas cidades de: Apucarana, Campo Mourão, Cornélio Procópio, Curitiba (dividido nas sedes Centro, Neoville e Ecoville), Dois Vizinhos, Francisco Beltrão, Guarapuava, Londrina, Medianeira, Pato Branco, Ponta Grossa, Santa Helena e Toledo.

Laboratório de Energia Solar – LABENS<sup>6</sup> da UTFPR o qual que tem produzido diversos trabalhos científicos relacionados à energia solar tanto relacionados à instalação da Sede Neville quanto aos sistemas instalados no Escritório Verde da UTFPR, entre outros.

Para a obtenção dos valores de irradiação solar média diária no plano horizontal, estes deverão ser coletados diretamente do site do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET<sup>7</sup> e, posteriormente, convertidos para o ângulo de inclinação de cada sistema. Além disto, deverão ser calculados os índices de mérito de ambos os sistemas.

Após caracterizada a E. A. P., o NEOVILLE e realizada a coleta e tratamento de seus dados, iniciará a análise de resultados e discussões dos valores obtidos, primeiramente sobre o consumo água e de energia elétrica da E. A. P. e depois sobre a produção energética de ambos os sistemas. Por último, deverão ser apresentadas as considerações finais a respeito da pesquisa.

---

<sup>6</sup> O **Laboratório de Energia Solar – LABENS**, é um esforço dos pesquisadores da UTFPR – Câmpus Curitiba em desenvolver pesquisas relacionadas à energia solar, para determinação da distribuição da radiação solar e do potencial fotovoltaico no estado do Paraná e na análise dos índices de mérito de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica de energia instalados na própria Universidade. Os resultados destas pesquisas têm como principal objetivo, auxiliar na disseminação desta importante fonte de energia no estado e de subsidiar cursos para formação de profissionais habilitados para atuar nesta área. O LABENS conta com o apoio do Grupo de Pesquisa em Energia Solar e Sistemas Fotovoltaicos, e de outras importantes instituições para o desenvolvimento das suas pesquisas.

<sup>7</sup> A missão do **Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)**, órgão do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, é prover informações meteorológicas à sociedade brasileira e influir construtivamente no processo de tomada de decisão, contribuindo para o desenvolvimento sustentável do País. Esta missão é alcançada por meio de monitoramento, análise e previsão de tempo e de clima, que se fundamentam em pesquisa aplicada, trabalho em parceria e ,compartilhamento do conhecimento, com ênfase em resultados práticos e confiáveis.

## 4 APRESENTAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

Esta seção aborda a apresentação de todas as características e dados relevantes de uma Edificação da Administração Pública (E. A. P.), a qual será o objeto de pesquisa deste estudo e também as características e os dados de produção de energia do sistema fotovoltaico da UTFPR Campus NEOVILLE para serem utilizados como valores comparativos e de referência para a análise dos índices de mérito deste estudo.

### 4.1 OBJETO DE ESTUDO DA PESQUISA

O estudo de caso objeto desta pesquisa será realizado utilizando-se como fonte de dados uma Edificação da Administração Pública (E. A. P.) com a finalidade de abrigar Escritórios, Auditório, Copa, Cozinha, Área de Serviços, Instalações Sanitárias, Vestiários e Alojamentos, conforme ilustrado nas Figuras 30 a 32, a seguir.

Esta edificação possui como principais características arquitetônicas o fato de ser uma edificação de pavimento único (térreo), em alvenaria de blocos cerâmicos, com cobertura em telhas de fibrocimento suportada por estrutura metálica apoiada sobre laje e possui área coberta de aproximadamente 889 m<sup>2</sup>.

Para se caracterizar a infraestrutura elétrica e hidráulica da edificação e conseqüentemente poder calcular tanto a carga elétrica instalada como o consumo de água da edificação deve-se levantar a totalidade dos pontos de consumo, resultando em:

Quanto às instalações hidráulicas:

- 10 vasos sanitários, todos com caixa acoplada e válvulas de dupla ação;
- 03 Mictórios com válvulas automáticas de pressão individuais ambos alimentados por sistema de água de reuso;
- 11 cubas com misturadores de água quente e fria e válvulas automáticas de pressão individuais;
- 02 tanques;
- 01 pia para serviços;

- 02 aquecedores de passagem a gás de 17 litros de vazão cada;
- 01 sistema solar de aquecimento de água compostos por 20 painéis e boiler de 2000 litros;
- 01 reservatório de 1500 litros utilizado para a captação de água de chuva destinada ao reuso.

Possui como infraestrutura elétrica:

- 54 pontos de iluminação compostos por luminárias com 2 lâmpadas tubulares de LED com potência de 18 W;
- 08 pontos de iluminação compostos por luminárias com 4 lâmpadas tubulares de LED com potência de 9 W;
- 26 pontos de iluminação compostos por luminárias com 2 lâmpadas bulbo de LED com potência de 11 W;
- 01 arandela com lâmpada bulbo de LED de 11 W.
- 50 microcomputadores com potência média de 300 W;
- 8 chuveiros elétricos (apenas previsão – infra estrutura)
- 02 impressoras multifuncionais à laser com potência média de 600 W e;
- 16 aparelhos de ar condicionado do tipo inverter, quente e frio de 22000 BTU's com potência elétrica aproximada de 1900 W.



**Figura 30 – Vista da fachada da Edificação da Administração Pública (E. A. P.) objeto de estudo da pesquisa.**

**Fonte: O Autor, 2019.**

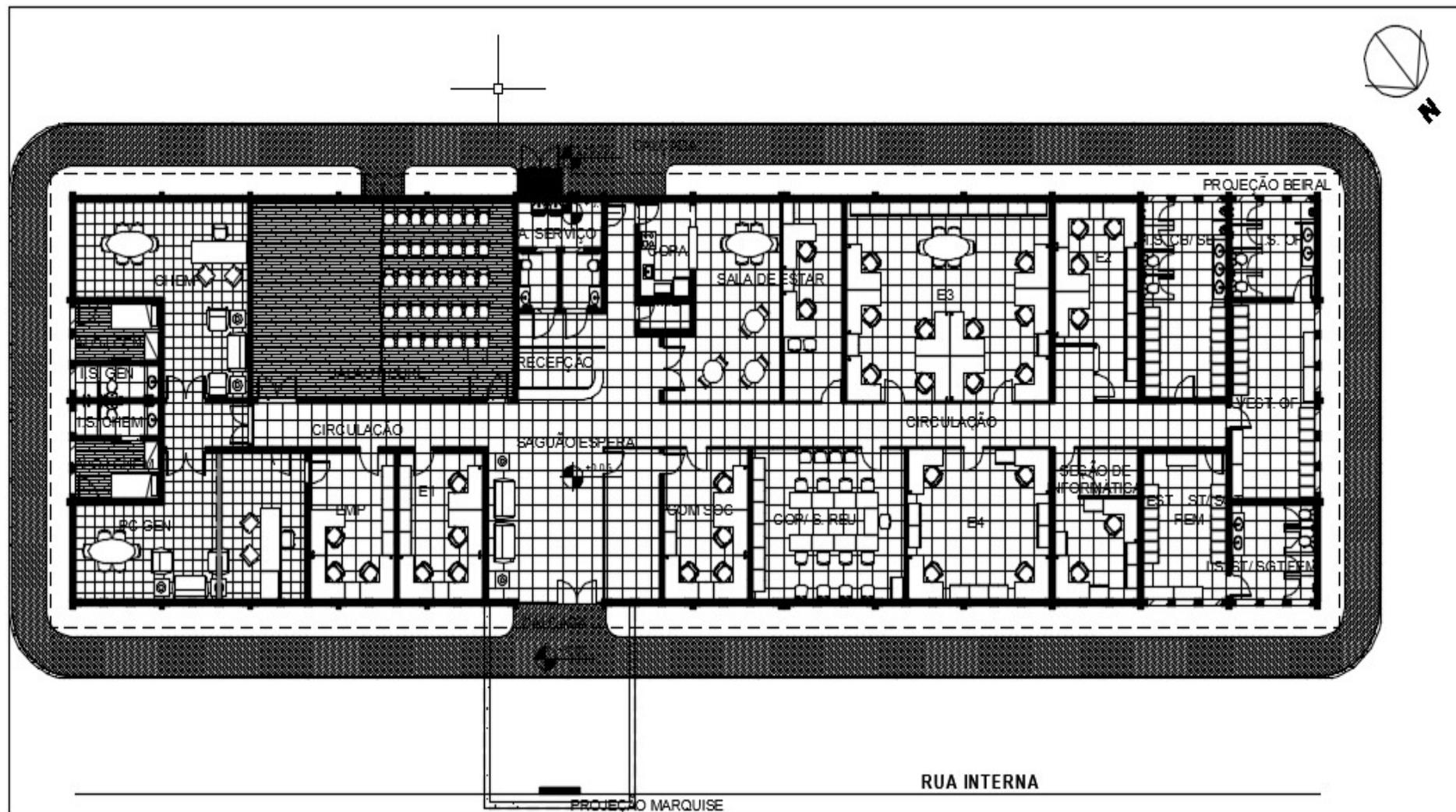


Figura 31 – Detalhes Arquitetônicos da Edificação Objeto de Estudo  
 Fonte: O Autor, 2018.

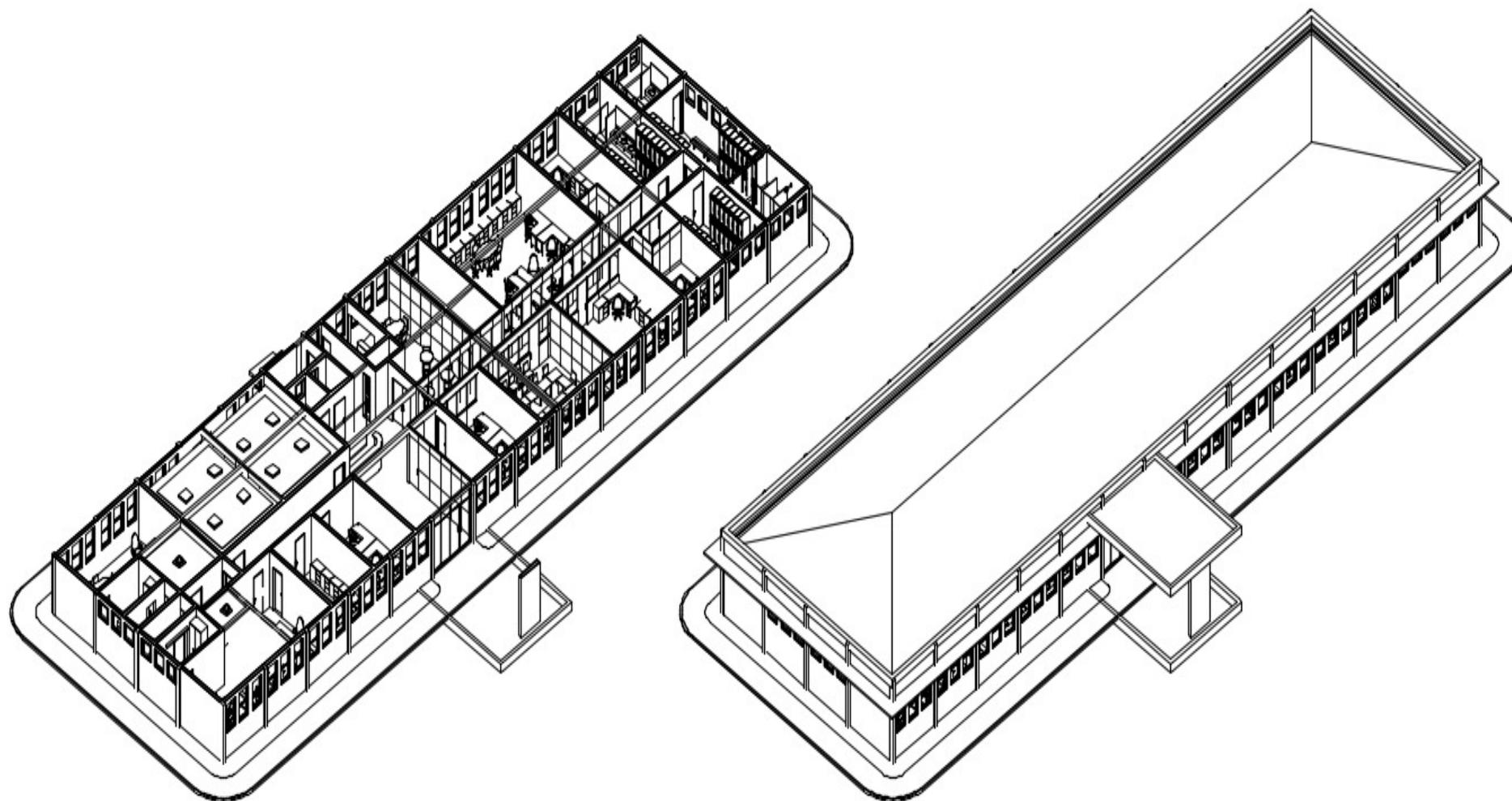
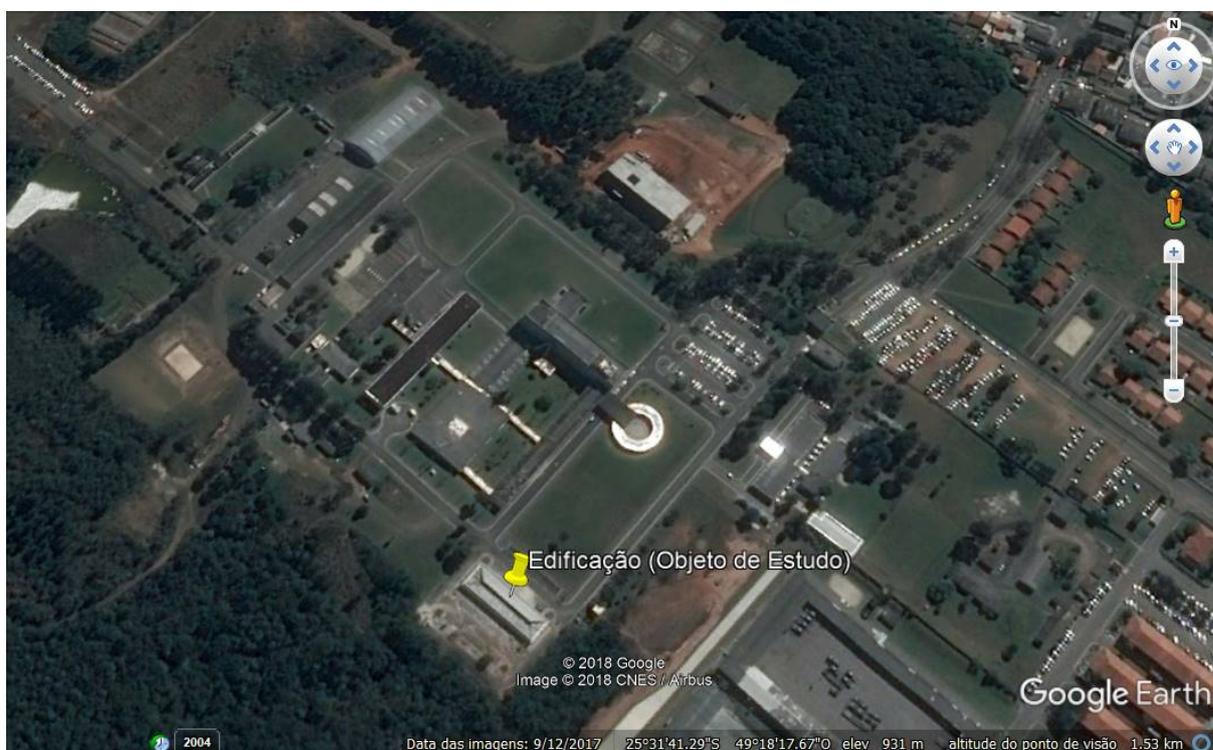


Figura 32 – Detalhes Arquitetônicos da Edificação Objeto de Estudo  
Fonte: O Autor, 2018.

