

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA
PECE - ESPECIALIZAÇÃO EM ENERGIAS RENOVÁVEIS, GERAÇÃO
DISTRIBUÍDA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

CÍNTIA PRISCILLA DOS SANTOS HONORATO

Substituição de Sistema de Iluminação e Implantação do uso de
Energia Solar em Condomínio residencial Militar em SP

São Paulo
2019

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA
PECE - ESPECIALIZAÇÃO EM ENERGIAS RENOVÁVEIS, GERAÇÃO
DISTRIBUÍDA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

CÍNTIA PRISCILLA DOS SANTOS HONORATO

Substituição de Sistema de Iluminação e Implantação do uso de
Energia Solar em Condomínio residencial Militar em SP

Monografia apresentada ao Programa de
Educação Continuada da Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo do Curso de
Especialização em Energias Renováveis,
Geração Distribuída e Eficiência Energética

Área de concentração: Energia Solar
e Eficiência Energética

Orientador: Professor Msc Eduardo Seiji
Yamada

São Paulo
2019

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo-na-publicação

Honorato, Cíntia Priscilla

Substituição de Sistema de Iluminação e Implantação do uso de Energia Solar em Condomínio residencial Militar em SP / C. P. Honorato -- São Paulo, 2019.

67 p.

Monografia (Especialização em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. PECE – Programa de Educação Continuada em Engenharia.

1.Energia Solar 2.Eficiência energética I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. PECE – Programa de Educação Continuada em Engenharia II.t.

Dedico este trabalho,

Aos meus pais, que me mostraram a importância dos estudos,
ao meu marido Osvaldo, por toda paciência e incentivo, e a
minha irmã Cindy, por ser sempre o melhor ombro amigo.

AGRADECIMENTOS

Um agradecimento especial Àquele que é Digno de todas as coisas.

Aos professores da Escola Politécnica de São Paulo, por todo conhecimento transmitido, sempre com muita paciência e dedicação, especialmente ao meu orientador, Eduardo Yamada, muito atencioso e essencial na realização deste projeto.

Aos Homens e Mulheres de minha vida, meu pai e meu esposo, minha mãe e irmã.

A minha amiga do trabalho, que sempre compartilhou suas experiências, me auxiliando quando mais necessitava.

RESUMO

A proposta desta monografia é abordar um projeto de Eficiência Energética, a instalação de um Sistema Fotovoltaico e um Sistema de Aquecimento Solar térmico, através de um estudo de caso, para fornecimento de energia nas unidades de um condomínio residencial militar em SP, chamado de PNR (Próprios Nacionais residenciais). O principal intuito é realizar um retrofit deste condomínio, buscando uma melhor eficiência, reduzindo os custos para os residentes e para a União, além do combate ao desperdício de energia, gerando menos impactos ao meio ambiente.

Palavras chaves: Eficiência Energética. Sistema Fotovoltaico. Sistema de Aquecimento Solar Térmico.

ABSTRACT

The proposal of this monograph is to address an Energy Efficiency project, the installation of a Photovoltaic System and a Solar Heating System, through a case study, for power supply in the units of a military residential condominium in SP, called PNR (Residential Nationals themselves). The main purpose is to perform a retrofit of this condominium, seeking better efficiency, reducing costs for residents and the Union, as well as combating energy waste, generating fewer impacts on the environment.

Keywords: Energy Efficiency. Photovoltaic System. Solar Heating System.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Selo PROCEL	16
Figura 2.2 - Selo CONPET	17
Figura 2.3 - Etiqueta de Eficiência Energética	18
Figura 2.4 - Etiqueta de Eficiência Energética para lâmpadas	18
Figura 2.5 - Estrutura do consumo de eletricidade na rede, por classe(%)	26
Figura 2.6 - Consumo de energia elétrica por equipamento	27
Figura 2.7 - Espectro eletromagnético com o espectro de luz visível indicado	21
Figura 2.8 - Eficiência luminosa das lâmpadas	27
Figura 2.9 - Interruptor Minuteira	27
Figura 2.10 - Sensor de Presença da Exatron	26
Figura 2.11 - Órbita da terra em torno do Sol	27
Figura 2.12 - Corte transversal de uma célula fotovoltaica	29
Figura 2.13 - Efeito fotovoltaico na junção pn	29
Figura 2.14 - Célula de Silício Monocristalino	31
Figura 2.15 - Célula de Silício Multicristalino	31
Figura 2.16 - Célula, módulo e painel	32
Figura 2.17 - Arranjos conectados em paralelo e série, respectivamente	33
Figura 2.18 - Exemplo de sistema híbrido	34
Figura 2.19 - Exemplo de sistema isolado	34
Figura 2.20 - Sistema conectado à rede	35
Figura 2.21 - Mercado Brasileiro de Aquecedores Solar por setor	37
Figura 2.22 - Coletor Plano com cobertura	39
Figura 2.23 - Coletor Plano sem cobertura	39
Figura 2.24 - Coletor a vácuo	40
Figura 2.25 - Eficiências dos coletores planos com e sem vidro	40
Figura 2.26 - Tipos de reservatórios térmicos	42
Figura 3.1 - Vista aérea do condomínio	43
Figura 3.2 - Área de circulação entre as casas	44
Figura 3.3 - Garagem	44
Figura 3.4 - Chuveiro Híbrido	48
Figura 3.5 - Reservatório Térmico Heliotek	50
Figura 3.6 - Diferença de instalação entre sistemas	50
Figura 3.7 - Coletor Solar – MC 15 evolution pro	52
Figura 3.8 – Fluxo de Caixa	54
Figura 3.9 – Conta de energia	52
Figura 3.10 – Modelo de placa fotovoltaica	52
Figura 3.11 - Inversor modelo Growatt 1500-S	60
Figura 3.12 - Configuração do arranjo	61
Figura 3.13 - Estimativa de Produção Mensal	62
Figura 3.14 - Economia de Energia kWh/mês	62
Figura 3.15 - Fluxo de Caixa Anual	63
Figura 3.16 - Saldo Acumulado	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Posse média de equipamentos	20
Tabela 3.1 - Quantidade de lâmpadas instaladas	46
Tabela 3.2 - Dados da localização	51
Tabela 3.3 – Dados para o cálculo do F_{cinst}	52
Tabela 3.4 - Investimento para planta Solar Térmica	55
Tabela 3.5 –Retorno Financeiro Solar Térmico	55
Tabela 3.6 – Parâmetros	55
Tabela 3.7 - Demanda da residência	56
Tabela 3.8 - Principais parâmetros da placa FV.....	58
Tabela 3.9 - Principais parâmetros do Inversor	59
Tabela 3.10 - Retorno do Projeto FV	62
Tabela 3.11 - Retorno financeiro FV	64

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivo	12
1.2 Justificativa	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1 Eficiência Energética	14
2.1.1 Plano Nacional de Energia	14
2.2 Panorama do Consumo energético no setor residencial	18
2.2.1 Sistemas de Iluminação	21
2.2.1.1 Lâmpadas	23
2.2.1.2 Reatores	24
2.2.2 Estratégias de Eficiência Energética para o Sistema de Iluminação	24
2.3 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	26
2.3.1 Radiação Solar	27
2.3.2 Efeito Fotovoltaico	28
2.3.3 Células Fotovoltaicas	30
2.3.4 Painel Solar Fotovoltaico	32
2.3.5 Tipos de Sistemas Fotovoltaicos	33
2.3.6 Componentes do Sistema Fotovoltaico	35
2.3.6.1 Inversores	35
2.3.6.2 Controladores de Carga	36
2.3.6.3 Geradores e Baterias	37
2.4 Sistema de Aquecimento Solar (SAS)	37
3. ESTUDO DE CASO.....	43
3.1 Informações do local	43
3.2 Proposta Inicial	45
3.3 Iluminação – Situação atual	45
3.3.1 Solução proposta	46
3.3.1.1 Resultado Obtido - iluminação	47
3.4 Sistema de Aquecimento Solar	48
3.4.1 Sistema de Aquecimento Solar Térmico	48
3.4.1.1 Resultado Obtido - Sistema Solar Térmico	53
3.4.2 Sistema de Energia Solar Fotovoltaica	55
3.4.2.1 Especificação técnica do módulo selecionado	57
3.4.2.2 Resultado Obtido - Sistema Fotovoltaico	61
4. CONCLUSÃO	65

1. INTRODUÇÃO

Um país considerado rico em recursos naturais faz com que a população acabe por não se preocupar com os desperdícios. Não há conceitos de eficiência fixados culturalmente e pouco se divulga a respeito desse tipo de educação, o que torna as pessoas insensíveis aos impactos que esses desperdícios geram.

De acordo com o relatório bianual da *American Council for an Energy-Efficient Economy* (ACEEE), chamado *International Scorecard*, dentre os 25 países que mais consomem energia, o Brasil ocupou a 22ª posição. Esse relatório analisa as políticas em eficiência energética empregadas.

Além do uso racional de energia, através de escolhas mais inteligentes, existem outras formas de reduzir o consumo e ao mesmo tempo auxiliar o meio ambiente. As fontes renováveis de energia possuem a vantagem de serem abundantes e inesgotáveis, além de menos poluidoras que a fontes não renováveis.

A energia solar, fonte renovável que será abordada neste trabalho, traz como principal benefício a redução do custo na conta de luz, e atualmente, tem se tornado uma medida mais acessível para o uso residencial.

1.1 Objetivo

O objetivo deste trabalho é a realização de um Retrofit no Sistema de Iluminação, nas áreas externas de um condomínio residencial militar, para otimização da utilização de energia, analisando a adequação dos equipamentos utilizados, sugerindo-se as soluções necessárias para a melhora da eficiência e redução do desperdício de energia.

Também será realizado o dimensionamento do Sistema Fotovoltaico que será implantado através do Estudo do caso proposto, onde será analisado, através dos dados levantados, os conceitos aprendidos em aula, além da implantação de um Sistema de aquecimento Solar térmico.

Assim, este projeto terá como meta reduzir o valor da conta de energia elétrica do Condomínio em questão, além da modernização das unidades, trazendo benefícios não só para os moradores, mas também para a União.

1.2 Justificativa

Com base em todo potencial que o Brasil apresenta, este trabalho visa mostrar como pequenas substituições e instalações de equipamentos, como lâmpadas à LED pode trazer benefícios financeiros e ganhos em eficiência energética.

Além da melhora em iluminação, a Energia Solar também será explorada por ser uma opção extremamente viável para o projeto em questão, gerando eletricidade e somando no combate ao uso irracional da energia.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Eficiência Energética

A crise do Petróleo, também chamada de crise energética, fez com que o mundo se conscientizasse de que já era hora de reduzir os desperdícios de energia. No Brasil, à partir de 1985, programas começaram a ser implantados para se alcançar esse objetivo. Os Ministérios de Minas e Energia (MME), junto ao da Indústria e Comércio foram os primeiros a realizar a tarefa de implantação desses programas, com o Procel (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica), integrando as ações de conservação de energia. (MAMEDE, 2017).

Eficiência Energética é a utilização da energia de forma racional, usando-a de forma eficiente, com a finalidade de se obter um melhor resultado, ou seja, é a relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização. (ABESCO, 2019).

Durante a transformação de energia elétrica em outros tipos de energia (térmica, mecânica, nuclear, entre outras), perdas ocorrem nesse processo, assim, a eficiência de um equipamento elétrico se dará quando ele for capaz de transformar um maior percentual de energia consumida em trabalho. Isto torna esse aparelho mais eficiente que outros.

2.1.1 Plano Nacional de Energia

A empresa de pesquisa Energética (EPE) desenvolveu para o MME o Plano Nacional de Energia 2030 (PNE 2030), que é o primeiro estudo de longo prazo voltado para o exame integrado do uso dos recursos energéticos realizado no âmbito do governo brasileiro. Esses estudos tiveram início em 2006 e foram concluídos em 2007, e são compostos por dezenas de notas técnicas e discussões públicas em seminários temáticos. (EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 2007).

As notas técnicas que compõem esse documento, foram anexadas ao plano, assim, os estudos foram divididos em doze volumes, sendo o título do volume 11 a eficiência energética. Esse volume se divide em cinco notas técnicas que são enumeradas da seguinte forma:

1. Caracterização técnico-econômica no uso da energia elétrica;
2. Potencial de eficiência energética no uso da energia elétrica;

3. Perspectivas da conservação de energia elétrica no PNE 2030;
4. Mecanismos de promoção para eficiência energética;
5. Estratégia de promoção para eficiência energética no Brasil. (PNE 2030, 2007).

Dentro do PNE existem programas de eficiência energética que são reconhecidos internacionalmente: o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), o Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo (CONPET) e o Programa Brasileiro de etiquetagem (PBE).

Criado em 1985, o PROCEL é coordenado pela ELETROBRÁS. Seu objetivo é combater o desperdício na produção e no uso de energia elétrica, buscando produtos e serviços com menor consumo, ou seja, com maior eficiência energética, assegurando uma redução global de custos e de investimentos em novas instalações do sistema elétrico. (PNE 2030, 2007).

A estruturação do PROCEL se divide em dois departamentos, os quais possuem duas divisões. O Departamento de Desenvolvimento de Projetos Especiais (DPE) é composto pela Divisão de desenvolvimento de Projetos Especiais (DPEP) e a Divisão de Projetos Setoriais de Eficiência Energética (DPEE). O Departamento de Planejamento e Estudos de Conservação de Energia (DPS) é composto pela Divisão de Planejamento de Conservação de Energia (DPS) e pela Divisão de Suporte Técnico de Conservação de Energia (DPST). (PNE 2030, 2007).

O DPS busca a promoção de tecnologias eficientes com subprogramas como: PROCEL Selo, PROCEL Educação, PROCEL Marketing, PROCEL INFO, PROCEL Avaliação e estudos e projetos.

O DPE atua na execução de ações e projetos nos segmentos público e privado, com subprogramas como: PROCEL Reluz, PROCEL Sanear, PROCEL GEM, PROCEL Edifica, PROCEL EPP, PROCEL Indústria. (PROCEL INFO 2019).

Figura 2.1 - Selo PROCEL



Fonte: PROCEL INFO (2019)

Instituído em 1981, por decreto Presidencial, o CONPET tem por objetivo desenvolver e integrar as ações que visem à racionalização do uso dos derivados de petróleo e do gás natural. Sua meta principal é obter um ganho de eficiência energética de 25% no uso dos derivados de petróleo e do gás natural nos próximos 20 anos, sem afetar o nível de atividade. (PNE 2030, 2007).