O sistema de geração de energia fotovoltaico é composto por 100 módulos de 310 Wp, interligados a um inversor de 27 kW.

Esta Edificação possui previsão para abrigar 50 funcionários diariamente com previsão de funcionamento, preferencialmente, em horário comercial das 08:00h às 17:00h.

A E. A. P., objeto deste estudo, pertence a um complexo administrativo, está localizada em Curitiba / PR e possui as seguintes coordenadas Geográficas: Latitude: 25°31'45.51" S e Longitude: 49°18'19.77" W, conforme ilustrado na Figura 33.



**Figura 33 – Vista Aérea do Complexo e da Edificação Objeto de Estudo**  
**Fonte: Google Earth Pro (2018).**

Quanto aos elementos de prática de sustentabilidade e eficiência energética foram utilizadas as seguintes soluções:

- Iluminação Eficiente (LED);
- Sistema de Captação de água de Chuva;
- Sistema de Climatização do Tipo Inverter;
- Ventilação Cruzada;
- Dispositivos de Consumo de Água Reduzido;
- Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede e;
- Sistema Solar de Aquecimento de Água.

Para a elaboração da pesquisa serão coletados dados de medição considerando o período mínimo de avaliação de 1 ano com data de início em 01 de janeiro de 2018 e término em 31 de dezembro de 2018.

#### 4.2 ADAPTAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO DA PESQUISA

A proposta inicial da pesquisa pressupunha de que toda a coleta de dados seria realizada na edificação descrita anteriormente.

Contudo, em função da demora na conclusão da obra da edificação objeto de estudo, ocasionada por problemas administrativos em decorrência da execução de obra pública, a edificação não ficou completamente pronta e em condições de uso durante o período da pesquisa.

Deste modo, utilizando-se de uma saída alternativa, o autor da pesquisa foi obrigado a coletar apenas parte dos dados na edificação objeto de estudo (dados de produção do sistema fotovoltaico que entrou em operação no dia 05 de dezembro de 2017) enquanto que os demais dados tiveram que ser coletados de outra edificação (figura 34) com projeto, características construtivas e operacionais semelhantes às da edificação objeto de estudo.

Assim, foi possível dar prosseguimento na pesquisa mesclando e tratando os dados destas duas edificações como se fossem produto de uma única edificação.



**Figura 34 – Vista da fachada da Edificação da Administração Pública (E. A. P.) para adaptação do objeto de estudo da pesquisa.**

**Fonte: O Autor, 2019.**

### 4.3 SISTEMA DA UTFPR NEOVILLE X SISTEMA DA E. A. P.

Para o desenvolvimento da avaliação da eficiência do sistema fotovoltaico é necessário realizar um estudo comparativo entre dois sistemas, utilizando-se como ferramenta os critérios de cálculo dos índices de mérito do sistema fotovoltaico. Para tanto, será utilizado como referência o sistema fotovoltaico da UTFPR Sede NEOVILLE que está em operação desde fevereiro de 2016 e que foi concebido para ser instalado nas condições ideais de produção de energia.

Conseqüentemente, são apresentadas, de forma detalhada, as características dos dois sistemas utilizados para a análise.

#### 4.3.1 Descritivo/Histórico Sistema NEOVILLE:

O SFVCR da sede NEOVILLE foi cedido e instalado pela Empresa ELCO Engenharia, e entrou em operação no dia 29/02/2016.

Trata-se de um sistema composto por 34 módulos solares de silício policristalino, (um conjunto de 17 módulos em série, conectados a um Buscador do Ponto de Máxima Potência, e outro conjunto de 17 módulos em série, conectados a um segundo Buscador do Ponto de Máxima Potência, ambos no mesmo inversor), com capacidade total de 10,2 kWp instalados sobre o telhado existente do barracão principal do Campus, conforme ilustrado na Figura 35a.

Os painéis foram estrategicamente posicionados, com a devida orientação voltada para o norte e fixados através de uma estrutura metálica com uma inclinação específica de 25° (Figura 35b). Os dois conjuntos (*strings*) de 17 módulos estão suficientemente espaçados um do outro (Figura 35c) de modo a evitar que possa ocorrer sombreamento provocado por um painel sobre o outro. Todas estas características de posicionamento visam maximizar o tempo e a área de exposição dos painéis aos raios solares, de modo a se obter as melhores condições de produção de energia pelo sistema.

Os painéis estão interligados a um inversor de 10 kW (Figura 36a), sem transformador, com interface homem máquina (IHM) mostrada na Figura 36b, no qual são apresentados todos os parâmetros monitorados pelo inversor. Esta ligação é realizada através de cabos e conectores adequados, cada conjunto em uma

entrada específica com buscador de máxima potência (Figura 36c) de modo a garantir que um eventual problema em um dos *strings* não venha a interferir na produtividade do outro, e a saída do inversor (Figura 36d) é ligada diretamente ao Painel de Distribuição mais próximo (Figura 37a).



**Figura 35 – a) Arranjo físico dos Painéis do SFVCR, b) Estrutura de Fixação e c) Espaçamento entre os painéis**  
Fonte: O Autor (2018).



**Figura 36 – a) Inversor, b) IHM do Inversor, c) Entradas do Inversor e d) Saída do Inversor**  
Fonte: O Autor (2018).

Também é conectado ao inversor um *Data Logger* (Figura 37b), o qual é responsável por reunir, armazenar e transmitir os valores obtidos dos parâmetros físicos e elétricos (tensão e corrente em três fases) em um intervalo de tempo (Figura 37c), fornecidos pelo inversor através de um módulo de comunicação serial e finalmente transmitidos por *Wi-Fi* para um banco de dados (Figuras 38 e 39) para posteriores avaliações.

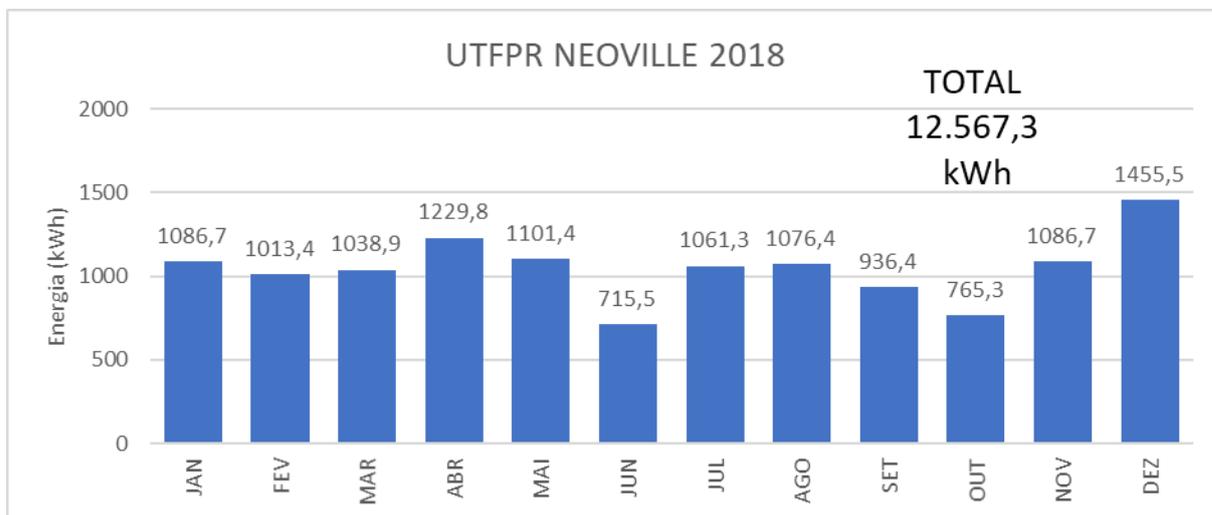


**Figura 37 – a) Distribuidor Geral, b) *Data Logger* e c) Parâmetros do Inversor**  
Fonte: O Autor (2018).

A Agência Nacional de Energia Elétrica classifica esse sistema conforme o tamanho da instalação em micro geração, ou seja, para potências de até 75 kW, (MACHADO; CORREA, 2015)



**Figura 38 – Energia Produzida em junho/2018, Sistema NEOVILLE (Monitor. Chintpower - Software da Web para armazenamento e análise dos parâmetros do inversor)**  
**Fonte: MONITOR. CHINTPOWER UTFPR (2018).**



**Figura 39 – Energia Produzida em /2018 Sistema NEOVILLE (Monitor. Chintpower - Software da Web para armazenamento e análise dos parâmetros do inversor)**  
**Fonte: Adap. de MONITOR. CHINTPOWER UTFPR (2018).**

#### 4.3.2 Descritivo/Histórico Sistema E. A. P.:

O SFVCR da E. A. P. foi adquirido através de processo de licitação pública como etapa da obra de execução da edificação e instalado pela Empresa ECOA Energias Renováveis, e entrou em operação no dia 05/12/2017. Diferentemente do no caso do sistema NEOVILLE, trata-se de um sistema composto por 100 módulos solares de silício policristalino, (quatro conjuntos de 24 módulos interligados, divididos em 6 ramos em paralelo, cada um contendo 4 módulos conectados em série) + um ramo de 4 módulos conectados em série, com todos os ramos conectados a um Buscador do Ponto de Máxima Potência do inversor. Os painéis foram instalados sobre o telhado da edificação, com capacidade total instalada de 31 kWp conforme ilustrado na Figura 40.



**Figura 40 – Arranjo físico dos Painéis do SFVCR**  
Fonte: O Autor (2018).

Desta vez, os painéis foram estrategicamente posicionados, com a devida orientação voltada para o norte e fixados através de uma estrutura metálica com uma inclinação específica de  $13^\circ$  acompanhando a inclinação do telhado (Figura 41).

Todos os painéis dos dois conjuntos (*strings*) de 17 módulos estão colocados no mesmo plano de modo a evitar que possa ocorrer sombreamento provocado por um painel sobre o outro. Todas estas características de posicionamento visam maximizar o tempo e a área de exposição dos painéis aos raios solares, de modo a se obter as melhores condições de produção de energia pelo sistema naquele local, contudo, durante o período de aquisição de dados, foi possível perceber que, em alguns momentos do dia, ocorre sombreamento parcial do sistema devido à existência de algumas árvores nas proximidades da instalação (Figuras 42a e 42b).



**Figura 41 – Estrutura de Fixação dos Painéis do SFVCR**  
**Fonte: O Autor (2018).**



**Figura 42 – a) Sombreamento Parcial da Edificação b) Sombreamento Parcial dos Painéis do SFVCR**  
**Fonte: O Autor (2018).**

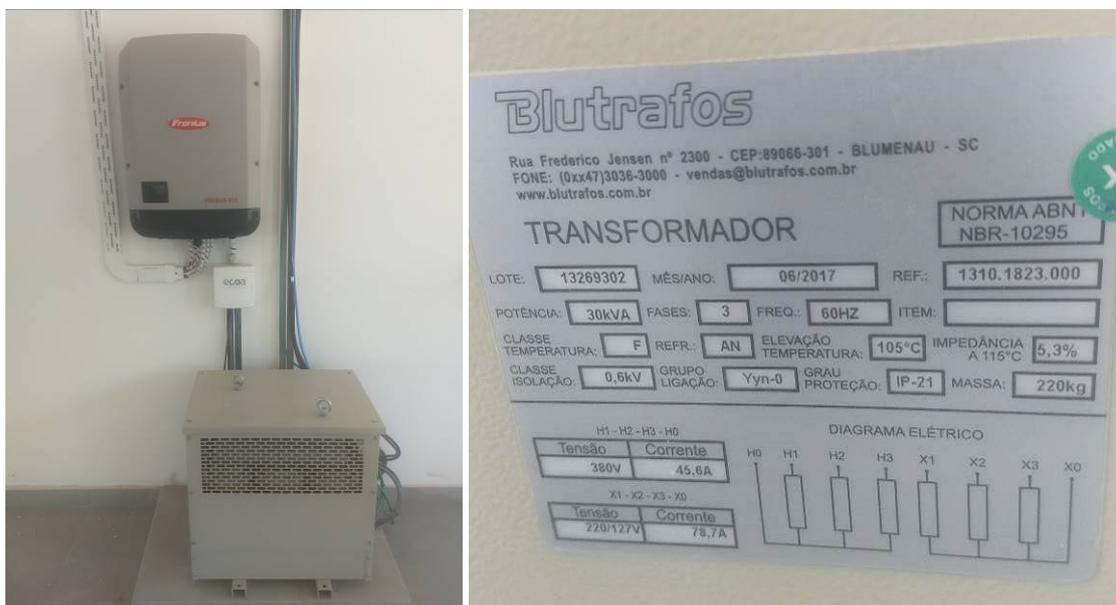
Os painéis do sistema fotovoltaico da E. A. P. estão interligados a um inversor de 27 kW (Figura 43a), da marca Fronius com terminais de conexão, *Data Logger* e *String Box* embutidos (figura 43b), além disto é equipado com IHM na qual se pode verificar os valores instantâneos de produção conforme apresentado na Figura 43c.

A interligação do sistema é realizada através de cabos e conectores adequados, cada conjunto em uma entrada específica com buscador de máxima potência (Figura 43b) de modo a garantir que um eventual problema em um dos *strings* não venha a interferir na produtividade do outro.



**Figura 43 – a) Inversor, b) Entradas e Saída do Inversor, c) IHM do Inversor**  
**Fonte: O Autor (2018).**

Na Figura 44a é possível se ter um panorama geral das conexões do inversor, onde é possível perceber que o inversor é interligado a um caixa contendo um disjuntor trifásico (logo abaixo do inversor), e que sua saída está ligada diretamente a um transformador trifásico de 30 kVA – 380-220/127V (dados de placa ilustrados na figura 44b), o qual se conecta diretamente ao quadro de distribuição geral da instalação.