O programa também tem por objetivo racionalizar o consumo dos derivados do petróleo e do gás natural; reduzir a emissão de gases poluentes na atmosfera; promover a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico; e fornecer apoio técnico para o aumento da eficiência energética no uso final da energia. O CONPET busca que os consumidores se conscientizem sobre a importância do uso racional de energia para o desenvolvimento sustentável e melhor qualidade de vida. Através de várias iniciativas, busca-se esclarecer a população do uso consciente dos recursos energéticos, com programas como CONPET na educação, CONPET no transporte, Eficiência energética de Equipamentos, entre outros. Em parceria com o Programa de Etiquetagem do INMETRO, o Selo CONPET de Eficiência Energética visa destacar para os consumidores os equipamentos movidos por derivados do petróleo e gás natural que atingiram os graus máximos de Eficiência Energética. Esse Selo é concedido anualmente pela Petrobrás (CONPET, 2019).

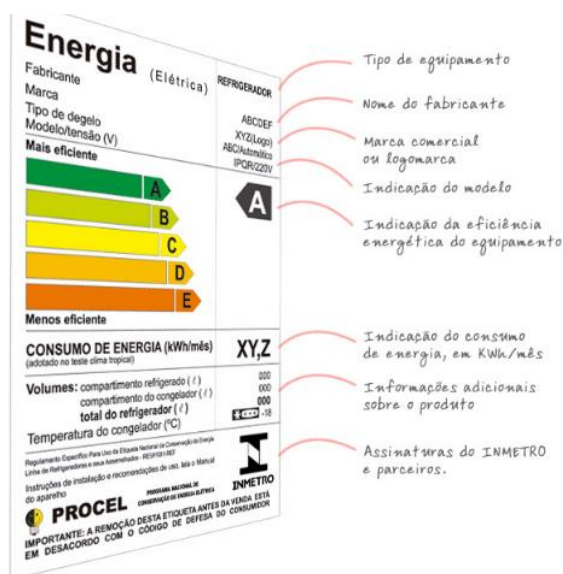
Figura 2.2 - Selo CONPET



Fonte: PROCEL INFO (2019)

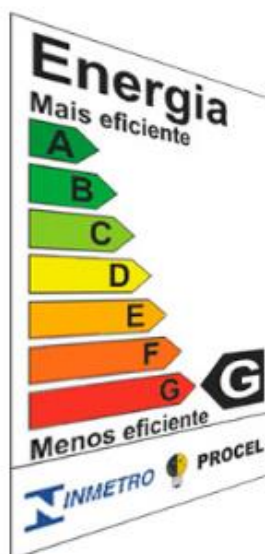
O Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) é executado em parceria com o CONPET e coordenado e regulamentado pelo INMETRO. Contribui para a comercialização e utilização de aparelhos com menor consumo de energia, por meio da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE). Essa etiqueta é afixada nos produtos para que o consumidor seja informado durante a compra sobre a Eficiência Energética ou consumo de modelos semelhantes, podendo compará-los de “A” (mais eficiente) até “E” (menos eficiente). (CONPET, 2019).

Figura 2.3 - Etiqueta de Eficiência Energética



Fonte: INMETRO (2019)

Figura 2.4 - Etiqueta de Eficiência Energética para lâmpadas



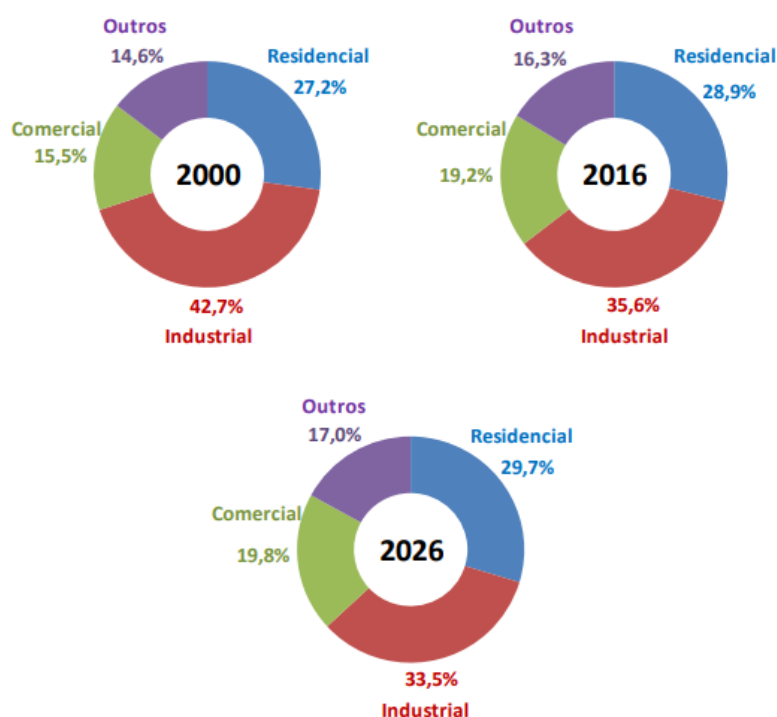
Fonte: INMETRO (2019)

2.2 Panorama do Consumo energético no setor residencial

A revolução industrial deu início a um intenso uso de energia. Devido ao grande número de equipamentos, cada vez mais os setores residenciais, industriais e comerciais vêm consumindo energia elétrica. Isso tem trazido uma grande preocupação mundial, devido ao fato das fontes atuais de energia não serem sustentáveis.

No Brasil, de acordo com o Anuário Estatístico de Energia Elétrica da EPE, em 2017, após dois anos de queda, o consumo de eletricidade no país cresceu 1,2% em relação a 2016, alcançando 467 TWh, o que deixa o país entre os dez maiores consumidores do mundo. O setor industrial segue sendo o maior consumidor, com quase 36% do total, seguido do setor residencial, com cerca de 29%.

Figura 2.5 - Estrutura do consumo de eletricidade na rede, por classe(%)



Fonte: EPE (2017)

A fonte principal de energia nas residências continua sendo a eletricidade. Isso se dá devido a universalização do serviço de distribuição e ao aumento do estoque de eletrodomésticos, graças ao aumento da renda média das famílias e do número de novos domicílios no horizonte decenal. Porém, as políticas que estabelecem índices mínimos de eficiência energética induzirão a redução do consumo médio do estoque de equipamentos. (PDE 2026, 2017).

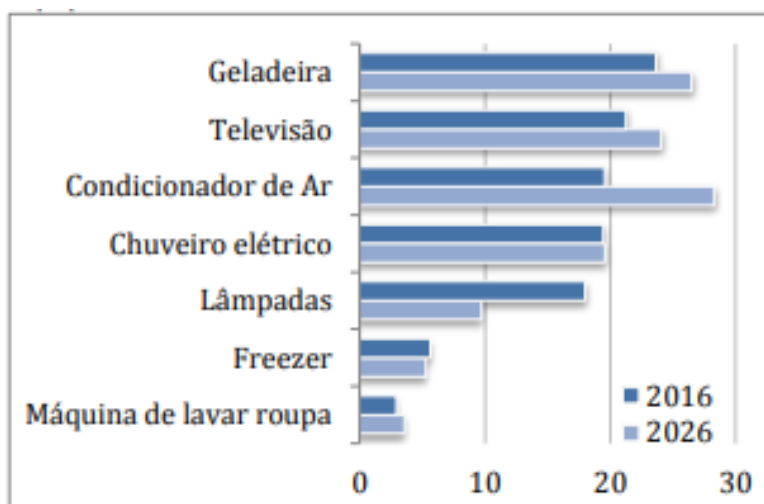
Tabela 2.1 - Posse média de equipamentos

Equipamento	2016	2021	2026
	unidades/100 domicílios		
Condicionador de ar	46	56	60
Geladeira	108	108	110
Freezer	18	17	15
Chuveiro elétrico	65	61	58
Máquina de lavar roupa	68	74	76
Televisão	181	183	186
Lâmpadas ⁽¹⁾	8,9	9,1	9,3

Fonte: EPE (2017)

O principal responsável pelo consumo de energia elétrica nas residências, será o ar condicionado, devido a ampliação do seu acesso pelas famílias. Ele é um exemplo de um dos principais equipamentos residenciais que aumentará o consumo. Um dispositivo que apresentará uma boa redução no consumo total será a lâmpada, proveniente do fim da comercialização de lâmpadas incandescentes mais populares nas residências, com maior consumo médio, e da maior penetração de lâmpadas fluorescentes compactas e de LED (light-emitting diode), mais eficientes. Nesse contexto, o consumo de energia elétrica no setor residencial é de 3,9% ao ano. (PDE 2026, 2017).

Figura 2.6 - Consumo de energia elétrica por equipamento

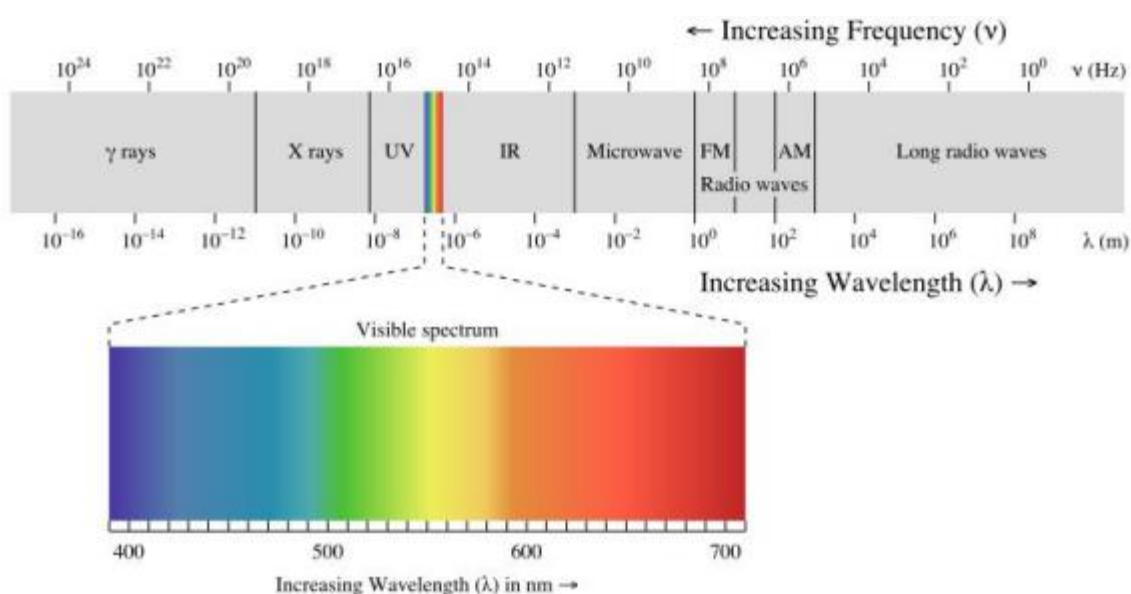


Fonte: EPE (2017)

2.2.1 Sistemas de Iluminação

A NBR 5461/91 define que a luz é uma radiação eletromagnética, capaz de produzir uma sensação visual e está compreendida em uma faixa de comprimento de onda entre 380 e 780 nanômetros no espectro eletromagnético, ou seja é a faixa de radiação das ondas eletromagnéticas visível ao olho humano e está compreendida entre as radiações infravermelhas, de maior comprimento de onda, e as radiações ultravioletas, de menor comprimento de onda. (IPOG, 2016).

Figura 2.7 - Espectro eletromagnético com o espectro de luz visível indicado



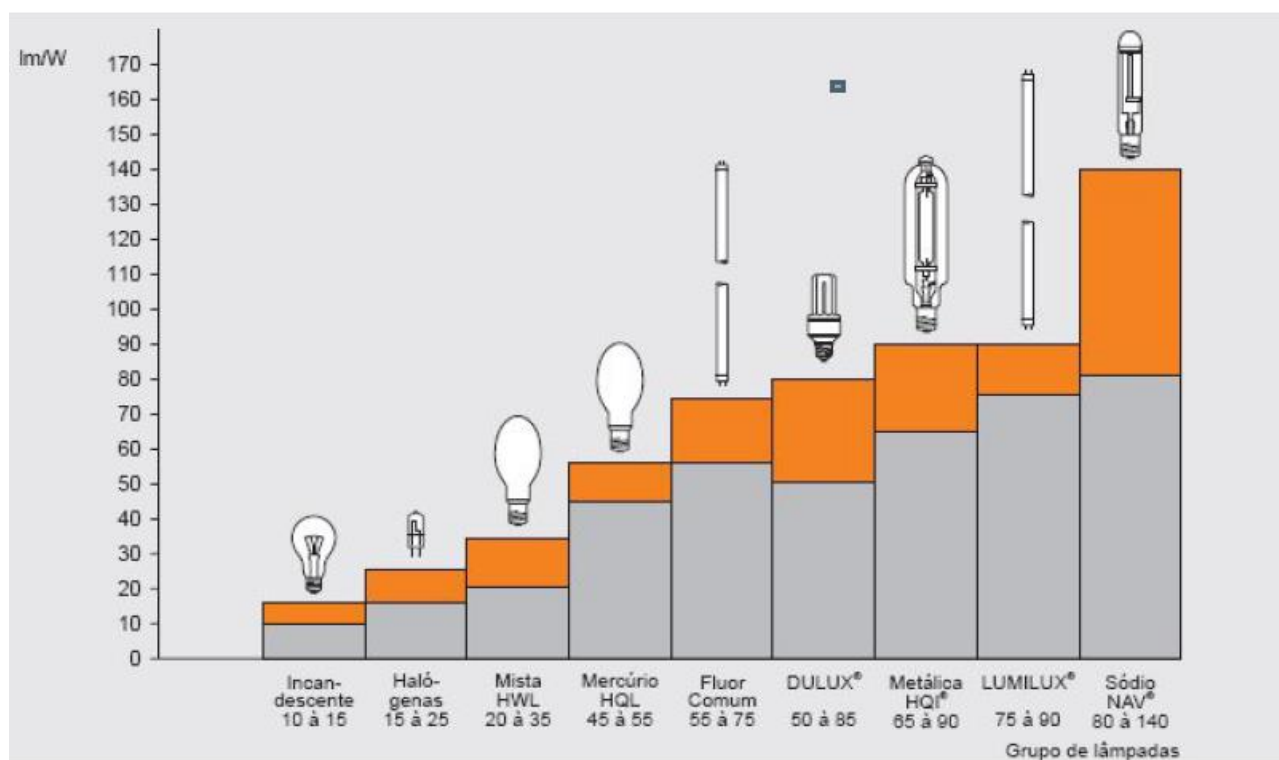
Fonte: wikipedia (2019)

O termo iluminância, também conhecido como nível de iluminação, indica a quantidade de luz (lumens - lm) por unidade de área (m^2) que chega a um determinado ponto. O nível de iluminação pode ser medido, porém não visto. O que é percebido são as diferenças na reflexão da luz incidente. Sua unidade é o lux, ou lm/m^2 . A norma NBR ISO/CIE 8995-1 – Iluminação de ambiente de trabalho, publicada em 2013 pela ABNT, estabelece os níveis de iluminância adequados conforme a atividade a ser executada em cada local em específico. (IPOG, 2016).