**Figura 44 – a) Visão Geral da Instalação do Inversor. b) Dados de Placa do Transformador**  
**Fonte: O Autor (2018).**

Também pode-se classificar esse sistema conforme o tamanho da instalação em micro geração, ou seja, com potência inferior a 75 kW, (MACHADO; CORREA, 2015)

Outro detalhe, muito importante, é o fato de o sistema fotovoltaico ser conectado à rede diretamente no alimentador geral da edificação, em baixa tensão,

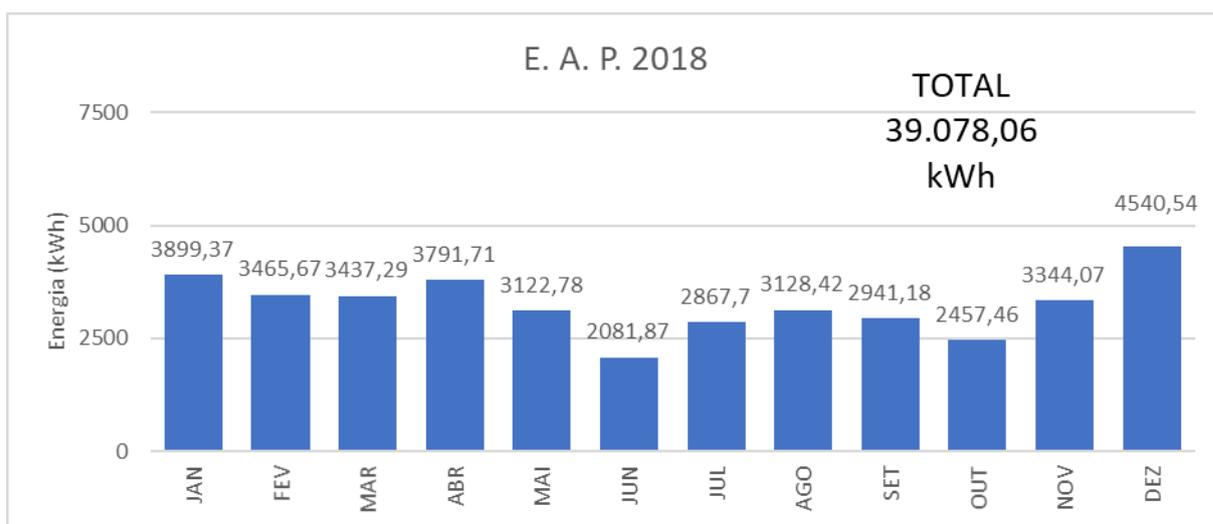
o qual deriva de um posto de transformação de 112,5 kVA (Figura 45) e este, por sua vez, é alimentado por uma rede de média tensão que atende todas as edificações do complexo. Por este motivo o SFVCR não está diretamente ligado à um medidor bidirecional da Concessionária de Energia e, uma vez que esse medidor está instalado no interior da Cabine de entrada de energia em média tensão de todo o complexo, a energia excedente produzida pelo sistema não chega a ser medida pela concessionária. Isto ocorre devido ao fato de que toda a energia excedente produzida acaba sendo distribuída e consumida pelas demais edificações do próprio complexo, não chegando a sensibilizar o medidor da Concessionária.



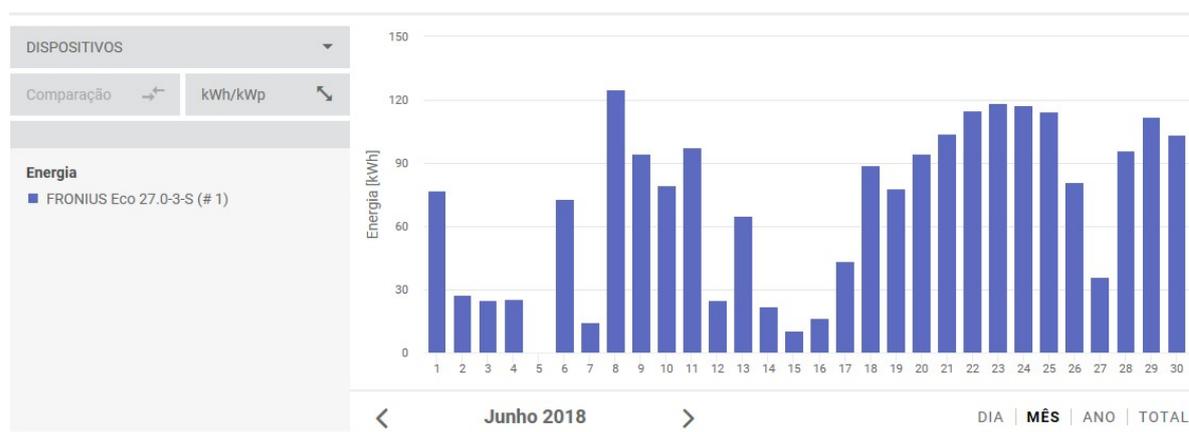
**Figura 45 – Visão Geral da Cabine de Entrada de Energia do Complexo e do Posto de Transformação que Alimenta a E. A. P.  
Fonte: O Autor (2018).**

Como mencionado anteriormente, o sistema fotovoltaico da E. A. P. entrou em operação no dia 05/12/2017 a partir da vistoria de homologação realizada pela Concessionária Local de Energia (COPEL) e na Figura 46 é ilustrada a energia

produzida ao longo do ano de 2018, contudo devido à um problema na rede elétrica de média tensão que alimenta a edificação, no dia 05 de junho de 2018, ocorreu um desligamento da alimentação de energia e consequentemente o desligamento do sistema de geração fotovoltaica devido ao sistema de anti-ilhamento. No dia 07 do mesmo mês novamente o sistema foi desligado por um período de 2 horas para uma nova intervenção na rede elétrica de média tensão. Estes fatos podem ser verificados na Figura 47.



**Figura 46 – Energia Produzida em 2018 Sistema E. A. P. (SolarWeb - Software da Web para armazenamento e análise dos parâmetros do inversor)**  
 Fonte: Adaptado de SOLARWEB E. A. P. (2018).



**Figura 47 – Energia Produzida em Jun/2018, Sistema E. A. P. (SolarWeb - Software da Web para armazenamento e análise dos parâmetros do inversor)**  
 Fonte: SOLARWEB E. A. P. (2018).

#### 4.3.3 Características dos Equipamentos:

Os equipamentos utilizados no sistema NEOVILLE foram importados e distribuídos pela ELCO Engenharia.

Os módulos Fotovoltaicos utilizados são do tipo policristalino, Modelo: ELCO-A300P com as características elétricas e mecânicas apresentadas na Figura 48.

O inversor utilizado no sistema NEOVILLE é o inversor de 10 kWp sem transformador Modelo: CPS SCA10KTL-DO da CHINT POWER com as características elétricas e mecânicas mostradas na Figura 49 a seguir:

Os equipamentos utilizados no sistema E. A. P. foram importados e distribuídos pela Ecoa Energias Renováveis.

Os módulos Fotovoltaicos utilizados são do tipo policristalino, Modelo: PLM-310P-72 da Perlight com as características elétricas e mecânicas apresentadas na Figura 50 a seguir.

**CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS****Condições Padrões de Teste (\*STC)**

Máxima potência	300W
Tensão de máxima potência	35,74V
Corrente de máxima potência	8,4A
Tensão de circuito aberto	45,16V
Corrente de curto-circuito	9,27A

\*STC: Espectro de massa de ar 1.5, Irradiação de 1000W/m<sup>2</sup>, Temperatura de célula 25°C

**CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS**

Célula (mm)	152,4x152,4 Policristalino
Dimensões (C x L x A)	1956x994x50 mm
Peso	23,5 kg
Bitola do cabo de conexão	4 mm <sup>2</sup>
Num. de células e conexões	72(6x12)
Num. de diodos	6

**QUALIFICAÇÃO**

Eficiência do módulo	15,4%
Tensão Máxima do Sistema	1000Vcc
Fusível Máximo em Série	15A
Carga Máxima	5400Pa

**Temperatura Nominal de Operação da Célula (\*NOCT)**

Máxima potência	209,5W
Tensão de máxima potência	32,63V
Corrente de máxima potência	6,42A
Tensão de circuito aberto	41,44V
Corrente de curto-circuito	7,17A

\*NOCT: Espectro de massa de ar 1.5, Irradiação de 800W/m<sup>2</sup>, Temperatura ambiente 20°C, Velocidade do vento 1m/s

Coefficiente de Temperatura (Pm)	-0,451%/°C
Coefficiente de Temperatura (Voc)	-0,332%/°C
Coefficiente de Temperatura (Isc)	+0,087%/°C
Temperatura Nominal de Operação da Célula	46 ± 2°C
Tolerância de saída	0 ~ 5W

**GARANTIA**

Queda de 3%/ano da potência nominal de saída no 1º ano
Queda de 0,7%/ano da potência nominal de saída do 2º ao 25º ano
Livre de defeitos no material e manutenção por 10 anos

Figura 48 – Características elétricas e mecânicas do módulo fotovoltaico (Neville)  
Fonte: ELCO Engenharia (2016).

**CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS**

Dimensão [LxAxP]	500x680x216 mm
Peso	43 Kg

**SISTEMA**

Topologia	Sem transformador
Máxima eficiência	98,6%***/98,3%
Eficiência Européia	98,2%***/97,9%
Stand-by / Consumo noturno	<20W / <0,3W

**ENTRADA CC**

Potência nominal	10,3kW
Potência máxima para cada MPPT	6kW
Potência máxima	-
Tensão máxima	1000Vcc
Faixa da tensão de operação	250-950Vcc
Start-up Tensão / Potência	320V / 150W
Tensão nominal	600V
Número de rastreadores MPP	2
Faixa de tensão MPPT	430-800Vcc*/320-800Vcc
Corrente máxima	17A/MPPT
Corrente máxima por string	17A
Numéro de entradas CC	2x2
Tipo de desconexão CC	Interruptor incorporado
Configuração do arranjo PV	Flutuante

**SAÍDA CA**

Potência nominal	10 kW
Potência máxima	10 kW
Tensão nominal	400Vca
Faixa de tensão de saída	320-460Vca*
Tipo de conexão com a rede	3φ/N/PE
Corrente máxima	15,2A
Frequência nominal	60Hz
Faixa de frequência de saída	47-53Hz/57-63Hz**
Fator de potência	>0,99 (±0,9 ajustável)
Corrente THD	<3%
Tipo de desconexão CA	-

**AMBIENTE**

Grau de proteção	IP65
Resfriamento	Ventiladores de velocidade variável
Faixa de temperatura de operação	-25 °C até +60 °C
Humidade de operação	0-95%, sem condensação
Altitude de operação	4000m

Figura 49 – Características elétricas e mecânicas do inversor (Neoville)  
Fonte: ELCO Engenharia (2016).

## POLYCRYSTALLINE, 72-CELL SERIES

ELECTRICAL PERFORMANCE								MECHANICAL CHARACTERISTICS	
Module type	PLM-310P-72							Front cover (material / thickness)	low-iron tempered glass / 3.2mm
Power output	$P_{max}$	W	290	295	300	305	310	Backsheet (color)	white
Power output tolerances	$\Delta P_{max}$	%	0 - 3					Cell (quantity / material / dimensions)	72 / polycrystalline silicon / 156 x 156mm
Voltage at Pmax	$V_{mp}$	V	37.14	37.58	38.08	38.32	38.47	Frame (material / color)	anodized aluminum alloy / silver
Current at Pmax	$I_{mp}$	A	7.81	7.85	7.88	7.96	8.06	Junction box (protection degree)	>IP65
Open-circuit voltage	$V_{oc}$	V	44.84	44.92	45.10	45.30	45.47	Cables & Plug connectors	900mm / 4mm <sup>2</sup> & MC4 compatible / IP67
Short-circuit current	$I_{sc}$	A	8.38	8.47	8.49	8.52	8.60	Module Dimensions (L / W / H)	1956mm x 992mm x 40mm
STC: 1000W/m <sup>2</sup> irradiance, 25°C cell temperature, AM 1.5g spectrum according to EN 60904-3.								Module Weight	21.6kg
THERMAL CHARACTERISTICS				PACKING DETAILS					
Nominal operating cell temperature	NOCT	°C	45±2		Container	20'GP	40'HQ		
Temperature coefficient of Pmax	$\mu$	%/°C	-0.45		Pieces per pallet	52	56		
Temperature coefficient of Voc	$\beta_{voc}$	%/°C	-0.34		Pallets per container	5	11		
Temperature coefficient of Isc	$\alpha_{isc}$	%/°C	0.06		Pieces per container	260	616		
Temperature coefficient of Vmp	$\beta_{vmp}$	%/°C	-0.40						
OPERATING CONDITIONS				Electrical Curves:					
Max. system voltage	1000V <sub>oc</sub>								
Limiting reverse current	15A								
Operating temperature range	-40°C to 85°C								
Max. static load front (e.g., snow)	5400Pa								
Max. static load back (e.g., wind)	2400Pa								
Max. hailstone impact (diameter / velocity)	25mm / 23m/s								

Figura 50 – Características elétricas e mecânicas do módulo fotovoltaico (E. A. P.)  
Fonte: PERLIGHT (2018).