Existem alguns termos técnicos fundamentais que são muito utilizados pela luminotecnica. São eles:

- Eficiência Luminosa – quociente entre o fluxo luminoso emitido em lumens (lm), pela potência consumida em Watts (W);
- Índice de Reprodução de Cor (IRC) – medida de correspondência entre a cor real de um objeto e sua aparência diante de uma determinada fonte de luz;
- Temperatura de Cor – grandeza que expressa a aparência de cor da luz, sendo sua unidade o Kelvin (K). Quanto mais alta a temperatura de cor, mais branca é a luz;
- Ofuscamento – Efeito de uma luz forte no campo de visão do olho humano;
- Refletância - Relação entre o fluxo luminoso transmitido por uma superfície e o fluxo luminoso incidente sobre ela;
- Curva de Distribuição Luminosa – Curva que representa, em coordenadas polares, as intensidades luminosas nos planos transversal e longitudinal.

Figura 2.8 - Eficiência luminosa das lâmpadas



Fonte: Osram (2019)

Os sistemas de iluminação podem ser caracterizados em naturais e artificiais, podendo ser usados em conjunto, de forma complementar.

O Sistema de Iluminação Natural é aquele que se obtém com a luz do dia. Sua eficiência depende de quatro fatores: a iluminação da abóboda celeste (Hemisfério celeste visível, conhecido popularmente como firmamento), ângulo de incidência da luz,

cores empregadas no ambiente e a cor e natureza dos vidros por onde penetra a luz. A luz natural ocorre tanto de forma direta, através dos raios solares, quanto de forma indireta, através da luz da abóbada celeste. Seus principais inconvenientes decorrem da grande variação da intensidade luminosa e disponibilidade. (IPOG, 2016).

Já o sistema de Iluminação Artificial é aquele que se obtém com fontes artificiais (lâmpadas) que transformam a energia elétrica em luz. Podem ser feitas no interior e em meio urbano. Aqui é tratada a iluminação de interiores, com foco em ambientes laborais. São considerados interiores os locais abrigados onde existem tetos e paredes capazes de refletir a luz. a grande vantagem da iluminação artificial é permitir o desenvolvimento dos trabalhos sem limitações de horário, estendendo-se durante a noite. Sua utilização como complemento da luz natural faz com que a claridade chegue até os locais mais distantes das janelas, bem como mantém um nível de iluminamento durante todo o tempo, independente das variações que ocorrem com a luz do dia. (IPOG, 2016).

2.2.1.1 Lâmpadas

São fontes produtoras de luz primária artificial de origem elétrica. Divide-se em dois grupos: lâmpadas de incandescência e lâmpadas de descarga. Os principais tipos são:

a) Incandescentes - Possuem vida útil e eficiência luminosa muito baixa. Seu funcionamento se dá pela passagem da corrente elétrica por um filamento, quando o mesmo é colocado no vácuo ou em meio gasoso a luz será gerada.

b) Incandescente Halógenas – Apresenta uma vida útil e eficiência luminosa melhor que as incandescentes comuns, além de permitir uma melhor reprodução de cores. A luz é produzida pela incandescência de um filamento de Tungstênio contido em gás inerte, junto a uma pequena quantidade de halogênio.

c) Fluorescentes Tubulares – É um tipo de lâmpada de descarga de baixa pressão. Apresentam uma boa vida útil e a eficiência luminosa é bem maior que a das incandescentes, o que as tornam uma boa opção para reduzir o consumo de energia.

d) Fluorescentes compactas – Essas lâmpadas possuem um tamanho compacto, sendo do tipo descarga de alta pressão. Necessitam de reatores eletrônicos para sua ignição e operação. Alguns tipos precisam de 2 a 15 minutos entre a partida e a estabilização total do fluxo luminoso.

e) Mistas – Funcionam sem reator, em tensão de 220V. São do tipo descarga com alta pressão.

f) Lâmpadas de LED – Dispositivos semicondutores que convertem energia elétrica em luz visível. São muito econômicas e resistentes, com vida útil longa e podem ser amplamente aplicadas. (IPOG, 2016).

2.2.1.2 Reatores

Esse equipamento geralmente é composto por núcleo de ferro, bobinas de cobre e capacitores. Como desvantagem possuem partida lenta, emissão de ruído, perdas elétricas, carga térmica elevada, além de ser grande e pesado.

Os reatores eletrônicos são mais modernos e eficientes que os eletromagnéticos. Suas vantagens são: possuem partida rápida, são mais leves e menores e trabalham em alta frequência. Os eletrônicos dimerizáveis permitem a variação do fluxo luminoso das luminárias. Podem ser usados em conjunto com sensores que monitoram a luminosidade solar, por meio de uma fotocélula, cuja medida é comparada a um valor de referência. Sendo assim, fazem o ajuste do fluxo luminoso de maneira que quanto maior a parcela de luz natural incidente no ambiente, menor será o uso da iluminação artificial. (IPOG, 2016).

2.2.2 Estratégias de Eficiência Energética para o Sistema de Iluminação

Para se aplicar um retrofit no sistema de iluminação, existem um conjunto de equipamentos que podem melhorar a eficiência energética de uma edificação. A automação residencial é uma solução real e que a cada dia torna-se mais acessível. De acordo com IPOG, 2016, alguns desses equipamentos são:

a) Tecnologia LED na iluminação

A Tecnologia LED é uma boa alternativa devido ao seu baixo consumo de energia e seu índice de reprodução de cor (IRC) com um valor adequado, além de não propagar calor para o ambiente e possuir uma vida útil longa.

O LED não emite raios nocivos e também não precisa de um descarte apropriado. Quando houver uma substituição nas instalações elétricas convencionais, não será necessário nenhuma modificação, o que é um fator positivo.

b) Minuteira ou temporizadores

Esses equipamentos são responsáveis por desligar as lâmpadas que estão sob o seu comando após um determinado tempo, de acordo com o que for programado. Existem dois tipos de minuteira: a individual, que comanda a iluminação em áreas que não dependem de luminosidade constante (hall, corredores e escadas). O tempo que elas mantêm as lâmpadas acesas é de aproximadamente um minuto e trinta segundos. O outro tipo de minuteira existente é a eletrônica. Essa possui uma regulagem que permite o funcionamento de forma permanente ou temporizada que pode variar de quinze segundos a cinco minutos, onde há uma redução da luminosidade durante dez segundos, a fim de avisar a extinção de luz.

Figura 2.9 - Interruptor Minuteira



Fonte: blogspot.com.br (2013)

c) Dispositivos de Controle de Iluminação Artificial

Esses sistemas são utilizados para gerenciar a quantidade adequada de luz, de acordo com horários e locais, minimizando desta forma o consumo de energia elétrica. Em edificações residenciais, criam diferentes cenas iluminação, dando uma maior versatilidade ao ambiente. Os dispositivos de controle de iluminação também possibilitam um melhor aproveitamento da luz natural, sendo a luz artificial utilizada apenas para complementar.

d) Sensor de Presença

São dispositivos eletrônicos que detectam a movimentação no ambiente, e acionam o sistema de iluminação. Desligam após um tempo programável, quando não houver mais movimentação. Existem três tipos: os sensíveis a radiação infravermelha, os sensíveis ao ultrassom e os que utilizam ambas tecnologias.

Figura 2.5 - Sensor de Presença da Exatron



Fonte: Ipfdistribuidora (2019)

e) Sensor de luminosidade

Dotados de fotocélulas, esses dispositivos captam a luz natural e com isso controlam o sistema de iluminação artificial, através de dimmer ou bloqueio da luz artificial, realizando as devidas compensações. Assim, quando maior a quantidade de luz natural no ambiente, menor será a potência elétrica fornecida às lâmpadas. Esses equipamentos possibilitam uma economia de energia de até 30%, se comparado às lâmpadas T8.

f) Dimmer

São dispositivos que variam a tensão, permitindo que a luminosidade da lâmpada varie entre zero e seu máximo. Sem eles, a lâmpada terá apenas dois estados: ligado e desligado. Os Dimmers não só reduzem o consumo de energia, mas também aumentam a vida útil das Lâmpadas. Também pode-se dimerizar lâmpadas LEDs, que são controladas por drivers eletrônicos.

2.3 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

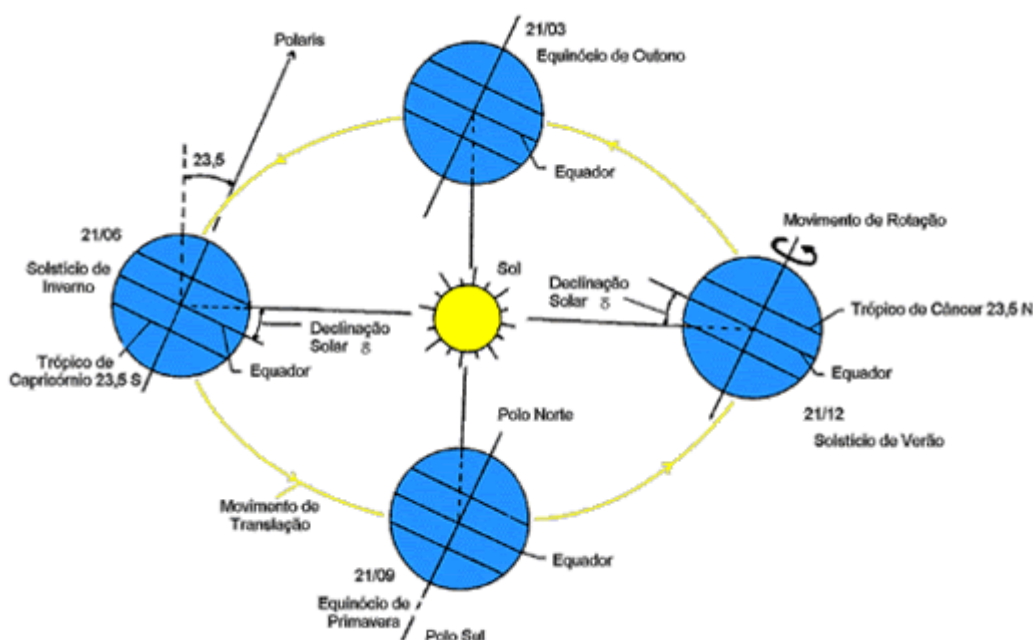
A ciência que se utiliza da energia solar para a produção de eletricidade é chamada de Energia Fotovoltaica (FV). O principal objetivo de se aproveitar esse tipo de energia sempre foi a busca por uma fonte que não desperdiçasse recursos. (Balfour, Shaw e Nash, 2016).

2.3.1 Radiação Solar

A radiação solar possui um grande potencial para ser utilizada por meios de sistemas de captação e conversão em outras formas de energia, que pode ser térmica, elétrica, entre outras. (CRESESB, 2019).

A Terra, através de seu movimento anual ao redor do Sol, descreve em trajetória elíptica um plano inclinado próximo de $23,5^\circ$ com relação ao plano equatorial. Esta inclinação é a responsável pela variação da elevação do Sol no horizonte em relação à mesma hora, ao longo dos dias, dando origem às estações do ano. Isso dificulta os cálculos da posição Solar para uma data específica.

Figura 2.61 - Órbita da terra em torno do Sol



Fonte: CRESESB (2019)

Declinação Solar é a posição angular do Sol, ao meio dia Solar, em relação ao plano do Equador (Norte positivo). Esta angulação irá variar com o dia do ano, dentro dos limites de $-23,45^\circ < d < 23,45^\circ$. Para determinar a trajetória do movimento aparente Solar, para um dia e localidade específicos Terrestre, deve-se somar a declinação com a latitude local. (CRESESB, 2019).

Da Fotosfera Solar, que é uma camada tênue com aproximadamente 300 km de espessura e temperatura superficial da ordem de 5800 K, vem a radiação do sol que atinge o topo da atmosfera da Terra. Esta radiação não é regular, devido a influência das camadas externas do Sol (cromosfera e coroa), com pontos quentes e frios, erupções

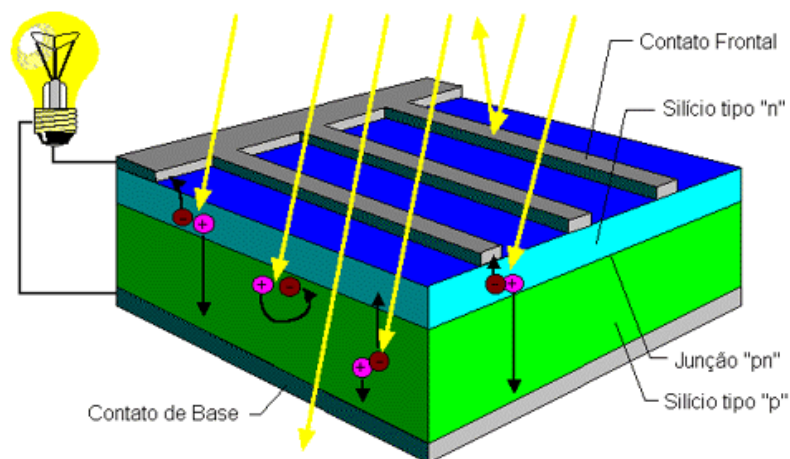
cromosféricas, entre outros. Mesmo sem essa regularidade é possível se definir um valor médio para o nível de radiação solar incidente sobre uma superfície no topo da atmosfera. De acordo com WMO (*World Meteorological Organization*), o valor médio seria de 1367 W/m² para a radiação extraterrestre. É possível realizar o cálculo da radiação extraterrestre ao longo do ano através da “Constante Solar”, fazendo a correção pela órbita elíptica. A energia solar que incide em um meio material pode ser refletida, transmitida e absorvida. A absorção é que originará os processos de fotoconversão e termoconversão, de acordo com o material. (CRESESB, 2019).

2.3.2 Efeito Fotovoltaico

Uma descoberta que levou à energia FV ocorreu em 1839, quando um cientista francês chamado Alexandre-Edmond Becquerel, com apenas 19 anos, realizou uma experiência, onde colocou duas placas de latão em um líquido condutor, isso fez resplandecer uma luz nas placas, constatando que uma corrente elétrica foi gerada através deste processo. Isso ficou conhecido como “Efeito fotovoltaico. (Balfour, Shaw e Nash, 2016).

O efeito fotovoltaico ocorre em materiais denominados semicondutores, caracterizados por bandas de energia onde é permitida a presença de elétrons, banda de valência, e de outra que se encontra vazia, que é a banda de condução. O Silício é o semicondutor mais utilizado devido aos seus átomos possuírem quatro elétrons que se unem aos vizinhos, formando assim uma rede cristalina. Átomos com cinco elétrons de ligação, como o fósforo, ficam com um elétron em excesso que não poderá ser emparelhado. Assim, com pouca energia térmica, este elétron se livra indo para a banda de condução. Por isso, Fósforo é um dopante doador de elétron, chamado de dopante n ou impureza n. (CRESESB, 2019).

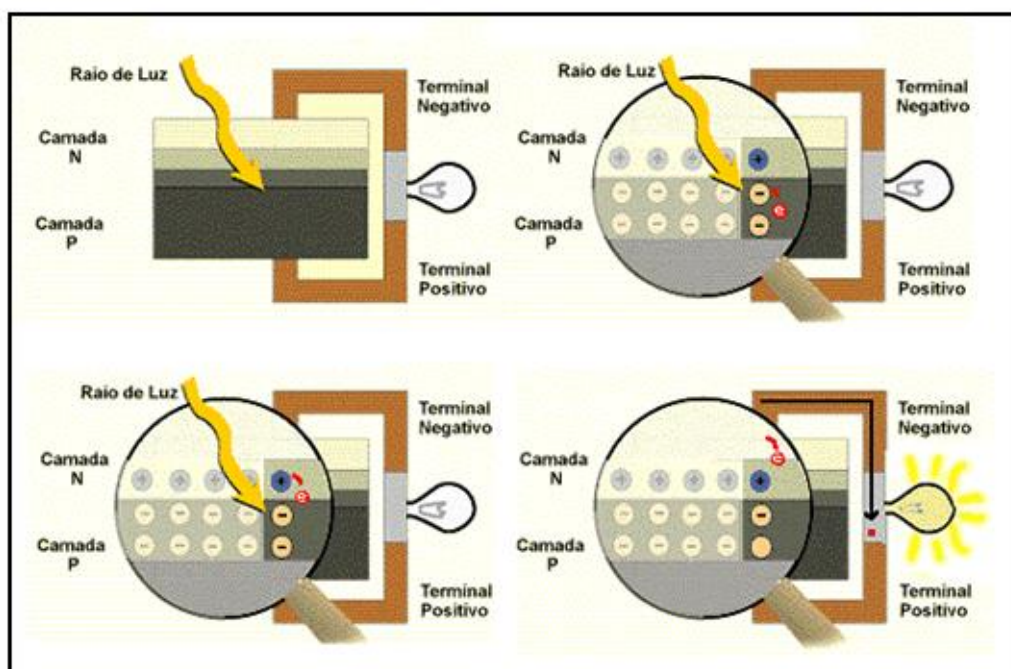
Figura 2.7 - Corte transversal de uma célula fotovoltaica



Fonte: CRESESB (2019)

Introduzindo-se átomos com apenas três elétrons de ligação, como o Boro, um elétron para fazer a ligação com os átomos de Silício da rede faltará. Isso é denominado buraco ou lacuna. Com pouca energia térmica, um elétron de um sítio vizinho poderá passar para esta posição, o que fará o buraco se deslocar. Assim, diz-se que o boro é um aceitador de elétron ou um dopante p.

Figura 2.8 - Efeito fotovoltaico na junção pn



Fonte: CRESESB (2019)

Caso em um Silício puro for introduzido átomos de Boro em uma metade e na outra for introduzido átomos de Fósforo, será formada uma junção pn. Nesta junção, elétrons livres do lado n passam ao lado p onde encontram os buracos que os capturam, havendo assim um acúmulo de elétrons no lado p, o que o torna negativamente carregado e reduz a quantidade de elétrons do lado n, o que o torna eletricamente positivo.

O aprisionamento dessas cargas dão origem a um campo elétrico permanente, dificultando a passagem de mais elétrons do lado n para o lado p. O equilíbrio virá quando o campo elétrico criar uma barreira capaz de barrar os elétrons livres provenientes do lado n.

Quando uma junção pn é exposta a fótons com energia maior que o gap, ocorrerá a geração de pares elétron-lacuna. No caso disto acontecer na região onde o campo elétrico for diferente de zero, as cargas se acelerarão, o que produzirá uma corrente através da junção. Esta movimentação de cargas origina uma diferença de potencial que é chamado de Efeito Fotovoltaico. Conectando-se um fio nas extremidades do pedaço de Silício haverá uma circulação de elétrons; esta é a base do funcionamento das células fotovoltaicas. (CRESESB, 2019).

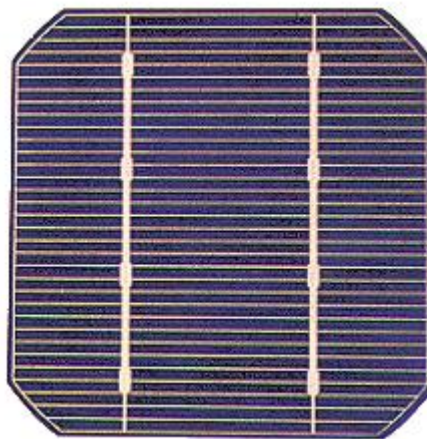
2.3.3 Células Fotovoltaicas

A grande maioria das células fotovoltaicas são fabricadas de silício, constituídas de cristais monocristalinos, Multiicristalinos ou de silício amorfo. Balfour, Shaw e Nash, 2016, descrevem da seguinte forma:

- **Silício Monocristalino**

Possuem uma estrutura atômica ordenada, o que o torna um material previsível e com uma taxa de eficiência de menos de 15% a mais de 21%. É um material simples de se usar e tem como desvantagem uma produção mais cara, pois o processo de fabricação é lento e necessita de uma estrutura celular predeterminada e ordenada. Seu desenvolvimento começa com a produção de cristais de silício, cultivados usando silício fundido. Os cristais são cortados em fatias de espessura que varia de 0,2 mm a 0,3mm. As bordas desta célula solar monocristalina são cortadas arredondadas, o que cria um formato hexagonal.

Figura 2.9 - Célula de Silício Monocristalino

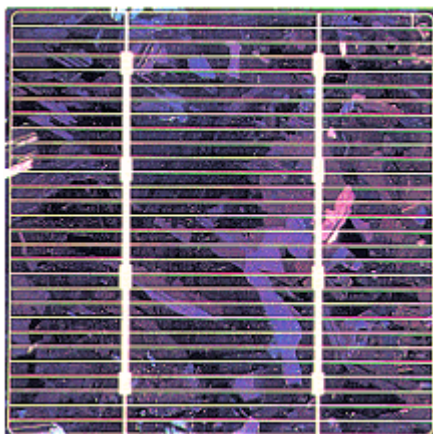


Fonte: CRESESB (2019)

- **Silício Multicristalinos**

Também chamados de silício policristalino, este tipo de semicondutor possui uma estrutura celular menos ordenada, o que o torna mais barato para se produzir do que o Silício cristalino. Os fluxos da portadora são bloqueados neste tipo, o que reduz o desempenho desta célula e permite níveis de energia mais altos na faixa sem energia. Os níveis de energia extras criam sítios de recombinação de qualidade, criando caminhos que são necessários para o fluxo de corrente pela junção pn. Possuem uma taxa de eficiência de 13 a 16.

Figura 2.10 - Célula de Silício Multicristalino



Fonte: CRESESB (2019)

- **Silício Amorfo**

É o semicondutor mais barato para se fabricar. Possui uma estrutura bem fraca, o que resulta em ligações erráticas, que criam energia extra na faixa sem energia. Para saturar essas ligações erráticas, o hidrogênio atômico pode ser utilizado, aumentando assim a qualidade deste tipo de célula. O silício amorfo tem eficiências relativamente baixas.

2.3.4 Painel Solar Fotovoltaico

Inicialmente, é necessário conhecer corretamente as definições de célula e módulo para se definir um Painel Solar Fotovoltaico. Célula é uma unidade básica criada para realizar a conversão direta de energia solar em elétrica. Já o módulo é a unidade composta por um conjunto de células solares, que são interligadas eletricamente e encapsuladas, com o propósito de gerar eletricidade. (Tipos de módulos Fotovoltaicos, 2019).

Quando um ou mais módulos fotovoltaicos são interligados eletricamente, montados de modo que forme uma única estrutura, tem-se um painel solar FV.

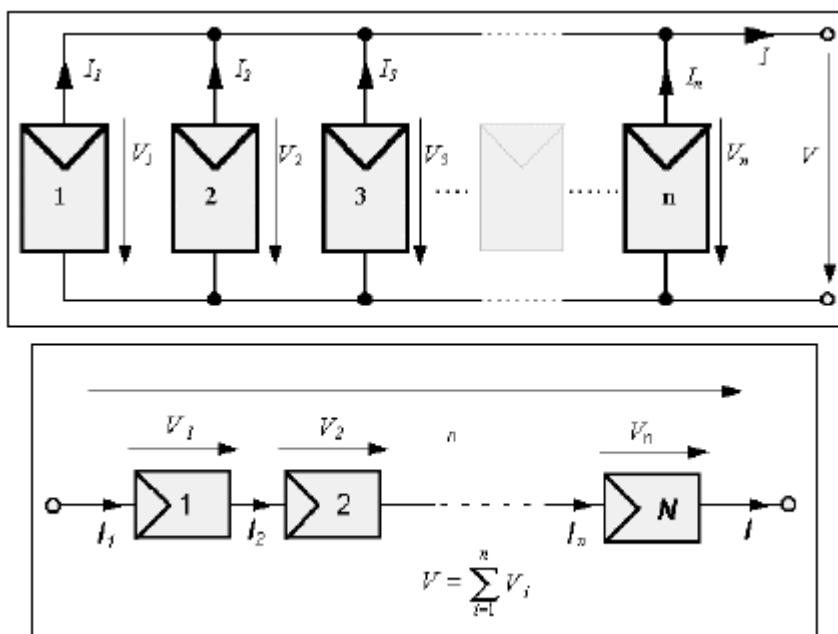
Figura 2.11 - Célula, módulo e painel



Fonte: Carol Rivello (2019)

Existem duas formas de se conectar um arranjo das células nos módulos: em série ou em paralelo. Na conexão em paralelo, as correntes de cada módulo são somadas, e a tensão no módulo é a mesma da célula. Com a corrente máxima é por volta de 3A e a tensão é aproximadamente 0,7V, este arranjo não é muito utilizado. O arranjo em série é a conexão mais comum, onde se soma a tensão de cada célula, chegando a um valor de 12V, o que possibilita a carga de acumuladores (baterias) que também funcionam nesta mesma faixa. (CRESESB, 2019).

Figura 2.12 - Arranjos conectados em paralelo e série, respectivamente



Fonte: CRESESB adaptado (2019)

Um parâmetro que caracteriza a funcionalidade dos módulos é a potência deles ser dada pela potência de pico. Além disso, existem outras características elétricas que devem ser destacadas, são elas: Tensão de Circuito Aberto (V_{oc}), Corrente de Curto Circuito (I_{sc}), Potência Máxima (P_m), Tensão de Potência Máxima (V_{mp}), Corrente de Potência Máxima (I_{mp}). (CRESESB, 2019).

2.3.5 Tipos de Sistemas Fotovoltaicos

Há três categorias distintas que um sistema fotovoltaico pode ser classificado: Sistemas Híbridos, Isolados, que também são chamados de *off-grid*, e conectados a rede, chamados de *on-grid* ou *grid tie*. Cada sistema possui uma configuração básica, com uma unidade de controle de potência e uma unidade de armazenamento.

a) Sistemas Híbridos

São os sistemas que, quando desconectados da rede convencional, possuem outras fontes de geração de energia, como exemplo, eólico-fotovoltaica. Isso torna mais complexa a necessidade de otimização do uso dessas energias, visto que é necessário um maior controle das fontes empregadas para que haja uma maior eficiência na entrega da energia para o consumidor.

Figura 2.13 - Exemplo de sistema híbrido



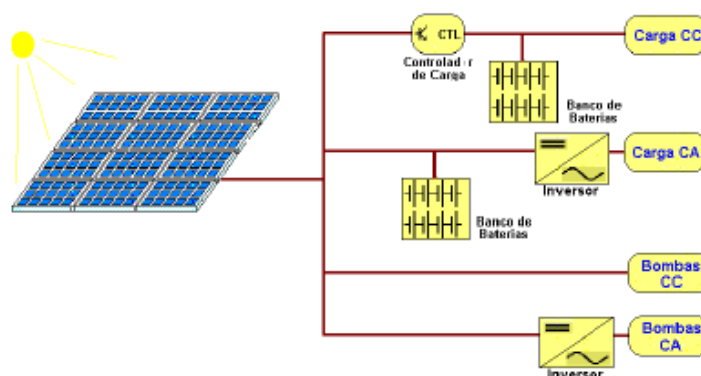
Fonte: Tutorial cresesb (2019)

b) Sistemas Isolados

São aqueles que se utilizam de uma forma de armazenamento de energia, seja através de baterias, para utilização de aparelhos elétricos, ou na forma de energia gravitacional, para bombeamento de água, em sistemas de abastecimento. É importante ressaltar que nem todos os sistemas isolados necessitam de armazenamento, como a irrigação, por exemplo, onde a água bombeada é totalmente consumida ou armazenada em reservatórios.

Para sistemas que necessitam de armazenamento em baterias, utiliza-se um controlador de carga para que não haja danos na bateria por sobrecarga ou descarga profunda, e são utilizados em corrente contínua (CC). Já para corrente alternada (CA), utiliza-se um inversor.

Figura 2.14 - Exemplo de sistema isolado

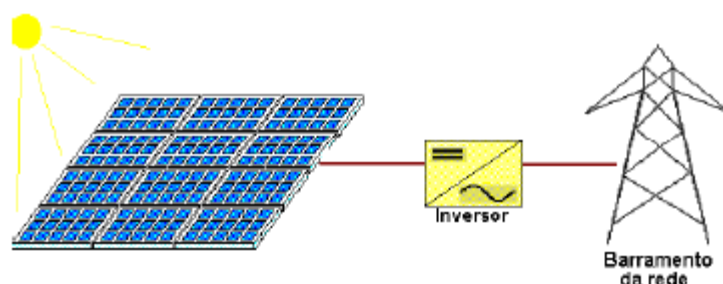


Fonte: Tutorial cresesb (2019)

c) Sistemas Interligados à Rede

Os sistemas interligados à rede utilizam um grande número de painéis FV, e não armazenam energia, devido ao fato de toda a geração ser entregue diretamente à rede. Ele funciona como uma fonte complementar ao sistema elétrico ao qual está conectado. Assim, todo o arranjo é conectado a inversores, que são ligados diretamente na rede.

Figura 2.15 - Sistema conectado à rede



Fonte: Tutorial cresesb (2019)

2.3.6 Componentes do Sistema Fotovoltaico

É importante compreender um pouco sobre os componentes maiores que são essenciais para se criar e encaixar o sistema fotovoltaico. Abaixo serão descritos os principais.

2.3.6.1 Inversores

Os inversores são utilizados para se converter tensão e corrente contínua (CC) em tensão e corrente Alternada (CA). Como os sistemas FV criam energia CC e grande parte das aplicações utilizam corrente CA, este equipamento é necessário para integração com a rede de distribuição de energia elétrica.

Para a escolha do inversor, há uma ampla variedade, geralmente em residências a faixa varia de 2500W a 10000W, o que irá defini-lo será o tipo do Sistema FV e as metas e objetivos do cliente. Os sistemas que interagem com a rede necessitam de inversores de onda senoidal apropriados, já os sistemas FV com armazenamento em bateria necessitam de inversores com controladores de carga para que haja a interação. (Balfour, Shaw e Nash, 2016).