O inversor utilizado no sistema E. A. P. é o inversor de 27 kW sem transformador Modelo: Eco 27.0-3-S da Fronius com as características elétricas e mecânicas mostradas na Figura 51:

INPUT DATA		OUTPUT DATA	
Number of MPP trackers	1,0	AC nominal output ( $P_{30,r}$ )	27,0 kW
Max. input current ( $I_{do,max}$ )	47,7 A	Max. output power ( $P_{30,max}$ )	27,0 kVA
Max. short circuit current, module array	71,6 A	AC output current ( $I_{30,nom}$ )	40,9 / 39,1 A
DC input voltage range ( $U_{do,min} - U_{do,max}$ )	580 - 1000 V	Grid connection ( $U_{30,r}$ )	3~ NPE 400/230, 3~ NPE 380/220 V
Feed-in start voltage ( $U_{do,start}$ )	650,0 V	AC voltage range ( $U_{min} - U_{max}$ )	150 - 275 V
Nominal input voltage ( $U_{do,r}$ )	580,0 V	Frequency ( $f_r$ )	50 / 60 Hz
MPP voltage range ( $U_{mpp,min} - U_{mpp,max}$ )	580 - 850 V	Frequency range ( $f_{min} - f_{max}$ )	45 - 65 Hz
Usable MPP voltage range	580 - 850 V	Total harmonic distortion	< 2 %
Number of DC connections	6,0	Power factor ( $\cos \Phi_{30,r}$ )	0 - 1 ind./cap.
Max. PV generator output ( $I_{do,max}$ )	37,8 kWpeak		
GENERAL DATA		EFFICIENCY	
Height	725,0 mm	Max. efficiency (PV - grid)	98,3 %
Width	510,0 mm	European efficiency ( $\eta_{EU}$ )	98,0 %
Depth	225,0 mm	$\eta$ at 5% $P_{30,r}$ <sup>3)</sup>	95,9 / 93,1 %
Weight	35,7 kg	$\eta$ at 10% $P_{30,r}$ <sup>3)</sup>	96,8 / 95,7 %
Degree of protection	IP 66	$\eta$ at 20% $P_{30,r}$ <sup>3)</sup>	97,7 / 97,1 %
Protection class	1,0	$\eta$ at 25% $P_{30,r}$ <sup>3)</sup>	98,1 / 97,3 %
Overvoltage category (DC / AC) <sup>1)</sup>	2 / 3	$\eta$ at 30% $P_{30,r}$ <sup>3)</sup>	98,1 / 97,4 %
		$\eta$ at 50% $P_{30,r}$ <sup>3)</sup>	98,3 / 97,5 %
Night-time consumption	< 1 W	$\eta$ at 75% $P_{30,r}$ <sup>3)</sup>	98,2 / 97,6 %
Inverter design	Transformerless	$\eta$ at 100% $P_{30,r}$ <sup>3)</sup>	98,1 / 97,5 %
Cooling	Regulated air cooling	MPP adaptation efficiency	> 99,9 %
Installation	Indoors and outdoors		
Ambient temperature range	-25°C - +60°C	PROTECTION DEVICES	
Permitted humidity	0 - 100 %	DC insulation measurement	Yes
Max. altitude <sup>2)</sup>	2.000 m	Overload behaviour	Operating point shift, power limitation
DC connection technology	6x DC+ and 6x DC- screw terminals 2.5 - 16 mm <sup>2</sup>	DC disconnecter	Yes
		Integrated string fuse holder	Yes
AC connection technology	5-pin AC screw terminals 2.5 - 16 mm <sup>2</sup>	Reverse polarity protection	Yes

**Figura 51 – Características elétricas e mecânicas do inversor (E. A. P.)  
Fonte: FRONIUS (2018).**

## 4.4 COLETA DE DADOS

Baseado na literatura e nos dados obtidos através das leituras dos equipamentos de medição de consumo de água e de energia elétrica, além dos valores de produção energética obtidos dos equipamentos dos sistemas fotovoltaicos, serão estabelecidas as informações, dados e estimativas para permitir estabelecer o perfil da edificação objeto de estudo.

### 4.4.1 Consumo de Água (Estimado x Medido)

Para realizar a estimativa de consumo de água da edificação pode-se utilizar os seguintes métodos:

a) Considerando-se que o número de usuários da edificação é de 50 funcionários, que estes permanecem na edificação 8 horas diárias, que este intervalo corresponde a um terço do dia e que segundo a informação obtida no capítulo 2.7.4 de que o brasileiro consome em média 200 litros diários de água<sup>8</sup>, pode-se estimar que o consumo médio diário da edificação será de  $50 \cdot 200 \cdot 1/3 = 3.333,33$  litros por dia. Ao extrapolar este valor para um mês médio com 22 dias úteis, obtem-se:  $3.333,33 \cdot 22 = 73.333,33$  litros por mês, equivalentes a  $73,33 \text{ m}^3$  ao mês. A partir destes dados, fazendo o cálculo para 12 meses, fica fácil prever um consumo médio anual de água de 880.000 litros de água por ano, ou seja, um consumo de  $880 \text{ m}^3$  ao ano.

b) Por outro lado, tomando-se como referência o Anexo B - Tabela para Determinação de Consumos Especiais - Primeira ligação da Norma Técnica SABESP NTS 181:2017 – Ver. 4 que estipula que para Edifícios comerciais deve ser utilizado o fator  $0,0615 \times$  (área total construída) para o cálculo do Consumo médio estimado ( $\text{m}^3/\text{mês}$ ).

---

<sup>8</sup> Esta aproximação utiliza como referência dados de consumo de água para uso doméstico, contudo, como os usuários da edificação, em sua maioria, realizam atividade física diária durante o horário de expediente e, conseqüentemente tomam banho após a realização da atividade. Assim esta aproximação torna-se possível levando-se em conta este critério.

Desse modo, pode-se também obter o seguinte resultado:  $0,0615 \times 889 = 54,67 \text{ m}^3/\text{mês}$  ou seja,  $656,04 \text{ m}^3$  de consumo de água estimado ao ano.

c) Agora, se for utilizado o Anexo C – Tabela de Estimativa de Consumo Predial Médio Diário-Primeira ligação da Norma Técnica SABESP NTS 181:2017 – Ver. 4 que estipula os seguintes valores de consumos médios em litros/dia per capita:

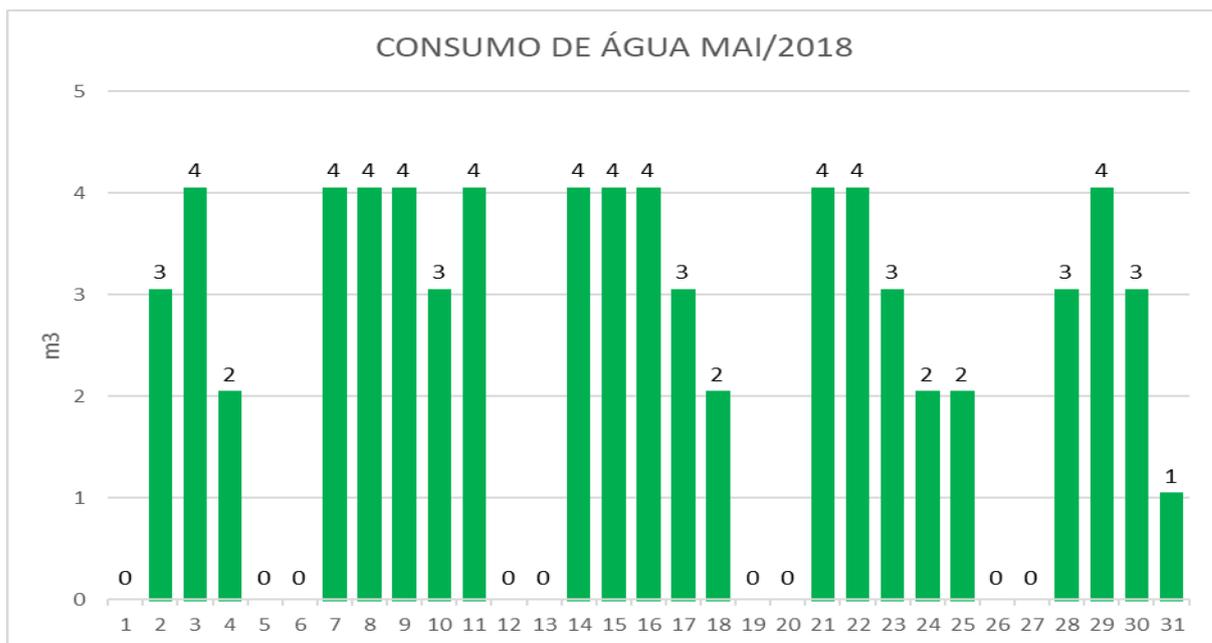
- Alojamentos provisórios - 50 a 80 per capita;
- Edifícios públicos ou comerciais - 30 a 50 per capita;
- Escritórios e consultório (médico, dentista, psicólogo etc.) - 30 a 50 per capita e;
- Quartéis - 70 a 120 per capita.

E, estipulando-se uma média entre os valores médios máximos e mínimos acima, pode-se obter o consumo médio da edificação igual a 60 litros por dia per capita. Desse modo, extrapolando para 50 usuários em 22 dias, obtém-se um consumo médio mensal estimado de 66.000 litros/mês, ou seja,  $66\text{m}^3/\text{mês}$  o que equivale a  $792 \text{ m}^3$  ao ano.

Deste modo, pode-se estabelecer três diferentes cenários estimativos de consumo de água. Dentre os quais obtém-se os seguintes resultados:

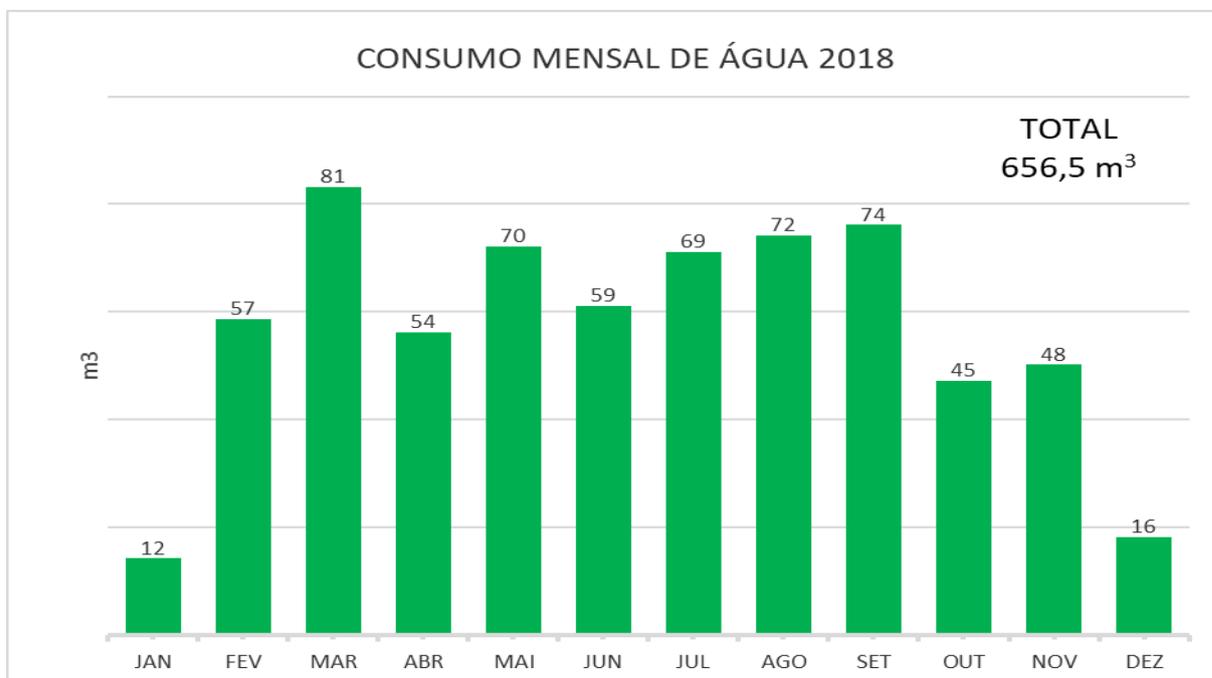
- Cenário a: consumo estimado de aproximadamente  $880 \text{ m}^3$  ao ano;
- Cenário b: consumo estimado de aproximadamente  $656 \text{ m}^3$  ao ano; e
- Cenário c: consumo estimado de aproximadamente  $792 \text{ m}^3$  ao ano.

Estas estimativas podem ser confrontadas com os valores obtidos através das leituras diárias da medida de consumo de água realizadas diretamente no hidrômetro da Companhia de Saneamento do Estado do Paraná (SANEPAR). Estes dados de consumo de água estão detalhados nos Gráficos 1 e 2.



**Gráfico 1 – Consumo Diário de Água MAI/2018**  
Fonte: O Autor (2018).

Observando-se o mês de maio de 2018, por exemplo, pode-se calcular a partir dos valores medidos, o valor de consumo médio do mês de maio e obter como resultado um consumo médio diário de  $2,29 \text{ m}^3$ .



**Gráfico 2 – Consumo Mensal de Água 2018**  
Fonte: O Autor (2018).

Da mesma forma, observando-se o gráfico 2, pode-se calcular a partir dos valores medidos, o valor de consumo médio do período e obter como resultado um

consumo médio mensal de 54,7 m<sup>3</sup>, valor este, que é muito próximo do valor estimado no método “b” utilizando o fator multiplicado pela área construída da edificação estipulado pelo anexo B da norma da SABESP (54,67 m<sup>3</sup>/mês). Conseqüentemente o consumo total de água, acumulado no ano de 2018 foi de 656,5 m<sup>3</sup>.

Apesar do valor obtido como consumo real da edificação ser muito próximo do valor estipulado no cenário b, esta coincidência pode não refletir a exatidão do método. Uma vez que o método adotado para este cenário trata de edificações comerciais em geral, sem atentar para as particularidades da edificação objeto de estudo, tais como: reaproveitamento da água de chuva e o fato da edificação possuir alojamentos, áreas de banho e um perfil de utilização diferenciado em função da realização de atividade física e, conseqüentemente, a realização de banho pela maior parte de seus usuários.

Da mesma forma, o resultado apresentado no cenário a, que baseia-se em um perfil de consumo do tipo residencial, mesmo após a consideração do regime de trabalho em horário comercial, na tentativa da redução para um terço do consumo estimado por pessoa, não aparenta ser o mais adequado à situação da edificação objeto de estudo.

Portanto, o cenário a ser adotado nas análises futuras será o cenário c que apresenta um perfil de consumo de água estimado com valor intermediário entre os cenários apresentados e por prever em seu método edificações com características mais próximas à da edificação objeto de estudo.

#### 4.4.2 Consumo de Energia Elétrica

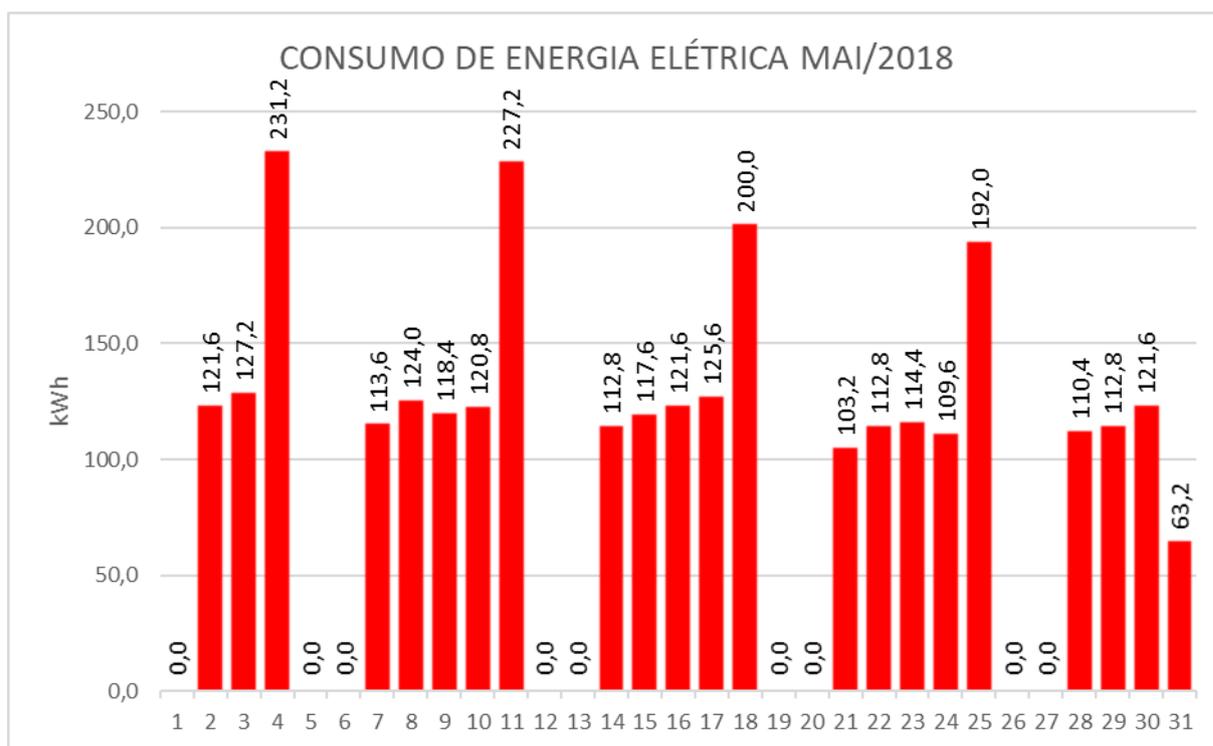
Considerando-se o número de pontos elétricos, suas respectivas potências, e o perfil de utilização das cargas elétricas pelos usuários da edificação e tomando-se como referência o quadro de cargas definido no projeto elétrico da edificação, pode-se verificar a previsão de uma carga instalada de aproximadamente 94 kW. Também do projeto elétrico da edificação é possível verificar que foi estipulada uma demanda máxima de 74,98 kVA.