Uma boa parcela dos inversores ligados à rede e independentes possui uma função chamada Maximum Power Point (MPPT), que é a tensão e a corrente ideal para que o conjunto FV funcione no maior ponto de potência em qualquer instante.

Com relação aos tipos básicos de Inversores existem os Centrais, Modulares e Microinversores, sendo:

a) Inversor Central

São os que recebem energia de vários painéis conectados em série e paralelo, através de um MPPT. A vantagem deste tipo é a economia pela aquisição de um único inversor. A desvantagem é que ele apresenta uma menor flexibilidade de projeto e manutenção.

b) Inversor Modular

Neste modelo, cada inversor receberá energia de uma série ou string (fileira). São utilizados vários inversores em paralelo, cada um com seu otimizador MPPT. A vantagem é a maior flexibilidade, podendo-se realizar diferentes orientações por string. Cada série funciona separadamente. (NEOSOLAR, 2019).

c) Inversor com Múltiplos MPPTs

Este tipo permite que se modularize o sistema fotovoltaico, com um otimizador para cada string. Assim, há um ganho de custo com um único inversor, se comparado aos inversores modulares. Atualmente, este tipo é o mais utilizado. (NEOSOLAR, 2019).

d) Microinversores

Nos Microinversores, cada painel possui um inversor com seu MPPT individual, o que traz a grande vantagem de se trabalhar em corrente CA, o que proporciona maior segurança e flexibilidade ao sistema. Isso também reduz os custos de proteção, dispensando dispositivos CC, que são geralmente mais caros. A desvantagem é o custo em grandes projetos. (NEOSOLAR, 2019).

2.3.6.2 Controladores de Carga

Conforme já dito anteriormente, os sistemas com armazenamento em baterias necessitam deste equipamento. Sua função é monitorar o carregamento das baterias e

evitar que haja sobrecarga., de maneira constante. Esse controle eleva a vida útil das baterias e das cargas. (Balfour, Shaw e Nash, 2016).

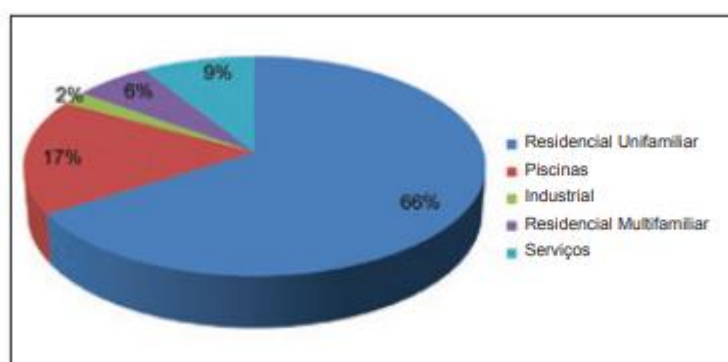
2.3.6.3 Geradores e Baterias

A função da bateria é armazenar energia para uso posterior, já os geradores fornecem uma fonte adicional de energia. Apesar dos geradores poderem coexistir em um sistema com armazenamento em baterias, muitos projetistas preferem utilizá-los ao invés de baterias, devido ao fato deles serem menos custosos. Em Sistemas híbridos, os geradores são utilizados para carregar as baterias quando o rendimento do conjunto é baixo. Nesses sistemas o gerador pode ser ligado ao inversor, para que este gerencie a operação de ligar e desligar o gerador. (Balfour, Shaw e Nash, 2016).

2.4 Sistema de Aquecimento Solar (SAS)

O aproveitamento da energia solar térmica pode ser distribuído de diversas formas: na secagem de grãos, na geração de vapor de água, em plantas de dessanilização, na produção de energia elétrica e aquecimento de água. O principal uso do aquecedor solar térmico no setor residencial, comercial e industrial é para banho e piscina, sendo o residencial que mais se destaca no aproveitamento desta tecnologia. (edisciplina USP, 2010).

Figura 2.16 - Mercado Brasileiro de Aquecedores Solar por setor



Fonte: Abrava (2009)

No setor residencial, o uso deste sistema pode ser unifamiliar, principalmente em famílias de médias e altas rendas, visto que muitos projetos já visam a instalação de aquecedores solares de água, e multifamiliar (prédios), apesar deste ainda ser muito pouco explorado.

A norma NBR 15569, que entrou em vigor no ano de 2008, trata da concepção, dimensionamento e manutenção de projetos de SAS. Atráves dela, é possível avaliar a viabilidade técnica dessa instalação. Essa avaliação é de extrema importância para que não haja erros que possam comprometer a vida útil do aquecedor solar, que pode ter vida útil de 20 a 25 anos, porém por mal dimensionamento pode durar apenas dois anos.

O sistema predial de aquecimento de água através do uso da energia solar e do gás natural é composto por diversos equipamentos e componentes, conforme descrito abaixo:

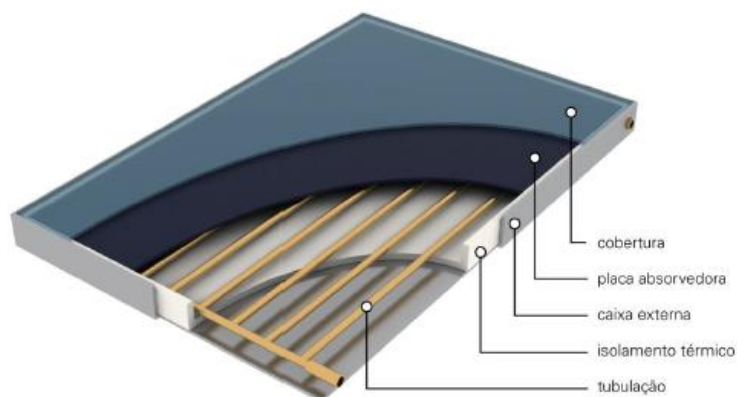
a) Coletor Solar

São dispositivos que tem como finalidade absorver radiação Solar e transferí-la para um determinado fluido, pois ele transforma energia solar em calor. A venda se dá por módulos que podem ser acoplados entre si, de acordo com o projeto. Existem diversos modelos disponíveis no mercado, o que determinará a escolha serão as características específicas de cada projeto, e devem ser resistentes às condições exteriores, além de eficientes na conversão da energia.

- **Coletores Planos com cobertura**

Neste tipo de coletor a irradiância é uniforme em todas as áreas da superfície coletora. A temperatura da água é compatível ao uso sanitário e outras aplicações. Sua estrutura é composta por: Cobertura transparente, Plano absorvedora, Isolamento térmico, caixa e Tubulação do fluído.

Figura 2.17 - Coletor Plano com cobertura

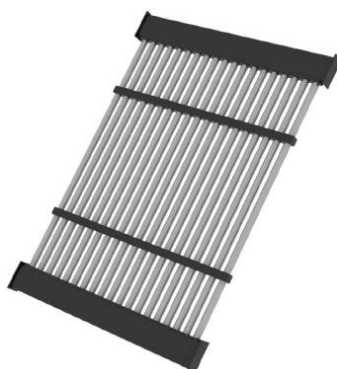


Fonte: Manual técnico da Comgás (2019)

- **Coletores planos sem cobertura**

A incidência solar se dá diretamente na placa absorvedora, e por não ter cobertura, não retém a radiação emitida pela placa absorvedora, gerando um aquecimento menor que os coletores com cobertura. Por isso, são mais utilizados em sistemas que exigem temperaturas mais baixas, como em aquecimento de piscinas.

Figura 2.18 - Coletor Plano sem cobertura



Fonte: Manual técnico da Comgás (2019)

- **Coletores a vácuo**

Quando necessária temperatura mais elevada ou vapor, muito comum em complexos hospitalares, os coletores a vácuo podem ser empregados, pois possuem melhor absorção, redução das perdas por convecção em seu interior através da criação de vácuo entre o absorvedor e a cobertura e redução das perdas ópticas com cobertura específica.

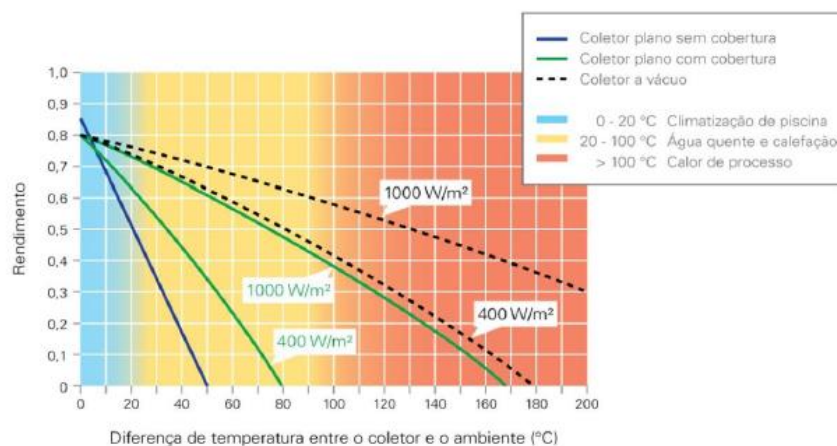
Figura 2.19 - Coletor a vácuo



Fonte: Manual técnico da Comgás (2019)

As condições climáticas da localização influenciam na eficiência dos coletores, principalmente em função da diferença de temperatura entre a água na entrada e na saída do coletor. As curvas de eficiência auxiliam na escolha da melhor placa, de acordo com a aplicação necessária. Elas podem ser obtidas pela Tabela de Eficiência dos coletores solares do INMETRO.

Figura 2.20 - Eficiências dos coletores planos com e sem vidro



Fonte: Manual técnico da Comgás (2019)

Um fator essencial para o desempenho de um sistema de aquecimento solar é o posicionamento dos coletores. Isso deve ser feito de forma que haja um melhor aproveitamento da radiação solar, assim, a inclinação em relação ao plano horizontal e a direção de instalação dos coletores afetam o dimensionamento do sistema. Quanto mais a radiação solar atingir perpendicularmente o coletor, melhor. Recomenda-se que a

instalação possua uma inclinação equivalente à latitude da região onde será instalado o sistema solar, acrescentando-se 10° , ou seja, se o local onde o sistema for implementado tiver uma latitude de 21° , os coletores serão instalados com uma inclinação de 31° . Os coletores também devem ser instalados direcionados simétricos à trajetória do Sol. Assim haverá uma maior incidência ao longo do dia.

b) Reservatórios e trocadores de calor

Os reservatórios térmicos servem para o armazenamento de água, para fins de utilização dos usuários. O volume deve ser configurado de acordo com a necessidade de água quente. O que influenciará será a quantidade de pessoas residentes na unidade habitacional. Devem possuir isolamento térmico para reduzir a troca de calor entre a água quente que foi armazenada e o ambiente, caso o reservatório fique exposto ao ambiente, esse isolamento precisa ser maior.

Os tipos de reservatórios podem ser:

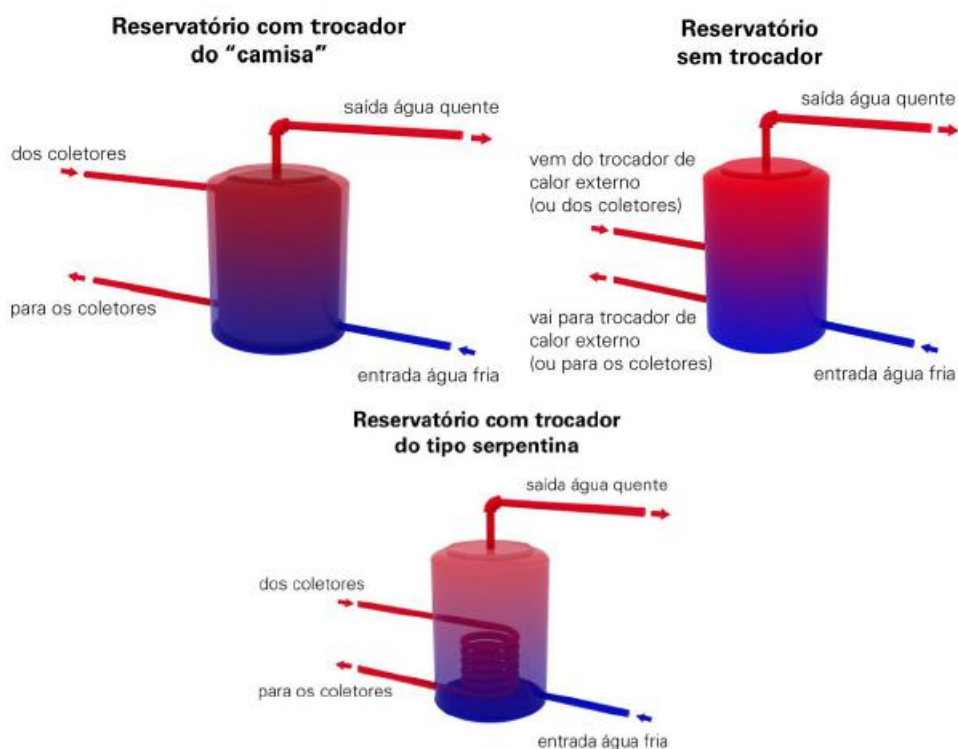
- **Sem trocador**

Neste tipo a água de consumo é a mesma que passa pelo sistema de aquecimento, menos quando utilizado trocadores externos ao reservatório.

- **Com trocador do tipo serpentina interna ou trocador do tipo Camisa**

As trocas de calor são do tipo indireto, ou seja, a água quente que passa pela serpentina, ou pela camisa externa, troca calor por condução com a água destinada ao consumo.

Figura 2.21 - Tipos de reservatórios térmicos



Fonte: Manual técnico da Comgás (2019)

c) Trocadores de calor

Promovem a troca de calor entre dois fluídos sem que estes se misturem. Esses equipamentos permitem que o circuito do SAS utilize líquidos com aditivos de formas a minimizar efeitos de corrosão e deposição de sólidos, além de reduzir os efeitos de congelamento. Aumentam a vida útil dos coletores solares.

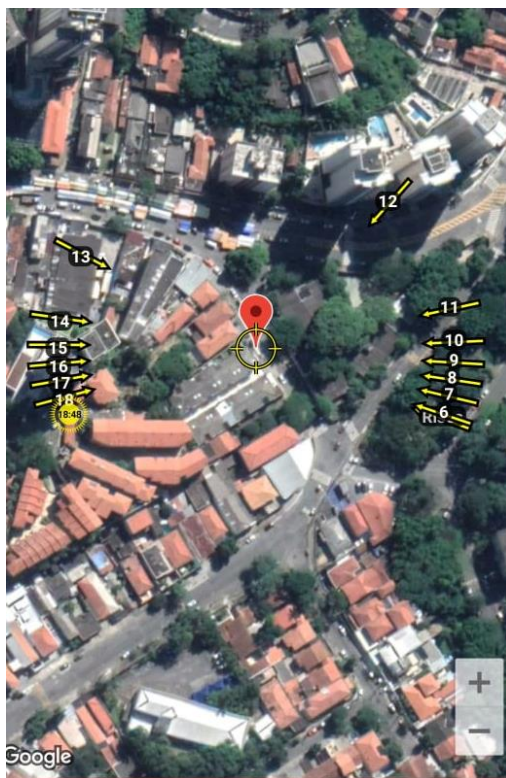
Existem alguns acessórios que compõem o SAS, como bombas, Válvulas termostáticas, vasos de expansão e sistema de controle.

3. ESTUDO DE CASO

3.1 Informações do local

O condomínio estudado está localizado na Cidade de São Paulo, no bairro do Butantã. Foi construído pela Marinha do Brasil com o intuito de abrigar os militares que serviriam no Estado de São Paulo. A localização é bem próxima da USP - cidade Universitária, local que abriga o CTMSP (Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo). Essa unidade está localizada numa região residencial, com poucos prédios ao redor. A figura 29 apresenta uma imagem da instalação, retirada via satélite, onde é possível verificar o Norte geográfico.

Figura 3.1 - Vista aérea do condomínio



Fonte: Google Maps (2019)

Este condomínio possui dezesseis casas geminadas de dois andares, onde o primeiro andar é composto por sala, cozinha, lavabo e área de serviço integrada com um pequeno quintal. O segundo andar é composto por três quartos, sendo um deles uma suíte e um banheiro social. A área útil dessas residências é de aproximadamente 86m².

As casas são distribuídas em oito do lado esquerdo e oito do lado direito, separadas por uma área de circulação central, conforme a figura 30. Abaixo das residências se encontra a garagem, com vaga para até 2 carros. Além da garagem, o condomínio possui uma área social com churrasqueira e jardim.

Figura 3.2 - Área de circulação entre as casas



Fonte: autor (2019)

Figura 3.3 - Garagem



Fonte: autor (2019)

3.2 Proposta Inicial

O desenvolvimento do presente estudo de caso abordará o dimensionamento dos sistemas de aquecimento solar térmico e fotovoltaico. Será considerado para efeito de cálculo que as residências são ocupadas por quatro pessoas.

Cada unidade possuirá um sistema de aquecimento solar de água para banho (chuveiro e pia). Para o sistema fotovoltaico, cada residência receberá uma alimentação independente, diretamente do quadro de medição. Os módulos fotovoltaicos serão dispostos nas áreas livres após definição da área ocupada pelo sistema solar térmico, não excedendo a área total de cada casa.

Além disso, será realizado um retrofit da área externa (circulação e garagem) na parte de iluminação.

Todos os cálculos realizados buscam atender as demandas térmicas e elétricas do condomínio. Os resultados podem ser vistos nos itens abaixo. Em cada tópico será descrito os resultados obtidos pelo retrofit da iluminação e do dimensionamento Solar térmico e FV.

3.3 Iluminação – Situação atual

Como o retrofit da iluminação será realizado apenas na garagem e na área de circulação central, é importante descrever como está o sistema hoje. Atualmente, a área da garagem é composta por lâmpadas do tipo fluorescentes, acionadas por interruptor convencional. As lâmpadas existentes ficam acessas 24 horas por dia, devido a ausência de sensores instalados.

Cada vaga para carro possui duas lâmpadas instaladas, e no corredor central por onde transitam os veículos existe um total de doze lâmpadas, além de duas luminárias no ponto inicial da garagem. Na parte superior, a área de circulação, conforme a figura 30 mostra é composta por quatro postes centrais com duas lâmpadas. Esses postes possuem sensores com fotocélulas, mas as lâmpadas utilizadas são do tipo fluorescentes. A tabela abaixo mostra a quantidade de lâmpadas e luminárias presentes nestes ambientes.

Tabela 3.1 - Quantidade de lâmpadas instaladas

Área	Número de Lâmpadas	Tipo de Lâmpada existente
Garagem	12 lâmpadas centrais	Fluorescentes
	2 lâmpadas em cada vaga	
	2 luminárias	
Área de Circulação	8 lâmpadas	

Fonte: autor

3.3.1 Solução proposta

A iluminação é uma das principais causas do alto consumo de energia nas residências. Para a redução desse consumo, inicialmente será realizada a troca das lâmpadas existente por equipamentos mais eficientes, como o modelo LED que tem vida útil mais longa e consome menos energia, sem perder o índice de luminosidade. Além disso, serão instalados sensores de presença do tipo dual, que combina infravermelho com ultrassom, por serem mais econômicos que as minuteiras.

O consumo mensal da garagem atualmente pode ser calculado pela equação abaixo:

$$\text{Consumo Mensal} = \frac{\text{n}^\circ \text{ lâmp} \times \text{pot lâmp} \times \text{horas de uso dia} \times 30 \text{ dias}}{1000} \quad (3.1)$$

- Cálculo sem sensor de presença com lâmpadas fluorescentes de 25W, funcionando 24 horas por dia.

$$\text{Consumo Mensal} = \frac{46 \times 25 \times 24 \times 30 \text{ dias}}{1000} = 828 \text{ Kwh / mês}$$

- Cálculo com o retrofit, utilizando-se lâmpadas LEDs de 10W, funcionando com um sensor de presença. Será considerado+ os períodos onde os sensores detectarão uma maior movimentação, das 6:00-08:00hs e 17:00-19hs (período de ida e regresso do trabalho), totalizando 4 horas:

$$\text{Consumo Mensal} = \frac{46 \times 10 \times 4 \times 30 \text{ dias}}{1000} = 55,2 \text{ Kwh / mês}$$

O mesmo cálculo será realizado para a área de circulação entre as casas, na parte superior. Lembrando que lá já possui sensores, então será realizado apenas a troca para as lâmpadas LED.

- Cálculo com lâmpadas fluorescentes de 15W, funcionando 12 horas por dia:

$$\text{Consumo Mensal} = \frac{8 \times 15 \times 12 \times 30 \text{ dias}}{1000} = 43,2 \text{ Kwh / mês}$$

- Cálculo com o retrofit, considerando lâmpada LED de 10W funcionando 12 horas por dia:

$$\text{Consumo Mensal} = \frac{8 \times 10 \times 12 \times 30 \text{ dias}}{1000} = 28,8 \text{ Kwh / mês}$$

3.3.1.1 Resultado Obtido - iluminação

A adoção de medidas simples como o retrofit na parte de iluminação das áreas externas, juntamente com a instalação de sensores, trouxe uma economia que deve ser considerada.

Na região da garagem, de acordo com os cálculos mostrados anteriormente, o consumo mensal, foi de 828kWh/mês. Este valor se deve a ausência de sensores e ao uso de lâmpadas fluorescentes, conforme já mencionado anteriormente. Com o retrofit, considerando a instalação dos sensores e a troca para lâmpadas LED, o custo mensal reduziu para 55,2kWh/mês, o que trouxe uma economia no consumo de aproximadamente 93% .

Já na área de circulação, o consumo mensal com as lâmpadas fluorescentes de 15W é de 43,2 kWh/mês. Realizando apenas a troca para LED, o consumo mensal será de 28,8kWh/mês, trazendo uma economia no consumo de 34%.

3.4 Sistema de Aquecimento Solar

3.4.1 Sistema de Aquecimento Solar Térmico

Atualmente, o sistema de aquecimento de água, em todas as casas do condomínio, é apenas elétrico, não existe encanamento a gás. A proposta atual é que seja dimensionado um sistema híbrido (elétrico e solar). Com a instalação de um chuveiro híbrido será possível, através das placas solares térmicas, captar energia nos dias de sol e nos dias sem irradiação solar suficiente, fazer uso do chuveiro elétrico, como um backup. O Sistema Solar térmico será utilizado para aquecer a água dos banheiros superiores das residências.

Figura 3.4 - Chuveiro Híbrido



Fonte: José Carlos Saraiva (2012)

O pré dimensionamento do SAS será realizado segundo a norma ABNT NBR 15.569 (2008), pela metodologia de cálculo 2, anexo B, da referida norma.

Consumo:

- Chuveiro

Tempo médio de banho: 10 min;

Vazão do chuveiro: 8 l/min;

Frequência de uso: 1 banho por usuário.

$$V_{\text{chuveiro}} = 8 \text{ l/min} \times 10 \text{ min} \times 1 \text{ banho} \times 4 \text{ usuários} = 320 \text{ litros} \quad (3.2)$$

- Pia

Tempo médio de uso: 2 min

Vazão da pia: 4 l/min

Frequência de uso: 2 usos por usuário

$$V_{pia} = 4 \text{ l/min} \times 2 \text{ min} \times 2 \text{ usos} \times 4 \text{ usuários} = 64 \text{ litros} \quad (3.3)$$

Assim, o consumo total de água aquecida será de: $320 + 64 = 384 \text{ litros/dia} = 0,384 \text{ m}^3/\text{dia}$.

Cálculo do Volume de armazenamento:

Será adotado:

Temperatura de Consumo: 40°C ;

Temperatura de armazenamento: 50°C ;

Temperatura ambiente: 20°C .

$$V_{armaz\text{ento}} = \frac{V_{consumo} \cdot (T_{consumo} - T_{ambiente})}{(T_{armaz} - T_{ambiente})} \quad (3.4)$$

Pela equação (3.4), o volume de armazenamento será de $256 \text{ m}^3/\text{dia}$.

Como 256 m^3 é um volume menor do que a norma recomenda (75% do volume de consumo), esse resultado será ajustado para os 75% ($0,288 \text{ m}^3$).

$$0,256 \text{ m}^3 < 75\% \text{ do volume de consumo}$$

$$V_{armaz} = 0,75 \times 0,384 = 0,288 \text{ m}^3 / \text{dia}$$

A partir do resultado do volume de armazenamento, pode-se escolher o modelo de reservatório. A marca escolhida será da Heliotek, modelo MK-400L.

Figura 3.5 - Reservatório Térmico Heliotek



Fonte: Heliotek (2018)

De acordo com o fabricante, os reservatórios térmicos da marca MK Flex podem ser instalados no mesmo nível da caixa d'água, não exigindo reformas, conforme Figura 3.6.

Figura 3.6 - Diferença de instalação entre sistemas



Fonte: Heliotek (2018)

Temperatura de armazenamento:

$$0,288 = \frac{0,384 \times (40 - 20)}{(T_{\text{armaz}} - 20)} = 46,6^{\circ}\text{C} \quad (3.5)$$

Cálculo da demanda de energia útil e perdas:

$$E_{\text{útil}} = V_{\text{armaz}} \cdot \gamma \cdot C_p \cdot (T_{\text{armaz}} - T_{\text{amb}}) \quad (3.6)$$

$$E_{\text{perdas}} = 0,15 \cdot E_{\text{útil}} \quad (3.7)$$

Onde:

γ – Massa Específica da água [kg/m³] = 1000

C_p – Calor específico da água [kWh/(kg.°C)] = 11,63 x 10⁻⁴

Baseado nas equações (3.6) e (3.7), obtém-se:

$$E_{\text{útil}} = 8,93 \text{ kWh / dia}$$

$$E_{\text{perdas}} = 1,34 \text{ kWh / dia}$$

Para a escolha do coletor solar, foi realizado um levantamento das condições de instalação do local, como: longitude, latitude e o índice de radiação, conforme a tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Dados da localização

Localização	
Latitude	23°56S
Longitude	46°72W
Irradiação média anual	4,68 kWh/m ² /dia

Fonte: autor

O equipamento escolhido será o coletor solar para banho da Heliotek, modelo MC - 15 evolution pro.

Figura 3.7 - Coletor Solar – MC 15 evolution pro



Fonte: Heliotek (2018)

Com todos os principais parâmetros estabelecidos, é possível dimensionar a área coletora necessária. Ainda de acordo com a ABNT NBR 15.569 de 2008, é necessário calcular o fator de correção (F_{cinst}), considerando as informações da tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Dados para o cálculo do F_{cinst}

α	10°
β	33°
$\beta_{\text{ótimo}}$	30°

Fonte: autor

O fator de correção é dado pela equação (3.8).

$$F_{C_{inst}} = \frac{1}{1 - \left[1,2 \times 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{\text{ótimo}})^2 + 3,5 \times 10^{-5} \cdot \alpha^2 \right]}, \text{ para } (15 < \beta < 90^\circ) \quad (3.8)$$

Onde:

β : inclinação do coletor em relação ao plano horizontal em graus ($15 < \beta < 90^\circ$);+

$\beta_{\text{ótimo}}$: inclinação ótima do coletor para o local de instalação em graus, ou seja, latitude local + 10°;

α : ângulo de orientação dos coletores solares em relação ao norte geográfico em graus.

Assim, temos:

$$FC_{inst} = 0,9965$$

Para o cálculo do fator de produção diária média de energia específica (PMDEE), será utilizada a equação (3.9).

$$PMDEE = 4,901 \cdot (Fr_{\tau\alpha} - 0,0249 \cdot Fr_{UL}) \quad (3.9)$$

Onde:

$Fr_{\tau\alpha}$: coeficiente de ganho do coletor solar (adimensional)

Fr_{UL} : coeficiente de perdas do coletor solar (adimensional)

Com base nas informações do anexo A ($Fr_{\tau\alpha} = 0,739$ e $Fr_{UL} = 5,051$), temos

$$PMDEE = 3,01 \text{ kWh} / \text{m}^2 \text{ dia}$$

Desse modo é possível calcular a área coletora que será necessária, através da equação (3.10), de acordo com o modelo de coletor selecionado, o que resultará em uma área de 3,57 m².

$$A_{coletora} = \frac{(E_{\text{útil}} + E_{\text{perdas}}) \cdot FC_{inst} \cdot 4,901}{PMDEE \cdot I_G} \quad (3.10)$$

Sendo $I_G = 4,68 \text{ kWh/m}^2 \text{ dia}$, o número de coletores para atender a demanda das residências será de 3 coletores, visto que a área externa dos coletores escolhidos, de acordo com o catálogo do fabricante é de 1,5m².

3.4.1.1 Resultado Obtido - Sistema Solar Térmico

As informações referentes aos equipamentos do sistema solar térmico foram levantadas com base em pesquisa de mercado. A tabela 3.4 mostra o valor investido para o desenvolvimento do projeto.