Também deve ser observado, que a utilização do sistema de aquecimento de água à gás/solar em substituição à utilização de chuveiros elétricos é responsável

por uma sensível redução tanto da carga instalada quanto da demanda de energia elétrica prevista no projeto da edificação.

Sendo que, neste caso em particular, corresponde a substituição de 8 chuveiros elétricos de 5500W cada, ou seja, um total de 44kW a menos de carga instalada na edificação e uma redução de consumo de cerca de 13.600 kWh/Mês se forem considerados 30 banhos ao dia, com duração de 15 minutos cada, durante 22 dias no mês.

Na sequência, foram obtidos os valores de consumo de energia através das leituras diárias da medida de consumo de energia elétrica realizadas diretamente no multimedidor de energia elétrica da Concessionária de Energia Local (COPEL). Estes dados de consumo de energia estão detalhados nos Gráficos 3 e 4.



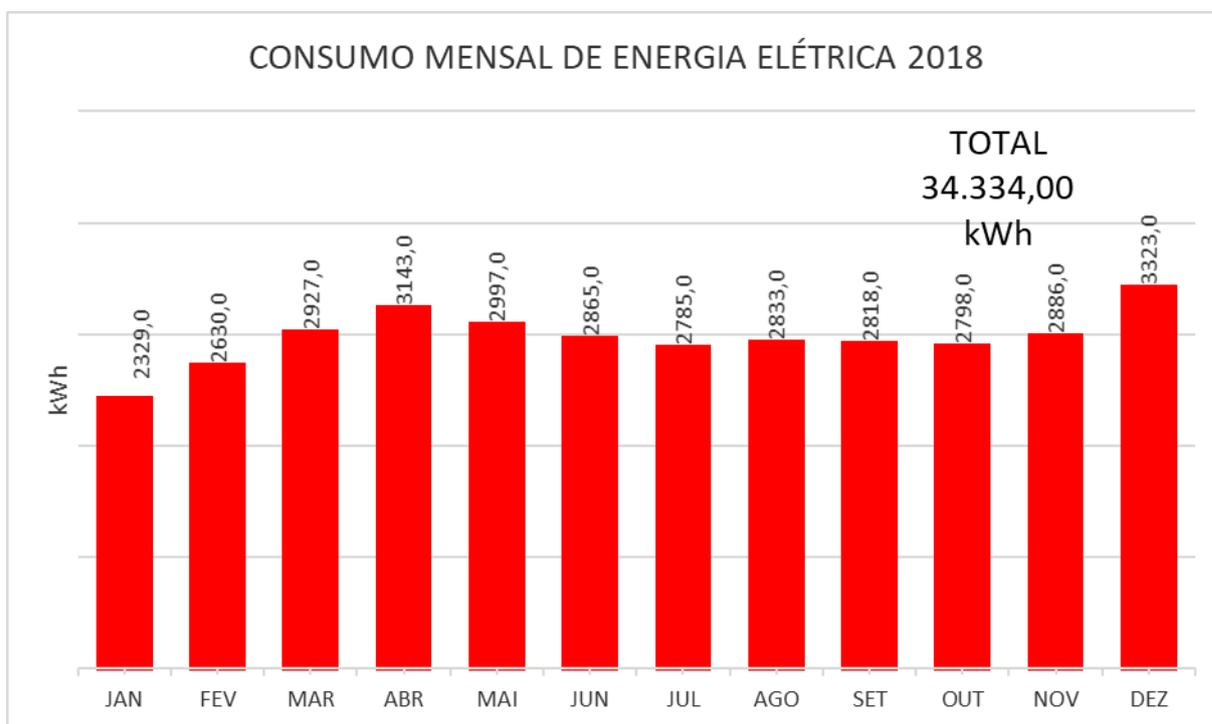
**Gráfico 3 – Consumo Diário de Energia Elétrica MAI/2018**

Fonte: O Autor (2018).

Observando-se o mês de maio de 2018, por exemplo, pode-se calcular a partir dos valores medidos, o valor de consumo total do mês de maio e obter como resultado um consumo de 2.997,00 kWh.

Da mesma forma, observando-se o gráfico 4, pode-se calcular a partir dos valores medidos, o valor de consumo médio de energia elétrica no ano de 2018 e obter como resultado um consumo médio mensal de 2.861,17 kWh.

Conseqüentemente o consumo total de energia, acumulado no ano de 2018 foi de 34.334,00 kWh.



**Gráfico 4 – Consumo Mensal de Energia 2018**  
Fonte: O Autor (2018).

#### 4.4.3 Índices de Mérito UTFPR NEOVILLE X E. A. P.

##### 4.4.3.1 Parâmetros de Cálculo:

Através do *software* Google Earth Pro, foram verificadas as coordenadas dos locais de instalação dos dois sistemas fotovoltaicos e da Estação Meteorológica do INMET, apresentadas na Tabela 4 e ilustradas na Figura 52. Também foi possível medir a distância entre as coordenadas dos dois sistemas fotovoltaicos, a qual resultou em aproximadamente 3,6 km. A distância entre o SFVCR NEOVILLE e a estação do INMET é de aproximadamente 10,8 km enquanto que a distância entre o SFVCR da E. A. P. e a estação do INMET é de aproximadamente 11,7 km:

Tabela 4 – Coordenadas geográficas

Sistema	Parâmetro	Valor
NEOVILLE	Latitude	25°30'16,55" S
	Longitude	49°19'5,75" W
E. A. P.	Latitude	25°31'45.51" S
	Longitude	49°18'19.77" W
ESTAÇÃO INMET	Latitude	25°26'55,3" S
	Longitude	49°13'50,2" W



**Figura 52 – Localização dos Sistemas NEOVILLE, E. A. P. e Estação INMET**  
**Fonte: Adaptado do GOOGLE EARTH PRO (2018.).**

As diferentes inclinações dos sistemas fotovoltaicos em relação ao plano horizontal interferem diretamente na produtividade e consequentemente na eficiência do sistema. Contudo, também impactam diretamente no custo, na confiabilidade e na robustez da estrutura de fixação dos painéis solares.

Por este motivo, em tratando-se de edificações da administração pública, opta-se preferencialmente, por utilizar sistemas fixos e com inclinação definida que são bem mais simples do que a utilização de sistemas móveis de um ou mais eixos, com seguidores solares.

Para se obter os valores de radiação incidentes no plano do painel fotovoltaico dos sistemas foi utilizado um *software* específico, o RADIASOL versão 2.1., desenvolvido pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Este software é capaz de simular o comportamento real do gerador FV, no que se refere à disponibilidade de irradiação solar ao longo do ano mediante parâmetros de entrada como coordenadas geográficas, irradiação local, inclinação e orientação dos módulos quando a inclinação do painel é diferente do ângulo da latitude local (UFRGS, 2016). Para que o software calcule a irradiação no plano do painel são necessários alguns parâmetros de entrada: a irradiação média diária mensal no plano horizontal e os ângulos de inclinação do painel e o desvio azimutal do norte geográfico. A Tabela 5 apresenta os ângulos e a Tabela 6 apresenta os índices de irradiação diária média no plano horizontal na região de Curitiba.

**Tabela 5 – Ângulo de inclinação do painel e ângulo do desvio azimutal do norte geográfico**

Sistema	Parâmetro	Valor
NEOVILLE	Ângulo do desvio azimutal do Norte	0°
	Ângulo de inclinação do painel	25°
E. A. P.	Ângulo do desvio azimutal do Norte	0°
	Ângulo de inclinação do painel	13°

Devido ao fato de as distâncias entre os sistemas fotovoltaicos e a estação de referência serem relativamente próximas (inferiores a 15km), para ambos os casos, sistema NEOVILLE e sistema E. A. P., foram utilizados os valores de irradiação diária média no plano horizontal para os meses que serão considerados na análise, ou seja, os meses de janeiro de 2018 até dezembro de 2018, obtidos do site do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), referentes à irradiação média diária para cada um desses meses em kWh/m<sup>2</sup>.dia na região de Curitiba.

Também se pode notar, na Tabela 6, que os valores de irradiação mínima e máxima no período analisado foram de 2,43 kWh/m<sup>2</sup>.dia e de 6,39 kWh/m<sup>2</sup>.dia para os meses de junho de 2018 e dezembro de 2018 respectivamente.

**Tabela 6 – Irradiação diária média no plano horizontal (kWh/m<sup>2</sup>.dia) na região de Curitiba**

Inclinação	2018											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
0°	4,85	4,90	4,20	4,66	3,51	2,43	3,33	3,83	3,78	3,36	4,93	6,39

A partir desses dados foi criada uma estação no Radiasol, denominada NEOVILLE\_2018 (Figura 53) e outra chamada E. A. P.\_2018 (Figura 54).

A utilização do *software* Radiasol é necessária para se calcular a irradiação incidente no plano inclinado utilizando os dados de entrada de irradiação global horizontal do obtidos no INMET para latitude 25,30° S e longitude 49,19° W para as estações do SFVCR da NEOVILLE e para latitude 25,26° S e longitude 49,18° W para as estações do SFVCR da E. A. P..



JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
4,85	4,90	4,20	4,66	3,51	2,43	3,33	3,83	3,78	3,36	4,93	6,39

Radiação em kWh/m<sup>2</sup>

Figura 53 – NEOVILLE\_2018

Fonte: O Autor (2018.).



JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
4,85	4,90	4,20	4,66	3,51	2,43	3,33	3,83	3,78	3,36	4,93	6,39

Radiação em kWh/m<sup>2</sup>

Figura 54 – E. A. P.\_2018

Fonte: O Autor (2018.).

As Figuras 55 e 56 mostram a interface do *software* e um gráfico de barras demonstrando os valores de irradiação diária média no plano dos painéis em relação aos meses do ano de 2018, de acordo com os dados inseridos para cada sistema.

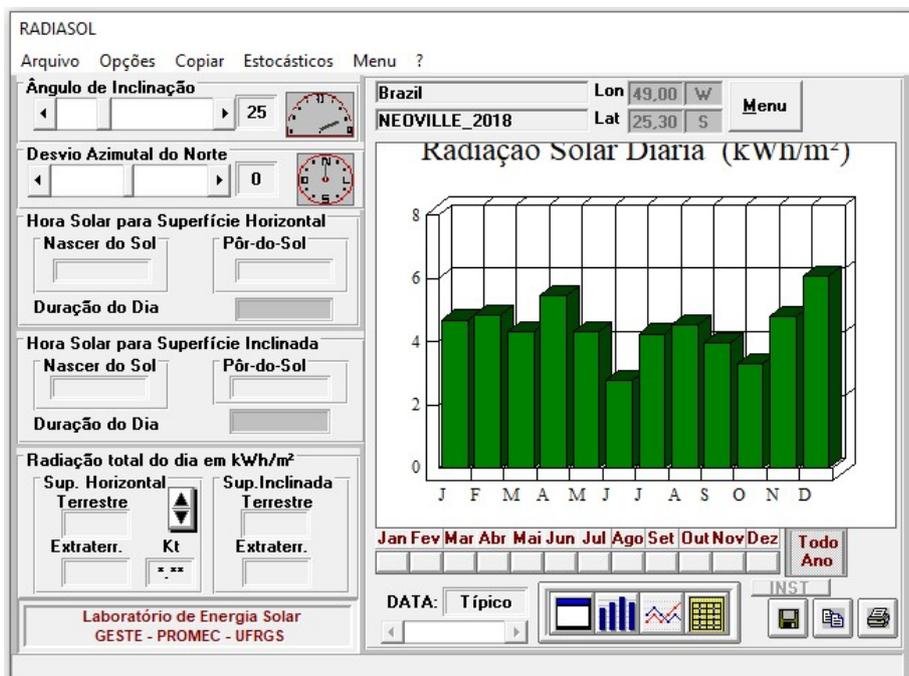


Figura 55 – NEOVILLE\_2018 - Interface do Programa Radasol  
Fonte: O Autor (2018.).

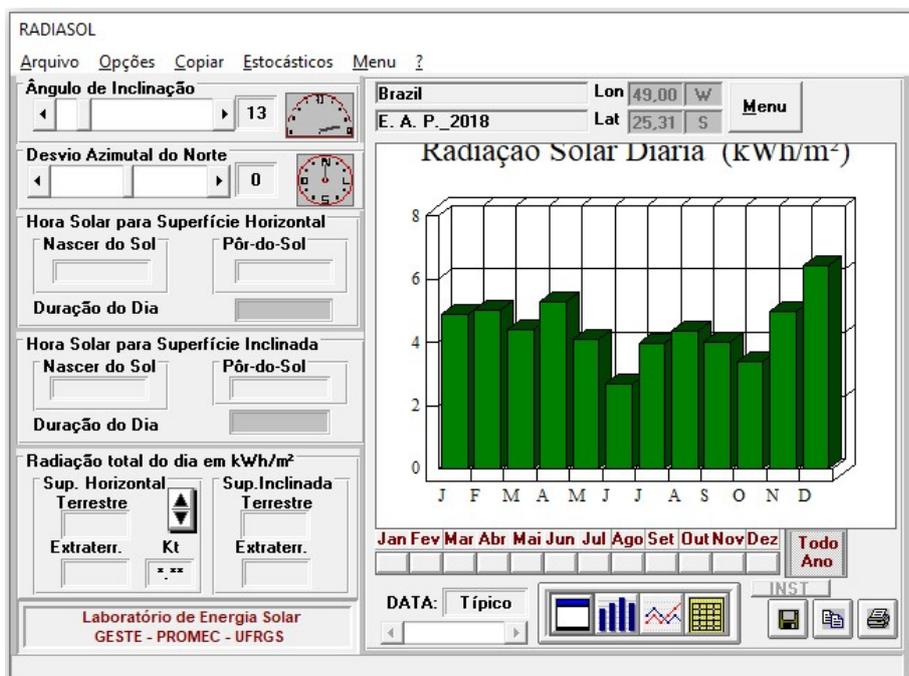


Figura 56 – E. A. P.\_2018 - Interface do Programa Radasol  
Fonte: O Autor (2018.).