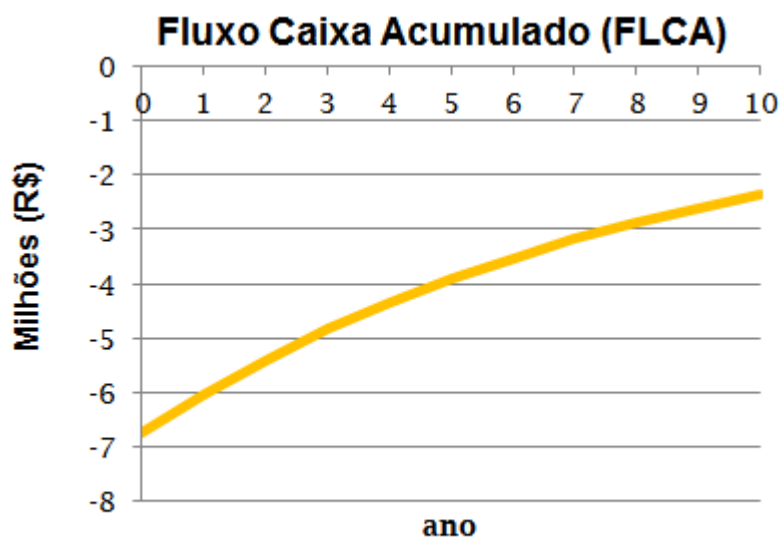
Tabela 3.4 - Investimento para planta Solar Térmica

Equipamentos	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Coletor Solar térmico MC 15 evolution - Heliotek	2	R\$ 789,00	R\$ 1578,00
Reservatório HELIOTEK MK - 400L	1	R\$ 2562,49	R\$ 2562,49
Conexões, tubulações e demais periféricos	1	R\$ 2200	R\$ 2200,00
Instalação	1	R\$ 400	R\$ 400,00
Custo total do projeto:			R\$ 6740,98

Fonte: autor

De acordo com o dimensionamento realizado no item 3.4.1, estima-se que para um chuveiro de potência de 5,4kW, funcionando para uma família de 4 pessoas, com 40 minutos de banho diário, gere um consumo de aproximadamente 110kWh/mês. Assim, ainda considerando o custo da tarifa elétrica de R\$ 0,61 (tarifa utilizada no orçamento enviado pela empresa NEOSOLAR para o sistema FV), tem-se um gasto mensal de R\$67,10 na conta de energia, apenas para o chuveiro elétrico, gerando um valor anual de R\$805,20. Com base nessas informações, o retorno financeiro do Sistema Solar térmico é dado de acordo com as figuras abaixo:

Figura 3.8 – Fluxo de Caixa



Fonte: autor

A tabela 3.5 mostra a taxa interna de retorno (TIR) e o Pay-Back do projeto.

Tabela 3.5 –Retorno Financeiro Solar Térmico

Taxa interna de Retorno (TIR)	Pay - Back
3,4%	8,4 anos

Fonte: autor

3.4.2 Sistema de Energia Solar Fotovoltaica

Para o dimensionamento Fotovoltaico será utilizado o Sistema On-Grid, devido ao melhor custo financeiro, visto que não será necessário um alto investimento com banco de baterias, como é o caso do sistema Off grid.

Inicialmente, será necessário definir a demanda energética para a geração de energia do condomínio, a fim de suprir as cargas internas e enviar o que sobrar para a rede elétrica. É necessário que alguns parâmetros sejam levantados, para que se possa dar prosseguimento ao dimensionamento, tais como os indicados na tabela 3.6, além de inclinação do telhado, área útil disponível para instalação dos painéis.

Tabela 3.6 - Parâmetros

Inclinação do Telhado	Ângulo igual a Latitude = 23°
Área útil disponível	86 m ²

Fonte: autor

Considerando que a instalação dos coletores solares, dimensionados anteriormente ocuparam aproximadamente 3,5 m², para o Sistema Fotovoltaico, sobram 82,5 m².

A fim de que o Sistema Fotovoltaico não gere mais energia do que as residências consomem, será utilizado, para efeito de cálculo, 80% do consumo anual médio para o dimensionamento da potência do sistema. Essa medida será adotada para que não seja necessário enviar o excedente da energia para a rede elétrica.

Na tabela 3.7 é possível ver um cálculo aproximado da demanda. Assim, como o consumo médio anual é de aproximadamente 3121 kWh, será considerado 2545kWh. A

figura 3.9 mostra o consumo de energia referente a uma residência do condomínio estudado.

Tabela 3.7 - Demanda da residência

Compartimento	Carga Instalada	Potência (W)	Quantidade	Tempo de Utilização	Kwh/dia
Cozinha	Geladeira	500	1	6 horas	3
	Micro-ondas	750	1	15 minutos	0,19
	Cafeteira	600	1	10 minutos	0,102
	Sandueira	640	1	10 minutos	0,108
	Liquidificador	200	1	10 minutos	0,034
Sala	Luminária	40	1	4 horas	0,16
	Televisão	200	1	2 horas	0,4
	Aparelho NET	10	1	2 horas	0,02
Quarto casal	Luminária	40	1	4 horas	0,16
	Televisão	200	1	2 horas	0,4
	Aparelho NET	10	1	2 horas	0,02
	NOTEBOOK	200	1	2 horas	0,4
	Luminária	20	1	3 horas	0,06
Quarto Filho 1	Abajour	40	2	20 minutos	0,0264
	NOTEBOOK	200	1	2 horas	0,4
	Luminária	40	1	3 horas	0,4
	Abajour	40	2	20 minutos	0,0264
Quarto Filho 2	Impressora	20	1	20 minutos	0,0066
	Televisão	200	1	2 horas	0,4
	Aparelho NET	10	1	2 horas	0,02
	Luminária	20	1	4 horas	0,08
Área de Serviço	Abajour	40	2	20 minutos	0,0264
	Máquina de Lavar	1500	1	1 hora	1,5
	Ferro Elétrico	500	1	30 minutos	0,25
Banheiros	Aspirador de pó	600	1	30 minutos	0,15
	Secador de cabelo	1250	1	10 minutos	0,2125
	Luminária	40	3	1 hora	0,12
			Consumo Total diário		8,7
			Consumo Total mensal kWh/mês		260,1
			Consumo Total anual		3121,2

Fonte: autor

Figure 3.9 - Conta de Energia

Fonte: autor

3.4.2.1 Especificação técnica do módulo selecionado

O Paine Solar Fotovoltaico escolhido será da Canadian Solar, modelo CS1CS6U-330P (330Wp).

Figura 3.10 - Modelo da placa Fotovoltaica



Fonte: Canadian Solar (2018)

Os principais parâmetros referente ao modelo da placa fotovoltaica podem ser vistos na tabela 3.8. Essa informações foram retiradas do catálogo do fabricante.

Tabela 3.8 - Principais parâmetros da placa FV

Máxima Potência (Pm)	330W
Tolerância	0 ~ + 5W
Voltagem de Máxima Potência (Vm)	37,2V
Corrente de Máxima Potência (Im)	8,88A
Voltagem de Circuito Aberto (Voc)	45,6V
Corrente de Curto Circuito (Isc)	9,45A
Voltagem Máxima do Sistema	1000V
Eficiência do Painel	16,97%
Coeficiente de Temperatura da Potência (Pm)	-0,41%/°C
Coeficiente de Temperatura da Corrente (Isc)	0,053%/°C
Coeficiente de Temperatura da Voltagem (Voc)	-0,31%/°C
Temperatura Nominal de Operação da célula (TNOC/NOCT)	43±2°C
* Condição padrão para testes STC/CPT: irradiação de 1000W/m ² , espectro de massa de ar de 1.5 e Temperatura de Célula de 25°C.	
Especificações Mecânicas do Painel Solar	
Dimensões do painel	(1960 x 992 x 40) mm
Peso do módulo	22,2 Kg

Fonte: autor

3.4.2.2 Dimensionamento Fotovoltaico

a) Número de painéis fotovoltaicos

Para se calcular a Potência de um Sistema Fotovoltaico, suprimindo a demanda de energia pré determinada, utiliza-se a equação 3.11.

$$P_{FV} (W_p) = \frac{\left(\frac{E}{TD} \right)}{HSP_{MA}} \quad (3.11)$$

Onde:

$P_{FV} (W_p)$ – Potência de pico do painel FV;

E (Wh/dia) – Consumo diário médio anual da edificação ou fração deste;

$HSP_{MA}(h)$ – Média diária anual das HSP (horas de sol pleno) incidente no plano do painel FV;

TD (adimensional) – Taxa de desempenho.

Como a irradiação solar média mensal é 4,68kWh/m².dia, o HSP será 4,68SP/dia. A equação (3.11) exige que seja determinada uma Taxa de desempenho, que é um parâmetro que avalia a geração de energia FV. Para residências onde não haja sombreamento e seja bem ventilada, considera-se que a TD varie entre 70 e 80%. Aqui se considerará uma taxa de 0,8.

Pela tabela 3.7, o consumo diário é de 8,7 kWh, como será utilizado 80% para o cálculo, temos E= 6,96kWh, resultando numa potência de pico do gerador de 1,86kWp.

Para definir o número de painéis que será utilizado, utiliza-se a equação 3.12.

$$N^{\circ} \text{ painéis} = \frac{PFV (W_p)}{P_m \text{ painel}} \quad (3.12)$$

Os dados para cálculo do número de painéis podem ser obtidos pela tabela 3.8. Assim:

$$N^{\circ} \text{ painéis} = \frac{1,86}{0,33} = 5,64 \rightarrow 6 \text{ painéis}$$

b) Dimensionamento do inversor

Inicialmente, é necessário que o FDI (fator de dimensionamento de inversores) seja definido. Esse fator é representado pela equação (3.14). Quando o FDI varia entre 0,6 e 0,8, há um melhor aproveitamento da energia.

O inversor escolhido para o projeto será o modelo Growatt 1500-S de 1650kW.

Tabela 3.9 - Principais parâmetros do Inversor

Potência Máxima CA	1900W
Voltagem Mínima CC (V)	80
Voltagem de Inicialização CC (V)	80
Voltagem Máxima CC (V)	450
Faixa do MPPT (V)	175 - 400
Corrente Máxima CC (A)	10A
Voltagem Nominal de saída (CA)	220, 230, 240V
Frequência (Hz)	60
Eficiência Máxima (%)	97,4
Dimensões	271 x 267 x 142

Fonte: Neosolar (2019)

Figura 3.11 - Inversor modelo Growatt 1500-S



Fonte: Neosolar (2019)

Com base nas informações técnicas, sendo:

$$P_{FV} = \text{kWp por painel} \times n^{\circ} \text{ de placas} \quad (3.13)$$

$$P_{FV} = 0,33 \times 6 = 1,98 \text{ kW}$$

$$FDI = \frac{P_{inv}}{P_{FV}} \quad (3.14)$$

$$FDI = \frac{P_{inv}}{P_{FV}} = \frac{1,65}{1,98} \rightarrow 0,83$$

c) Arranjo do SFCR

A partir dos cálculos realizados, é possível configurar o arranjo fotovoltaico. Aqui será determinado o número de painéis que podem ser instalados em série. Neste tipo de instalação não há alteração na corrente e as tensões são somadas. Caso seja realizada uma instalação em paralelo, a tensão não se alterará e as correntes serão somadas.

- Determinação do número de painéis em série

A equação (3.15) pode ser utilizada para o cálculo do número de painéis em série.

$$\frac{V_{ent. \min} \text{ SPPM}}{V_{MP. \min}} < n^{\circ} \text{ de módulos em série} < \frac{V_{ent. \max} \text{ SPPM}}{V_{MP. \max}} \quad (3.15)$$

Conforme os dados das tabelas 3.8 e 3.9, a faixa do SPPM do inversor escolhido varia de 200 a 400V, e o painel possui uma voltagem de máxima potência de 37,2V, assim:

$$5,37 < n^{\circ} \text{ de módulos em série} < 10,7$$

Como são apenas 6 placas, o arranjo fotovoltaico será composto de apenas um string.

Figura 3.12 - Configuração do arranjo



Fonte: autor

3.4.2.2 Resultado Obtido - Sistema Fotovoltaico

Para o Sistema Fotovoltaico, foi realizado um levantamento dos custos para implantação do projeto. É importante levar em consideração que a planta solar térmica apresenta um investimento menor, devido a sua menor complexidade, se comparada ao Sistema Fotovoltaico que ainda necessita de homologação da instalação através da concessionária local.

A empresa NEOSOLAR foi a responsável por encaminhar uma análise dos custos para a planta solar fotovoltaico, com base no valor dos equipamentos e serviços de instalação, considerando: projeto e regularização do sistema, instalação completa e comissionamento, projeto elétrico, homologação junto à distribuidora, instalação e comissionamento, e acompanhamento por 3 meses.

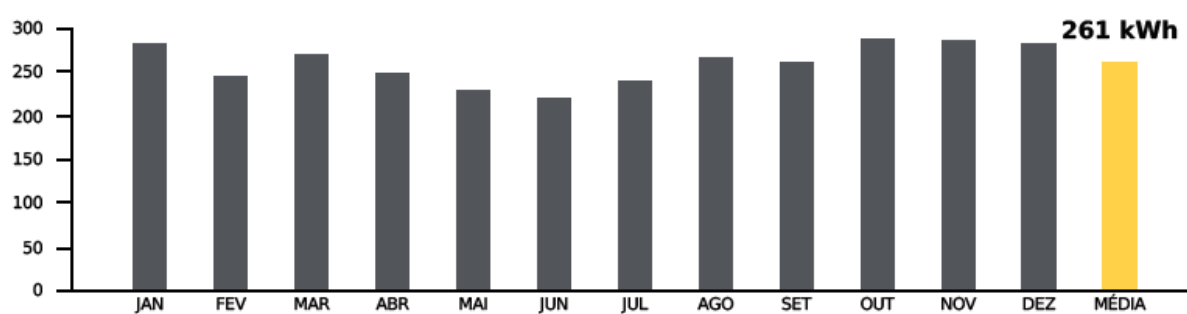
Considerando a geração da própria energia, é possível economizar de acordo com as informações da tabela 3.9.

Tabela 3.10 - Retorno do Projeto FV

Retorno do Projeto	
Valor aproximado da conta antes do Solar	R\$ 190,00
Valor aproximado da conta depois do Solar	R\$ 30,50
Gasto sem Solar em 25 anos	R\$ 166.684,00
Gasto com Solar em 25 anos	R\$ 58.613,00

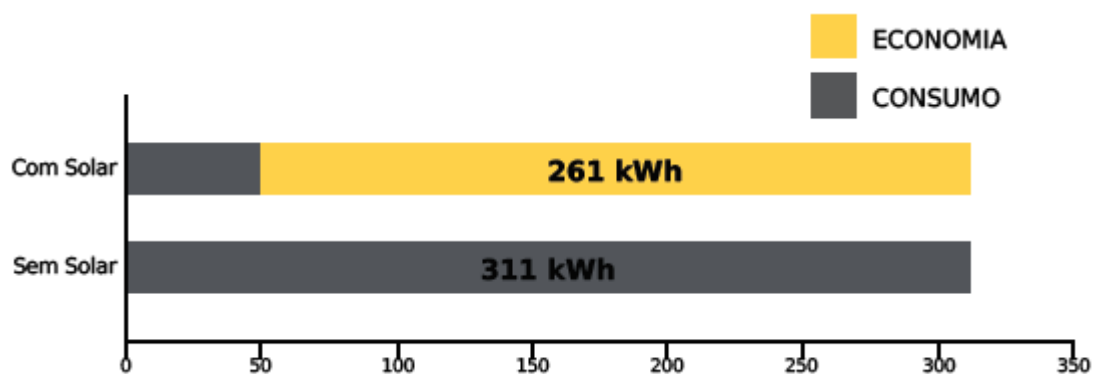
Fonte: O autor (2019)

Figura 3.13 - Estimativa de Produção Mensal



Fonte: Neosolar (2019)

Figura 3.14 - Economia de Energia kWh/mês

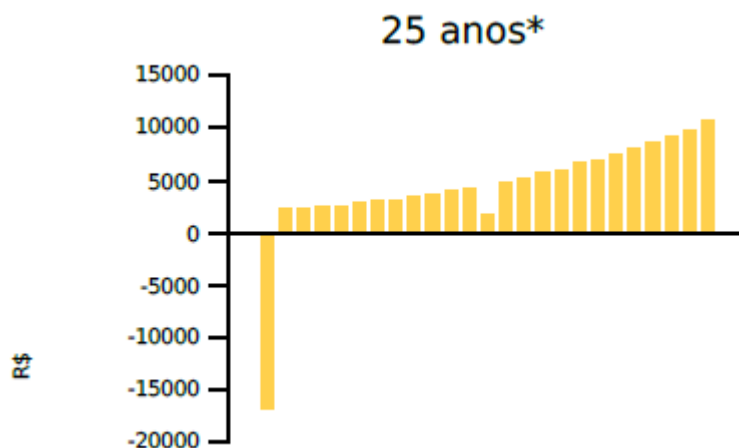


Fonte: Neosolar (2019)

É possível verificar que a economia mensal prevista será de R\$159,50.