A Tabela 7, por sua vez, expõe os valores calculados pelo programa para irradiação no plano do painel no período de análise de cada uma das instalações.

**Tabela 7 – Irradiação diária média no plano do painel (kWh/m<sup>2</sup>.dia)**

Sistema	2018											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
NEOVILLE	4,75	4,89	4,34	5,29	4,14	2,75	4,04	4,36	3,98	3,40	4,85	6,06
E. A. P.	4,88	5,00	4,39	5,29	4,10	2,70	3,97	4,36	4,00	3,38	4,97	6,42

Ainda de acordo com a Tabela 7, a partir do software RADIASOL obteve-se os valores de irradiação no plano do painel mínimos e máximos para o SFVCR do NEOVILLE sendo de 2,75 kWh/m<sup>2</sup>.dia no mês de junho de 2018, e de 6,06 kWh/m<sup>2</sup>.dia para o mês de dezembro de 2018 respectivamente. Para o SFVCR do E. A. P. estes valores foram de 2,70 kWh/m<sup>2</sup>.dia no mês de junho de 2018, e de 6,42 kWh/m<sup>2</sup>.dia para o mês de dezembro de 2018 respectivamente.

Contudo ao se comparar os valores da Tabela 6 – Irradiação diária média no plano horizontal com os valores obtidos na Tabela 7 – Irradiação diária média no plano do painel, pode-se perceber conforme ilustrado na Tabela 8 os percentuais de aumento ou diminuição dos valores de radiação em função do ângulo de inclinação dos painéis fotovoltaicos de cada sistema.

**Tabela 8 – Diferença em função da inclinação dos painéis (%)**

Sistema	2018											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
NEOVILLE	-2,06	-0,20	3,33	13,52	17,95	13,17	21,32	13,84	5,29	1,19	-1,62	-5,16
E. A. P.	0,62	2,04	4,52	13,52	16,81	11,11	19,22	13,84	5,82	0,60	0,81	0,47

Observando a Tabela 8 é possível perceber que o sistema E. A. P. levou pequena vantagem em relação ao sistema NEOVILLE entre os meses de janeiro a março e os meses de setembro a novembro de 2018 quando os valores de irradiação foram traduzidos para o ângulo de 13° coincidente com a inclinação dos painéis deste sistema. Que no mês de abril e de agosto as diferenças são as mesmas para ambos os sistemas e que, por outro lado, apresentou seu rendimento prejudicado no período compreendido entre os meses de maio até julho e no mês de outubro quando comparados ao sistema do NEOVILLE que possui inclinação dos

painéis em 25° (inclinação mais eficiente para a cidade de Curitiba). Resumindo: a inclinação dos painéis do sistema NEOVILLE em 25° resulta em um incremento médio de 8,94% nos valores de radiação em relação à horizontal e o sistema E. A. P., com inclinação de 13°, apresenta um incremento médio de 7,45% nos valores de radiação em relação à horizontal. Ou seja, mais uma vez fica caracterizado que a inclinação dos painéis de 25° é, em média, 1,49% mais vantajosa (eficiente) para instalações na região de Curitiba, nos períodos entre janeiro e dezembro de 2018.

A Tabela 9 expõe os valores de energia gerada mensalmente obtidos na página do site de cada sistema conforme ilustrado nas Figuras 37 e 44 anteriormente apresentadas.

**Tabela 9 – Energia total gerada por mês (kWh)**

Sistema	2018											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
NEOVILLE	1086,7	1013,4	1038,9	1229,8	1101,4	715,5	1061,3	1076,4	936,4	765,3	1086,7	1455,5
E. A. P.	3899,37	3465,67	3437,29	3791,71	3122,78	2081,87	2867,7	3128,42	2941,18	2457,46	3344,07	4540,54

#### 4.4.3.2 Cálculo do *Yield* ou Produtividade

A Tabela 10 demonstra os resultados obtidos para o índice de produtividade mensal do SFVCR.

**Tabela 10 – *Yield* ou produtividade mensal (kWh/kWp)**

Sistema	2018											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
NEOVILLE	106,54	99,35	101,85	120,57	107,98	70,15	104,05	105,53	91,80	75,03	106,54	142,70
E. A. P.	125,79	111,80	110,88	122,31	100,73	67,16	92,51	100,92	94,88	79,27	107,87	146,47

#### 4.4.3.3 *Performance Ratio* ou Taxa de Desempenho

A Tabela 11, a seguir, demonstra os resultados obtidos para a taxa de desempenho mensal do SFVCR.

Tabela 11 – Taxa de desempenho mensal (%)

Sistema	2018											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
NEOVILLE	72,35	72,59	75,63	76,00	84,22	85,09	83,00	78,15	76,93	71,14	73,28	75,96
E. A. P.	83,15	79,85	81,48	77,07	79,26	85,77	75,17	74,66	79,06	75,66	72,35	73,60

#### 4.4.3.4 Fator de Capacidade

A Tabela 12 demonstra os resultados obtidos para o fator de capacidade mensal.

Tabela 12 – Fator de capacidade mensal (%)

Sistema	2018											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
NEOVILLE	14,32	14,78	13,69	16,75	14,51	9,74	13,99	14,18	12,75	10,08	14,80	19,18
E. A. P.	16,91	16,64	14,90	16,99	13,54	9,65	12,43	13,56	13,18	10,65	14,98	19,69

Como mencionado anteriormente, cabe ressaltar que devido à um problema na rede elétrica de média tensão que alimenta a edificação, no dia 05 de junho de 2018, ocorreu um desligamento da alimentação de energia e conseqüentemente o desligamento do sistema de geração fotovoltaica devido ao sistema de anti-ilhamento e que no dia 07 do mesmo mês novamente o sistema foi desligado por um período de 2 horas para uma nova intervenção na rede elétrica de média tensão. Estes fatos influenciam no cálculo do Fator de Capacidade pois foram considerados apenas 29 dias de produção de energia no cálculo.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo aborda os parâmetros necessários para a avaliação, por meio de um estudo de caso dos principais benefícios obtidos com a utilização de práticas de sustentabilidade e de eficiência energética aplicados em uma edificação sustentável a serviço da administração pública. A análise e discussão dos possíveis cenários obtidos com a aplicação dessas tecnologias se dá a partir do monitoramento da energia produzida pelo sistema fotovoltaico conectado à rede e dos consumos de energia e água da edificação, da análise dos índices de mérito do SFVCR instalado na E. A. P. em comparação com os resultados de um sistema de referência (UTFPR NEOVILLE). Os parâmetros analisados se referem ao levantamento de consumo de água e energia, consumo de água de reuso, produção de energia solar fotovoltaica, além de seus benefícios como economia obtida, nova demanda e consumo (calculados) de energia elétrica local, o levantamento da contribuição energética efetiva, bem como as emissões de Gases de efeito estufa que podem ser evitadas com a implantação do SFVCR no edifício.

### 5.1 CONSUMO DE ÁGUA

Tomando como referência o consumo médio mensal de água estimado em  $66 \text{ m}^3$  ao mês, no cenário c do capítulo 4.4.1, e os valores obtidos através das leituras diárias da medida de consumo de água apresentadas no Gráfico 2, totalizando um consumo de  $656,5 \text{ m}^3$  no período analisado no ano de 2018. Ao extrapolar o consumo médio mensal estimado para o mesmo período (12 meses) obtém-se um consumo médio estimado de água no período igual a  $792 \text{ m}^3$ . Portanto, ao fazer uso dos equipamentos economizadores de consumo de água tais como caixa acopladas e válvulas de dupla ação nos vasos sanitários, mictórios com válvulas automáticas de pressão individuais alimentados por sistema de água de reuso; cubas com misturadores de água quente e fria e válvulas automáticas de pressão individuais, e um reservatório de 1500 litros utilizado para a captação de água de chuva destinada ao reuso fica evidente que o consumo de água realizado na prática é 17,11% menor que o consumo médio estimado no período. Esta economia quando aplicada aos valores vigentes de tarifa de consumo de água e

esgoto, tomando como referência o ano de 2018 no qual a tarifa aplicada em edificações do tipo COMERCIAL / UTILIDADE PÚBLICA / PODER PÚBLICO, na cidade de Curitiba<sup>9</sup>, é de 14,99 R\$/m<sup>3</sup>. É possível calcular uma economia de R\$ 2.031,15 com consumo de água e esgoto em um período de 12 meses.

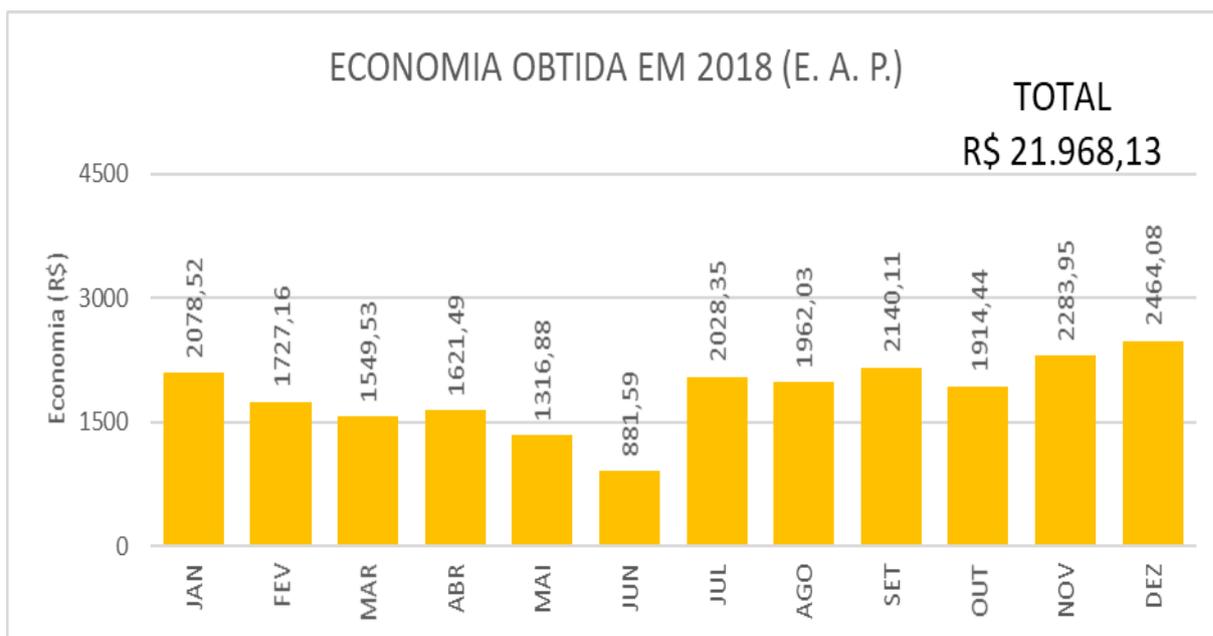
## 5.2 CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Tomando se como referência o consumo médio mensal de energia obtidos através das leituras diárias da medida de consumo de energia elétrica apresentadas no Gráfico 4 totalizando um consumo de energia elétrica de 34.334,00 kWh no ano de 2018, já desprezando o consumo evitado em função da substituição dos chuveiros elétricos pelo aquecimento a gás/solar. Obteve-se como valor médio de consumo mensal de energia elétrica o valor de 2.861,17 kWh. Ao se comparar os valores de energia elétrica produzidos pelo sistema fotovoltaico no mesmo período, extraídos do Gráfico da Figura 46, obtém-se o valor de produção energética total do período igual a 39.078,06 kWh, ou seja, o SFVCR instalado na edificação é capaz de suprir em 100% o consumo de energia da edificação e ainda produzir energia excedente de 13,82% do seu consumo nominal. Cabe lembrar que, conforme informado anteriormente, toda a energia excedente produzida pelo SFVCR da edificação é distribuída às demais edificações do complexo através de uma rede de distribuição de energia em média tensão, sem ao menos sensibilizar o medidor que registraria esta energia excedente para a concessionária de energia. Contudo, esta condição não prejudica em nada os benefícios e a economia obtidos com a produção de energia pelo sistema. Pelo contrário, desta forma toda a energia produzida pelo SFVCR é aproveitada com a melhor relação custo benefício possível.

Além disto, tomando-se como referência os valores das tarifas de consumo de energia na ponta e fora de ponta no ano de 2018, é possível calcular o valor da economia total obtida com o sistema igual a R\$ 21.968,13 em 12 meses, conforme ilustrado na Figura 57.

---

<sup>9</sup> Referência: RESOLUÇÃO HOMOLOGATÓRIA Nº 005, DE 28 DE MARÇO DE 2018. AGEPAR – Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados de Infraestrutura do Paraná



**Figura 57 – Economia Obtida em 2018 Sistema E. A. P. (SolarWeb - Software da Web para armazenamento e análise dos parâmetros do inversor)**  
**Fonte: Adaptado de SOLARWEB E. A. P. (2018).**

Por outro lado, se for considerado o consumo evitado em um ano em função da utilização do aquecimento a gás/solar para os chuveiros e, se considerado o valor da tarifa de consumo do mês de dezembro de 2018, no horário fora de ponta, da concessionária local equivalente à R\$/kWh 0,542685. Poderia ser acrescentado aos resultados obtidos uma economia de aproximada de R\$ 88.560,00.

Contudo, como durante a realização desta pesquisa, não foram considerados o consumo, nem tão pouco o gasto com a utilização de gás (GLP) para alimentação dos aquecedores de passagem e, conseqüentemente, seu impacto na economia obtida com a substituição dos chuveiros pelo aquecimento a gás/solar. Estes resultados não serão considerados no resultado final da economia obtida.

Outro fator a se considerar é que o tempo de retorno médio para sistemas fotovoltaicos conectados à rede normalmente variam entre 7 e 10 anos dependendo do tamanho do sistema, da forma de obtenção do recurso para implantação do sistema e também do valor da tarifa de energia da concessionária local.

### 5.3 ANÁLISE DE PRODUÇÃO ENERGÉTICA:

Com os valores mencionados nas Tabelas 6 e 7 pode-se perceber que o ângulo de inclinação do painel de 25° para o sistema NEOVILLE melhora a captação

da irradiação ao longo dos meses analisados, em média, 8,94%. Já para o sistema da E. A. P. pode-se perceber que o ângulo de inclinação do painel de 13° melhora a captação da irradiação ao longo dos meses analisados, em média, 7,45%. Contudo, também é possível perceber que no sistema NEOVILLE, entre janeiro e fevereiro e entre novembro e dezembro de 2018 houve um decréscimo de incidência de irradiação, médio de 2,26%, nestes meses, nos módulos inclinados se comparado com a incidência de irradiação no plano horizontal.

Agora, ao analisar os Índices de Mérito obtidos pelos SFVCR da E. A. P. obteve-se os seguintes valores médios (Tabela 13):

**Tabela 13 – Comparativo entre os Índices de Mérito dos sistemas NEOVILLE e E. A. P.**

Índices de Mérito	SFVCR NEOVILLE	SFVCR E. A. P.	Diferença %
Produtividade ou YIELD ( $Y_F$ ) kWh/kWp	1232,09	1260,58	2,31%
Taxa de Desempenho ou Performance Ratio ( $P_R$ ) %	77,03%	78,09%	1,38%
Fator de Capacidade ( $C_F$ ) %	14,06%	14,43%	2,58%

Estes resultados demonstram que a eficiência do SFVCR da E. A. P. está dentro dos padrões esperados para a região e para o tipo de tecnologia adotada na instalação e, além disto, é possível perceber que os valores são muito próximos em ambos os sistemas com diferenças percentuais menores que 3% entre as instalações.

Cabe também, ressaltar que, ao longo do acompanhamento realizado no ano de 2018 foi possível verificar que mesmo apesar de o SFVCR da E. A. P. apresentar pontos de sombreamento momentâneos em alguns períodos do dia, conforme ilustrado nas Figuras 42a e 42b e que, apesar de o sistema apresentar um certo grau de sujidade sobre os painéis, conforme ilustrado na Figura 58a, devido aos longos períodos de estiagem ocorridos nos meses de maio e junho, ainda assim o Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede da Edificação da Administração Pública, em questão, apresentou excelentes resultados de performance.



**Figura 58 – a) Sujidade sobre os painéis b) Situação dos painéis após lavagem pela chuva**  
**Fonte: O Autor (2018).**

Também cabe ressaltar que após o período de estiagem, logo após a ocorrência de uma chuva mediana, foi realizada uma nova verificação da condição de sujidade dos painéis do sistema, na qual se pode perceber que a limpeza do painel melhorou significativamente, como ilustrado na Figura 58b, comprovando que apesar da inclinação dos painéis ser de aproximadamente metade da inclinação recomendada para a região, ainda assim, o sistema é capaz de realizar sua auto limpeza naturalmente e produzir energia elétrica com a eficácia desejada.

Outro benefício obtido com utilização de um sistema fotovoltaico conectado à rede é a redução de emissões de gases de efeito estufa. Segundo Mariano (2017), a quantificação deste efeito pode ser baseada nos fatores médios de emissão de CO<sub>2</sub> do Sistema Interligado Nacional (SIN) que o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) apresenta para aplicação em projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, destacando para o ano de 2018 os valores apresentados de Fator Médio Mensal (tCO<sub>2</sub>/MWh) na Tabela 14.

**Tabela 14 – Fatores de Emissão de CO<sub>2</sub> do Sistema Interligado Nacional do Brasil.**

Fator Médio Mensal 2018 (tCO <sub>2</sub> /MWh)												Fator Médio Anual 2018 (tCO <sub>2</sub> /MWh)
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
0,0640	0,0608	0,0635	0,0523	0,0607	0,0915	0,1076	0,1181	0,1182	0,0802	0,0366	0,0343	0,0740

Deste modo a Figura 59 ajuda a ilustrar a quantidade evitada de CO<sub>2</sub> da instalação, uma vez que, de acordo com a média do ano de 2018, tem-se um fator médio de emissão de 0,0740 tCO<sub>2</sub> para cada MWh e, considerando a produção energética do sistema em 2018 totalizando 39,08 MWh é possível estimar que o

sistema estudado evita a emissão de aproximadamente 2,54 tCO<sub>2</sub>/ano ao SIN do país ao longo do ano de 2018 o que, grosseiramente, equivale a poupar a derrubada de 73 árvores, ou transitar em um veículo de passeio por aproximadamente 18.884 km.

Estes dados foram obtidos utilizando como parâmetro o fator de conversão médio 0,0740 tCO<sub>2</sub>/MWh, configurado diretamente no inversor do sistema.



**Figura 59 – Quantidade de CO<sub>2</sub> e equivalências evitados no ano de 2018 Sistema E. A. P. (SolarWeb - Software da Web para armazenamento e análise dos parâmetros do inversor)**  
Fonte: Adaptado de SOLARWEB E. A. P. (2018).

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Primeiramente, cabe ressaltar a relevância científica desta pesquisa que, embasada pela análise bibliométrica realizada no capítulo 3, permitiu verificar a existência de um número significativo de publicações, autores e citações relativas aos temas abordados (210.315 publicações), contudo, por outro lado, possibilitou também perceber que a quantidade de publicações englobando simultaneamente estes temas, se reduz bastante (passando para apenas 425 publicações) e, principalmente que o número de publicações realizadas no Brasil sobre os temas aqui abordados, ainda é muito menor (apenas 14) que a dos demais países ranqueados na busca da base de dados do SCOPUS, fazendo com que o Brasil ocupe apenas a décima posição entre os 10 países com maior número de publicações sobre estes temas, conforme ilustrado na Figura 23.

A pesquisa permite perceber que, fazendo uso da metodologia proposta, é possível verificar que os índices de mérito do SFVCR da UTFPR NEOVILLE e do SFVCR da E. A. P. apresentaram valores adequados, e, semelhantes aos índices obtidos em outros sistemas conectados à rede em localidades próximas, como por exemplo, no caso do SFVCR do Escritório Verde da UTFPR. A média dos valores obtidos no SFVCR da E. A. P. de produtividade (*YIELD*) para o ano de 2018 foi de 1.260,58 kWh/kWp, a taxa de desempenho ( $P_R$ ) média foi de 78,09% e o fator de capacidade ( $F_C$ ) médio 14,43%. Para efeito de comparação, os valores médios desses mesmos índices, obtidos em 2016 para o EV da UTFPR, segundo Tonin (2017), foram respectivamente: 1.176,67 kWh/kWp, 74,42% e 13,41%. E, baseando-se nestas taxas de desempenho e no valor de R\$ 21.968,13 de economia obtidos diretamente na fatura de energia atingidos em 12 meses de instalação, fica evidente o benefício de se instalar um Sistema Fotovoltaico em uma Edificação da Administração Pública.

Por outro lado, também se pôde evidenciar uma significativa economia da ordem de 17,11% de economia no consumo de água da edificação em função das práticas de sustentabilidades adotadas em relação a este insumo.

Além de todos os benefícios já mencionados, durante o acompanhamento e estudo das técnicas e soluções adotadas na edificação, não se pode deixar de notar e muito menos de mencionar, os diversos outros benefícios, menos tangíveis, que

acompanham a adoção de práticas de sustentabilidade em uma Edificação da Administração Pública. Benefícios como o fato de tornar a edificação uma “vitrine” que conseqüentemente tende a aumentar a boa repercussão, que a divulgação da utilização de tais práticas confere à organização usuária da edificação, assim como a satisfação com os resultados obtidos por parte de todos os envolvidos com a instalação, operação e manutenção de tais sistemas na edificação, objetivando sempre, manter a boa imagem da instituição, adquirida também, em função das soluções adotadas.

Além de tudo isto, também é perceptível, que não se trata apenas de uma questão de atendimento à normas e legislações, pois é notório que os benefícios econômicos, sociais e ambientais são rápida e gradativamente atingidos ao se adotar práticas de sustentabilidade em uma Edificação da Administração Pública.

Conseqüentemente, esta pesquisa pode servir de parâmetro ou referência, para ajudar a motivar, embasar e justificar a adoção de tais práticas em processos de compras públicas, licitações, elaboração de projetos, execução de obras e contratação de serviços por agentes da administração pública.

Como sugestão para trabalhos futuros, sugere-se a implantação de um plano de manutenção periódica (limpeza) dos painéis fotovoltaicos e acompanhamento dos resultados para avaliar o percentual de queda ou melhoria de desempenho em função da sujidade ou limpeza dos painéis fotovoltaicos da instalação objeto deste estudo de caso.

## REFERÊNCIAS

A3P. Agenda Ambiental na Administração Pública - **Curso de Capacitação Sustentabilidade na Administração Pública**. Disponível em: <<http://consorcioabc.sp.gov.br/imagens/noticia/Apostila%20-%20Curso%20A3P%20-%202013.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

AGEPAR. Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados de Infraestrutura do Paraná - AGEPAR - **Resolução Homologatória Nº 005, de 28 de março de 2018**. Disponível em: <<https://www.documentador.pr.gov.br/documentador/pub.do?action=d&uuid=@gtf-escriba-agepar@7d08b398-067d-4217-a13d-0701bc788244&emPg=true%3E>>. Acesso em: 28 abr 2019.

AGU. Advocacia-Geral da União (AGU). Consultoria-Geral da União. **Guia Nacional de Licitações Sustentáveis** / Flávia Gualtieri de Carvalho, Maria Augusta Soares de Oliveira Ferreira e Teresa Villac, Brasília: AGU, 2016. 42 p. il. Disponível em: <[http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwicmYTOtLXcAhXIIJAKHRknCn0QFggoMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.agu.gov.br%2Fpage%2Fdownload%2Findex%2Fid%2F33733269&usg=AOvVaw1-kmkmmIDMJUkPL7\\_b4MT](http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwicmYTOtLXcAhXIIJAKHRknCn0QFggoMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.agu.gov.br%2Fpage%2Fdownload%2Findex%2Fid%2F33733269&usg=AOvVaw1-kmkmmIDMJUkPL7_b4MT)> Acesso em: 23/07/2018.

AMSBC. Agenda Municipal de Sustentabilidade São Bernardo do Campo - **Manual de Obras Públicas Sustentáveis**. Disponível em: <[http://www.saobernardo.sp.gov.br/documents/10181/20856/manual\\_obras\\_sustentaveis.pdf/9cca6f27-cc84-4245-9f64-73351274d827](http://www.saobernardo.sp.gov.br/documents/10181/20856/manual_obras_sustentaveis.pdf/9cca6f27-cc84-4245-9f64-73351274d827)>. Acesso em: 12 abr. 2018.

ANEEL: **Agência Nacional de Energia Elétrica. Ampla Possibilidades Para Micro e Mini Geração Distribuída**, Brasília, 2015. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output\\_Noticias.cfm?Identidade=8955&id\\_area=90](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=8955&id_area=90)> Acesso em 14 mai. 2017.

BARBOZA W. G.. **A História da Sustentabilidade Desde a Revolução Industrial Até os Dias de Hoje**. Disponível em: <<https://pt.linkedin.com/pulse/hist%C3%B3ria-da-sustentabilidade-desde-revolu%C3%A7%C3%A3o-at%C3%A9-os-walter-da>>. Acesso em: 02 jul. 2018.

Basso Luiz H., Samuel N. M. de Souza, Jair A. C. Siqueira et al. **Análise de Um Sistema de Aquecimento de Água Para Residências Rurais, Utilizando Energia Solar**. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.30, n.1, p.14-21, jan./fev. 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v30n1/a02v30n1.pdf>> Acesso em 20 de abril de 2018.

BELLEN, H.M. **Indicadores de Sustentabilidade: Uma Análise Comparativa**. Rio de Janeiro: FGV, 2006.

BEMFICA J. M. C. e BEMFICA G. C.. **A Importância do Reaproveitamento da Água da Chuva**. Revista Pensar Engenharia, Vol. 03, N.02, Jul/2015 Disponível em: <<http://revistapensar.com.br/engenharia/artigo/no=a154.pdf>>. Acesso em: 02 jul. 2018.

BENEDITO, R. S., **Caracterização da Geração Distribuída de Eletricidade por Meio de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede, no Brasil, Sob os Aspectos Técnico, Econômico e Regulatório**. Dissertação de Mestrado, USP, São Paulo, 2009.

BLEY F. B.. **LEDs Versus Lâmpadas Convencionais Viabilizando a Troca**. publicado na Revista: Especialize IPOG – Revista On-line, Maio de 2012 Disponível em: <[https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/46570047/artigo\\_1\\_modelo.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1555815438&Signature=F7C0U0QgFCJuwiLYtAxFG94OeRs%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DLEDs\\_versus\\_Lampadas\\_Convencionais\\_LEDs.pdf](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/46570047/artigo_1_modelo.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1555815438&Signature=F7C0U0QgFCJuwiLYtAxFG94OeRs%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DLEDs_versus_Lampadas_Convencionais_LEDs.pdf)> Acesso em 20 abr. 2019.

BRASIL a. Ministério do Meio Ambiente. **Construções Sustentáveis**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/areas-verdes-urbanas/item/10317-eixos-tem%C3%A1ticos-constru%C3%A7%C3%B5es-sustent%C3%A1veis>> Acesso em 02 jul 2018.)

BRASIL b. Ministério do Meio Ambiente. **Construções Sustentáveis**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/constru%C3%A7%C3%A3o-sustent%C3%A1vel>> Acesso em 02 jul 2018.)

CARVALHO, L. G.. **Proposta de Indicadores Para Elaboração de Plano de Gestão de Logística Sustentável (PLS) : Pesquisa-Ação no CINDACTA II**. 2016. 229 p. : il. Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Tecnologia, Curitiba, Disponível em: <[http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2646/1/CT\\_PPGTE\\_M\\_Carvalho%20%20Luís%20Gustavo\\_2016.pdf](http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2646/1/CT_PPGTE_M_Carvalho%20%20Luís%20Gustavo_2016.pdf)> Acesso em 11 mai. 2019.

CAVALLI M.. **Práticas Sustentáveis Aplicadas ao Setor da Construção Civil: Um Estudo Sobre as Percepções dos Arquitetos.** 2015 34 f. Monografia (Especialização em Marketing). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/140130/000991016.pdf?sequence=1>> Acesso em 02 jul. 2018.

CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção - **Esquadrias para Edificações, Desempenho e Aplicações: Orientações para Especificação, Aquisição, Instalação e Manutenção.** – Brasília: CBIC/SENAI, maio de 2017. 184p.: il

CRO 5, Comissão Regional de Obras 5 - **Plano de Gestão de Logística Sustentável da Comissão Regional de Obras da 5ª RM** – Curitiba, 2015. Disponível em: <[http://www.cro5.eb.mil.br/pdf/PLS\\_CRO\\_2015.pdf](http://www.cro5.eb.mil.br/pdf/PLS_CRO_2015.pdf)> Acesso em 29 abr 2019.

DAVICO A.. **Avaliação da Flexibilidade dos Espaços de Habitação: Influência das Divisórias e Mobiliário.** Julho de 2013 410 f. Tese de Doutorado em Arquitetura (Especialização em Construção e tecnologia). Universidade do Minho, Braga - Portugal. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1822/28809>> Acesso em 20 abr. 2019.