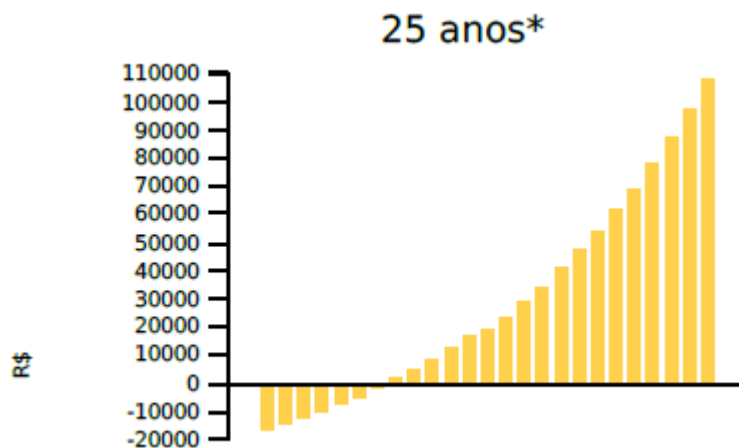
O valor do investimento, de acordo com orçamento, considerando todo o material foi de R\$ 18.847,48. Para o cálculo financeiro, a empresa considerou: a tarifa do fornecedor de energia já com imposto de R\$ 0,61, e uma perda de energia anual do sistema de 0,7%. Dessa forma, tem-se:

Figura 3.15 - Fluxo de Caixa Anual



Fonte: Autor

Figura 3.16 - Saldo Acumulado



Fonte: Autor

A tabela 11 mostra a taxa interna de retorno (TIR) e o Pay-Back do projeto.

Tabela 3.11 - Retorno financeiro FV

Taxa interna de Retorno (TIR)	Pay - Back
18,39%	7,5 anos

Fonte: autor

4. CONCLUSÃO

A busca por eficiência energética e melhor adequação do condomínio ao consumo de energia, pode trazer diversos benefícios não só para os moradores de cada residência como para a Marinha do Brasil. Todo o investimento realizado assegura um retorno significativo em um tempo considerável.

Além da economia na conta de energia, o estudo realizado contribui com a preservação do meio ambiente, diminuindo os impactos ambientais. De acordo com a empresa NEOSOLAR, cada painel instalado evita a emissão de gases de efeito estufa na atmosfera por mais de 30 anos. Ao longo de 25 anos deixa-se de emitir 44.961 toneladas de CO₂ que corresponde a 321 árvores.

Outro fato favorável é a valorização do imóvel, visto que a adoção de sistemas de energia solar faz com que futuros compradores fiquem dispostos a pagar mais, o que pode trazer uma valorização de até 30% para o imóvel. (Gabriel Guimarães, 2016)

Um ponto interessante que vale a pena ressaltar é a possível busca por uma certificação LEED para as residências e para o condomínio, pois as modificações adquiridas estão dentro dos quesitos redução do consumo de energia, com a instalação dos painéis e coletores solares; redução do consumo de água, devido a instalação do chuveiro híbrido, que não desperdiça a água fria que está no encanamento, economizando até 600 litros de água por mês, considerando uma família de quatro pessoas; e o uso de eficiência energética, com a instalação de lâmpadas LED e sensores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABESCO, 2019. **O que é eficiência energética?** Disponível em: <<http://www.abesco.com.br/pt/o-que-e-eficiencia-energetica-ee/>> - Acesso em 13 SET. 2019.

América do Sol - **Tipos de módulos Fotovoltaicos**, 2019. Disponível em: <http://americadosol.org/tipos-de-modulos-fotovoltaicos/>. Acesso em 14 SET. 2019.

Apostila Aquecimento Solar – **edisciplina USP**, 2010. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/60551/mod_resource/content/1/Apostila_Aquecimento_Solar.pdf. Acesso em 15 SET. 2019.

BALFOUR, SHAW e NASH, 2016. **Introdução ao Projeto de Sistemas Fotovoltaicos**. 1ª edição - LTC.

CONPET, 2019. Disponível em: <http://www.conpet.gov.br/portal/conpet/pt_br/pagina-inicial.shtml>. Acesso em 14 SET. 2019.

CRESESB. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=301>. Acesso em: 14 SET. 2019

EPE - PDE 2026 – Plano Decenal de expansão de energia 2026. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-pde>>. Acesso em 14 SET. 2019.

Equipe Coberturas leves - **Construções sustentáveis**, 2019. Disponível em: <<https://www.coberturasleves.com.br/construcoes-sustentaveis-top-5-certificacoes-para-seus-projetos/>>. Acesso em 14 SET. 2019

Inversor grid tie – NEOSOLAR. Disponível em:

(<https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/inversor-grid-tie>). Acesso em 15 SET.2019

MAMEDE Filho, João - Instalações Elétricas Industriais, 2017. 9ª edição – LTC

MOREIRA, José Roberto Simões. Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética. 1a Edição. Brasil: Editora LTC, 2017,

PNE 2030 - Plano Nacional de Energia - **EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 2007**. Disponível em: < <http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-165/topico-173/PNE%202030%20-%20Efici%C3%Aancia%20Energ%C3%A9tica.pdf>>. Acesso em 13 SET. 2019.

PNE 2030 - Plano Nacional de Energia - 2007. Disponível em: <<http://www.abesco.com.br/wp-content/uploads/2015/07/Plano-Nacional-Energia-2030.pdf>>. Acesso em 13 SET. 2019.

PROCEL INFO, 2019 – Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID={921E566A-536B-4582-AEAF-7D6CD1DF1AFD}PROCELINFO>>. Acesso em 13 SET. 2019.

Revista Especialize On-line **IPOG, 2016** - ISSN 2179-5568 - Goiânia - 12ª Edição nº 012 Vol.01/2016 Dezembro/2016). Disponível em: <<http://www.ipog.edu.br> > download-arquivo-site>. Acesso em 14 SET. 2019.

Solarvolt energia, **Gabriel Guimarães, 2016**. Disponível em: <https://www.solarvoltenergia.com.br/blog/valorizacao-de-imoveis-com-fotovoltaico>.

ANEXO A – Tabela de Consumo / Eficiência Energética – PBE Coletor Solar: Aplicação Banho e Piscina (INMETRO)

Fornecedor	Marca	Modelo	Aplicação	Pressão de Funcionamento		Área Externa do Coletor (m²)	Produção Média Mensal de Energia		Eficiência Energética Média (%)	Classificação	Material Superfície Absorvedora	Fr(ta)n	FRUL	Ifa	a ₁	a ₂	Número do Registro de Objeto	Data de Concessão
				(kPa)	(mca)		Por Coletor (kWh/mês)	Por m² Específica (kWh/mês.m²)										
ACQUALUZ SHOPPING DA CONSTRUÇÃO LTDA - ME	ACQUA-SOL	ACQUA-SOL II	Banho	100	10,20	4,70	297,1	63,2	75,1	D	Vidro de Borossilicato	0,899	2,071				006252/2016	24/10/2016
ACQUALUZ SHOPPING DA CONSTRUÇÃO LTDA - ME	ACQUA-SOL	ACQUA-SOL III	Banho	100	10,20	3,95	249,7	63,2	75,1	D	Vidro de Borossilicato	0,899	2,071				006252/2016	24/10/2016
ACQUALUZ SHOPPING DA CONSTRUÇÃO LTDA - ME	ACQUA-SOL	ACQUA-SOL IV	Banho	100	10,20	3,18	201,0	63,2	75,1	D	Vidro de Borossilicato	0,899	2,071				006252/2016	24/10/2016
AECOSOL Ma Energia Limpa LTDA	Aecosol MS	Aecosol 30 BP	Banho	50	5,00	2,79	224,0	80,4	64,8	A	Vidro de Borossilicato	0,540	3,765				005011/2015	25/8/2015
AECOSOL Ma Energia Limpa LTDA	Aecosol MS	Aecosol 30 EP	Banho	50	5,00	4,45	297,3	66,8	72,1	C	Vidro de Borossilicato	0,562	2,184				005010/2015	25/8/2015
AECOSOL Ma Energia Limpa LTDA	Aecosol MS	Aecosol 40 EP	Banho	50	5,00	5,83	389,2	66,7	72,1	C	Vidro de Borossilicato	0,562	2,184				005010/2015	25/8/2015
AECOSOL Ma Energia Limpa LTDA	Aecosol MS	Aecosol 50 EP	Banho	50	5,00	6,92	472,9	68,3	72,1	C	Vidro de Borossilicato	0,562	2,184				005010/2015	25/8/2015
AECOSOL Ma Energia Limpa LTDA	Aecosol MS	Aecosol 30 BP	Banho	50	5,00	4,45	296,9	66,7	74	C	Vidro de Borossilicato	0,785	1,864				005011/2015	25/8/2015
AECOSOL Ma Energia Limpa LTDA	Aecosol MS	Aecosol 30-40-50 EP	Banho	50	5,00	5,83	389,0	66,7	74	C	Vidro de Borossilicato	0,785	1,864				005010/2015	25/8/2015
AQUESOL INDUSTRIA AQUECIMENTO SOLAR LTDA	AQUESOL	Coletor Solar de 30 tubos	Banho	50	5,10	4,45	297,1	66,7	74	C	Vidro de Borossilicato	0,785	1,864				003624/2016	1/7/2016
AQUESOL INDUSTRIA AQUECIMENTO SOLAR LTDA	AQUESOL	Coletor Solar de 40 tubos	Banho	50	5,10	5,83	389,2	66,7	74	C	Vidro de Borossilicato	0,785	1,864				003624/2016	1/7/2016
AQUESOL INDUSTRIA AQUECIMENTO SOLAR LTDA	AQUESOL	Coletor Solar de 50 tubos	Banho	50	5,10	7,22	482,0	66,7	74	C	Vidro de Borossilicato	0,785	1,864				003624/2016	1/7/2016
AQUESOL INDUSTRIA AQUECIMENTO SOLAR LTDA	AQUESOL	Coletor Solar de 10 tubos	Banho	50	5,10	1,57	119,9	78,1	70,1	B	Vidro de Borossilicato	0,795	1,864				002340/2017	10/4/2017
AQUESOL INDUSTRIA AQUECIMENTO SOLAR LTDA	AQUESOL	Coletor Solar de 15 tubos	Banho	50	5,10	2,27	172,9	78,1	70,1	B	Vidro de Borossilicato	0,795	1,864				002340/2017	10/4/2017
AQUESOL INDUSTRIA AQUECIMENTO SOLAR LTDA	AQUESOL	Coletor Solar de 20 tubos	Banho	50	5,10	2,99	227,8	78,1	70,1	B	Vidro de Borossilicato	0,795	1,864				002340/2017	10/4/2017
BOSCH TERMOTECNOLOGIA LIMITADA	BOSCH	FCC220-2V	Banho	600	61,00	2,08	199,9	96,2	71,06	A	Alumínio	0,831	3,71				001984/2016	8/4/2016
BOSCH TERMOTECNOLOGIA LIMITADA	HELIOTEK	MC10 Evolution	Banho	400	40,00	1,00	75,8	75,8	54,59	B	Alumínio	0,881	5,421				001450/2017	8/3/2017
BOSCH TERMOTECNOLOGIA LIMITADA	HELIOTEK	MC15 Evolution	Banho	400	40,00	1,50	113,7	75,8	54,59	B	Alumínio	0,881	5,421				001450/2017	8/3/2017
BOSCH TERMOTECNOLOGIA LIMITADA	HELIOTEK	MC10 Evolution Pro	Banho	400	40,00	1,00	80,0	80,1	57,11	B	Alumínio	0,716	5,787				001457/2017	8/3/2017
BOSCH TERMOTECNOLOGIA LIMITADA	HELIOTEK	MC15 Evolution Pro	Banho	400	40,00	1,50	127,1	84,7	60,7	A	Alumínio	0,739	5,051				001697/2017	17/3/2017
BOSCH TERMOTECNOLOGIA LIMITADA	HELIOTEK	MC20 Evolution Pro	Banho	400	40,00	1,50	127,1	84,7	60,7	A	Alumínio	0,739	5,051				001697/2017	17/3/2017
BOSCH TERMOTECNOLOGIA LIMITADA	HELIOTEK	MC18 HIS	Banho	400	40,00	1,80	152,5	84,7	60,7	A	Alumínio	0,739	5,051				001697/2017	17/3/2017
Center Brollo Comércio de Sistemas de Aquecimento LTDA-ME	Brollo	SBR15	Banho	50	5,10	2,34	143,0	61,1	70,5	D	Vidro	0,861	4,895				000875/2018	19/2/2018
Center Brollo Comércio de Sistemas de Aquecimento LTDA-ME	Brollo	SBR20	Banho	50	5,10	3,04	185,8	61,1	70,5	D	Vidro	0,861	4,895				000875/2018	19/2/2018
Center Brollo Comércio de Sistemas de Aquecimento LTDA-ME	Brollo	SBR25	Banho	50	5,10	3,77	230,4	61,1	70,5	D	Vidro	0,861	4,895				000875/2018	19/2/2018
Center Brollo Comércio de Sistemas de Aquecimento LTDA-ME	Brollo	SBR30	Banho	50	5,10	4,51	275,8	61,1	70,5	D	Vidro	0,861	4,895				000875/2018	19/2/2018
Center Sol	CENTER SOL	CS CB 1,50x1,00 / Coletor Solar Plano	Banho	392	40,00	1,51	100,8	66,8	48,8	C	Alumínio	0,833	6,32				002735/2016	23/5/2016