DEMANBORO, A. C.; Fabiano, B.; Longo, R. M.; Bettine, S. do C.. **Avaliação do Consumo de Água em Torneiras em Ambiente Universitário.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 15, n. 3, p. 135-143, jul./set. 2015. Disponível em: <<https://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/53162/34446>> Acesso em 20 de abril de 2018.

DRUMOND R.. **Aproveitando Iluminação e Ventilação Natural.** 2013 Disponível em: <<http://www.arquitetaresponde.com.br/aproveitando-iluminacao-e-ventilacao-natural/>> Acesso em 02 jul 2018.)

DURIN, B. & MARGETA, J.. **A New Concept for Using Solar Photovoltaic Energy in Urban Water Supply Systems.** Tecnología y Ciencias del Agua. VIII. 47-61. 2017. 10.24850/j-tyca-2017-06-04.

DURIN, B. & MARGETA, J.. **Analysis of the Possible Use of Solar Photovoltaic Energy in Urban Water Supply Systems.** Water. 6. 1546-1561. 2014. 10.3390/w6061546.

ECYCLE. **Aquecimento Solar de Água: Entenda Variações e Funcionalidades dos Tipos de Sistema.** 2018 Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/component/content/article/69-energia/3510-sistema-solar-fotovoltaico-aquecimento-agua-banho-poupanca-energetica-como-funciona-isolante-gas-eletrico-componentes-diferencas-coletores-fechados-abertos-tubulares-vacuo-instalacao-consumo-meio-ambiente-impactos-ambientais-emissoes.html>> Acesso em 02 jul 2018.)

ELÁRT. **Divisórias para Escritório.** 2018 Disponível em: <<http://www.elart.com.br/divisorias.html>> Acesso em 02 jul 2018.)

FERNANDES, A. L. G.. **Sustentabilidade das Construções: Construções Para Um Futuro Melhor.** 2009. 45 f. Monografia (Especialização de construção civil). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. Disponível em: <<http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg1/Monografia%20ANDRE%20LUIZ%20GENELHU%20FERNANDES.pdf>> Acesso em 01 jul. 2018.

FINDER. **Sensores de Movimento e Presença x Economia de Energia.** 2018 Disponível em: <<https://www.findernet.com/pt-br/brazil/news/sensores-de-movimento-e-presenca-x-economia-de-energia>> Acesso em 02 jul 2018.)

FRONIUS. **ECO 27.0-3-S.** Disponível em: <<http://www.fronius.com/en/photovoltaics/products/commercial/inverters/fronius-eco/fronius-eco-27-0-3-s>> Acesso em 04 de jul de 2018.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos e Pesquisa.** 5<sup>a</sup>. ed. São Paulo: Atlas; 2010.

GIL, A. C. **Estudo de caso.**1. ed. São Paulo: Atlas; 2009.

GOOGLE EARTH PRO. Disponível em <<https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>>. Acesso em 04 jul 2018.

GRAY, D. E.. **“Pesquisa no Mundo Real”**, 2<sup>a</sup> Edição, Porto Alegre, Editora Penso, 2012.

GUEDES, V. L.. **Consciência Negra, Justiça Ambiental e Sustentabilidade.** Sustentabilidade em Debate. Brasília, v. 3, n. 2, p. 223-238, jul/dez 2012.

GUSS J. **Medidas para Redução do Consumo de Água em Banheiros - Parte 1.** 2012 Disponível em: < <http://www.josianeguss.com/2012/11/medidas-para-reducao-do-consumo-de-agua.html>> Acesso em 02 jul 2018.

ILUMINAR. **As Vantagens das Lâmpadas LED – Porque Comprar Lâmpadas LED.** 2019 Disponível em: <<http://iluminar-ma.com.br/index.php/noticias/16-saiba-por-que-a-lampada-led-vale-a-pena/>> Acesso em 21 abr 2019.)

ILUMININ. **Conheça os Tipos de Iluminação LED Ideais para Cada Tipo de Ambiente.** 2017 Disponível em: < <https://blog.iluminim.com.br/conheca-os-tipos-de-iluminacao-led-ideais-para-cada-tipo-de-ambiente/>> Acesso em 02 jul 2018.)

ILUNATO. **Como Calcular a Iluminação com Lâmpadas de LED?** 2018 Disponível em: <<http://www.ilunato.com.br/blog?single=como-calcular-a-iluminacao-com-lampadas-de-led>> Acesso em 02 jul 2018.)

IN 01 SLTI MPOG. **Instrução Normativa N° 01.** Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. 19 de janeiro de 2010. Disponível em: <<https://www.governodigital.gov.br/documentos-e-arquivos/legislacao/INSTRUCAO%20NORMATIVA%20N.%2001%20de%202010%20-%20Compras%20Sustentav.pdf/view>> Acesso em 23 de julho de 2018.

INMETRO Disponível em: < <http://www.inmetro.gov.br/imprensa/releases/PBE.asp>> Acesso em 21 de abril de 2019.

JOVIC ENGENHARIA Disponível em: <<http://joviceng.com.br/blog/category/energia-fotovoltaica/>> Acesso em 31 de maio de 2016.

KRUEL, A. J.. **Ignacy Sachs – Uma Voz Sempre Atual na Sociedade.** VI Encontro de estudos Organizacionais da ANPAD. Florianópolis, 23 a 25 de maio de 2010.

LAKATOS, E. M.. MARCONI, M. A.. **Fundamentos de Metodologia Científica.** 5. ed. São Paulo : Atlas 2003.

LOUÇANO N. R.. **Eficiência Energética em Edifícios: Gestão do Sistema Iluminação,** 2009. 134 f. Relatório de Estágio (Mestrado engenharia industrial eletrotécnica). Instituto Politécnico de Bragança. Disponível em: <[https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/2017/1/Relatorio\\_Nelson\\_Loucano.pdf](https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/2017/1/Relatorio_Nelson_Loucano.pdf)> Acesso em 02 jul. 2018.

MACHADO, K. S. V. D.; CORREA, N.. **Análise do Desempenho de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica em Curitiba**. 61 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

MARÍA E. G. Z., IVANNA B. C. y ANALÍA V. V.. **“Diseño de una Propuesta Sobre Arquitectura Sustentable. Caso: Favelas en Brasil”**, Revista DELOS Desarrollo Local Sostenible n.31 (febrero 2018). Disponível em: <<https://www.eumed.net/rev/delos/31/maria-godoy3.html>> Acesso em: 01 jul. 2018

MARÍA E. G. y KEIKO R.. **“La Arquitectura Ecológica como Solución a la Factura Energética de los Hogares”**, Revista DELOS Desarrollo Local Sostenible n.31 (febrero 2018). Disponível em: <<https://www.eumed.net/rev/delos/31/maria-godoy5.html>> Acesso em: 01 jul. 2018

MARIANO, J. D. **Análise do Potencial da Geração de Energia Fotovoltaica Para Redução dos Picos de Demanda e Contribuição Energética nas Edificações da UTFPR em Curitiba**. 194 p. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

MARGETA, J. & GLASNOVIC, Z.. **Solar Energy, Water Storage and Sustainable Electric Energy Production**. Int J Energy Sci. 2. 2012.

MARTINS, G. A.. **Estudo de Caso: Uma Reflexão Sobre a Aplicabilidade em Pesquisas no Brasil**. Revista de Contabilidade e Organizações, FEARP/USP, 2(2), 8-18 - 2008. Disponível em: <<http://www.spell.org.br/documentos/ver/4842/estudo-de-caso--uma-reflexao-sobre-a-aplicabilidade-em-pesquisas-no-brasil>>. Acesso em: 03 jul. 2018.

MINOZZO, E. L.; OLIVEIRA, C. C.. **A lei 8.666/93 e o Regime Diferenciado de Contratações, Diferenças e Semelhanças nas Legislações**. Revista Eletrônica Científica da UERGS, [S.l.], v. 4, n. 2, p. 246-261, abr. 2018. ISSN 2448-0479. Disponível em: <<http://revista.uergs.edu.br/index.php/revuergs/article/view/976>>. Acesso em: 01 jul. 2018. doi:<http://dx.doi.org/10.21674/2448-0479.42.246-261>.

MONITOR CHINTPOWER UTFPR Disponível em: <<http://monitor.chintpower.com/Terminal/TerminalMain.aspx?come=Public&pid=153>> Acesso em 01 de maio de 2017.

NEOSOLAR. **Sistema Fotovoltaico Isolado**. Disponível em: <<http://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica-e-seus-componentes>> Acesso em 24 de abril de 2016.

OLIVEIRA L. H. **As Bacias Sanitárias e as Perdas de Água nos Edifícios**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 2, n. 4, p. 39-45, out./dez. 2002. Disponível em: <<https://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3433>> Acesso em 20 de abril de 2018.

PERLIGHT. **PLM-310P-72-SERIES**. Disponível em: <<http://www.perlight.com/wp-content/uploads/2017/01/PLM-310P-72-SERIES.pdf>> Acesso em 04 de jul de 2018.

Persson, O., R. Danell, J. Wiborg Schneider. 2009. **Como Usar o Bibexcel para Vários Tipos de Análise Bibliométrica**. Em **Celebrando estudos de Comunicação Acadêmica: Um Festschrift para Olle Persson em seu 60º Aniversário**, ed. F. Åström, R. Danell, B. Larsen, J. Schneider, p 9–24. Leuven, Bélgica: International Society for Scientometrics and Informetrics.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. CRESESB. 2014.

REFORMA FÁCIL. **Janelas Maxim-Ar**. 2013 Disponível em: <<http://reformafacil.com.br/produtos/portas-e-janelas-de-aluminio-produtos/janelas-maxim-ar/>> Acesso em 02 jul 2018.)

RÜTHER, R. **Edifícios Solares Fotovoltaicos: o Potencial da Geração Solar Fotovoltaica Integrada a Edificações Urbanas e Interligada à Rede Elétrica Pública no BRASIL**. 1. ed. Florianópolis: Editora UFSC - LABSOLAR, v. Único, 2004.

SACHS, I.. **Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

SÃO PAULO (Estado). Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP. Norma Técnica NTS 181: 2017: **Dimensionamento do Ramal Predial de Água, Cavalete e Hidrômetro – Primeira Ligação. Procedimento**. Rev. 4 30/11/2017 Anexo B - Tabela para Determinação de Consumos Especiais - Primeira ligação e Anexo C – Tabela de Estimativa de Consumo Predial Médio Diário - Primeira ligação. Disponível em: <<http://www2.sabesp.com.br/normas/nts/NTS181.pdf>>. Acesso em: 28 abr. 2019.

SCHUTEL, S., GIORDANI, E. M.. **Ontopsicologia e Gestão: a Formação da Mentalidade Sustentável**. V Encontro de Estudos em Estratégia. Porto Alegre, 15 a 17 de maio de 2011.

SCOPUS, Elsevier. Disponível em: <<https://www.elsevier.com/solutions/scopus>> Acesso em 02 set. 2018.

SEIXAS, E. S.. **Governança nas Compras Públicas Sustentáveis [Recurso Eletrônico]: Um modelo para os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia Baseado na Análise de Redes Sociais** / Eduardo Souza Seixas. – Dados eletrônicos. – 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/26018/1/TESE%20Final%20Eduardo%20-%20Vers%C3%A3o%20Digital.pdf>> Acesso em 01 jul. 2018.

SILVA, A. A. E. **Como Delinear um Estudo de Caso?** 2015 Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/43999/como-delinear-um-estudo-de-caso>> Acesso em 03 jul 2018.)

SILVA, T. B.; SILVA, M. R. A. e SILVA I. B.. **Análise Comparativa Entre os Entraves e as Perspectivas da Implantação da Sustentabilidade em Obras Públicas**. 2018. III Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências – CONAPESC. Disponível em: <[http://www.editorarealize.com.br/revistas/conapesc/trabalhos/TRABALHO\\_EV107\\_MD1\\_SA28\\_ID459\\_28052018152555.pdf](http://www.editorarealize.com.br/revistas/conapesc/trabalhos/TRABALHO_EV107_MD1_SA28_ID459_28052018152555.pdf)> Acesso em 03 jun 2019.)

SOLARWEB **Edificação da Administração Pública**. 2018. Disponível em: <<https://www.solarweb.com/Chart/AnalysisChart?pvSystemId=e856f67a-1d8b-4d67-9121-5efd85681d41>> Acesso em 04 de jul. de 2018.

SULMÓDULOS. **Veja Como e Quando Aplicar Divisórias em Ambientes Corporativos**. 2018 Disponível em: <<http://www.sulmodulos.com.br/veja-como-e-quando-aplicar-divisorias-em-ambientes-corporativos/>> Acesso em 02 jul 2018.)

TAVARES, S. F. **Metodologia de Análise do Ciclo de Vida Energético de Edificações Residenciais Brasileiras**. 2006. 225 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis. Disponível em: <[http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/teses/TESE\\_Sergio\\_Fernando\\_Tavares.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/teses/TESE_Sergio_Fernando_Tavares.pdf)>. Acesso em 01 jul. 2018.

TIEPOLO, G. M.. **Estudo do Potencial de Geração de Energia Elétrica Através de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede no Estado do Paraná**. Defesa: 17 de março de 2015. Total de folhas: 230 páginas. Tese Doutorado – Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Rua Imaculada Conceição, 1155 – Prado Velho.

TONIN, F. S.. **Caracterização de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica na Cidade de Curitiba**. Defesa: 05 de junho de 2017. Total de folhas: 131 páginas. Dissertação de Mestrado – Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Energia (PPGSE). Curitiba, 2017.

TONIN, F. S., URBANETZ JR. J.. **“Caracterização de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica – SFVCR”**. INDUSCON 2016, Curitiba;

UFRGS. **Programa RADIASOL**. Laboratório de Energia Solar. Disponível em <<http://www.solar.ufrgs.br/#softwares>>. Acesso em 04 jul. 2018.

URBANETZ JR., J.. **Sistemas Fotovoltaicos Conectados a Redes de Distribuição Urbanas: Sua Influência na Qualidade da Energia Elétrica e Análise dos Parâmetros que Possam Afetar a Conectividade**. - Florianópolis, SC, 2010.

URBANETZ JR., J., CASAGRANDE JR, E. F., **“Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica do Escritório Verde da UTFPR”**, VIII Congresso Brasileiro de Planejamento energético (VIII CBPE), Curitiba, agosto de 2012.

VEZZOLI, C.; KOHTALA C. e SRINIVASA A.. **Sistema Produto + Serviço Sustentável: Fundamentos**; traduzido por Aguinaldo dos Santos. - Curitiba, PR : Insight, 2018. 178 p. 22ª ed

YIN, R. K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos** / Robert K. Yin; trad. Daniel Grassi - 2.ed. -Porto Alegre: Bookman, 2001.