

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

MARCOS HECK SOARES

**UTILIZAÇÃO DE TINTA ORGÂNICA FOTOVOLTAICA PARA COMPENSAÇÃO
ENERGÉTICA EM UM EDIFÍCIO NA CIDADE DE TOLEDO/PR**

**CASCADEL - PR
2017**

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

MARCOS HECK SOARES

**UTILIZAÇÃO DE TINTA ORGÂNICA FOTOVOLTAICA PARA COMPENSAÇÃO
ENERGÉTICA EM UM EDIFÍCIO NA CIDADE DE TOLEDO/PR**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Professor(a) Orientador(a): Me. Eng.
Agrícola Mauricio Medeiros

**CASCADEL - PR
2017**

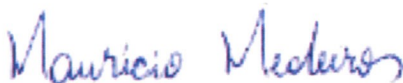
CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

MARCOS HECK SOARES

**UTILIZAÇÃO DE TINTA ORGÂNICA FOTOVOLTAICA PARA COMPENSAÇÃO
ENERGÉTICA EM UM EDIFÍCIO NA CIDADE DE TOLEDO/PR**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob orientação do Professor Me. Eng. Agrícola Mauricio Medeiros

BANCA EXAMINADORA



Orientador (a) Prof.^a **Me MAURÍCIO MEDEIROS**
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Agrícola



Professor (a) **Mestre Andrea Resende Souza**
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenharia Civil



Professor (a) **Me JANAINA BEDIN**
Centro Universitário Assis Gurgacz
Arquiteta e Urbanista

Cascavel, 16 de Outubro de 2017.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família, em maior parte por meu pai e meu irmão, além de meus amigos pelo apoio e suporte que me concederam ao decorrer deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a meu pai que sempre esteve ao meu lado.

Ao meu professor orientador pela confiança em relação a continuidade deste trabalho e ao que ele é hoje.

Aos meus amigos em especial Rafael, pelo apoio assim como na persistência para a finalização deste trabalho.

Agradeço a empresa que disponibilizou o projeto arquitetônico para que o trabalho se embasasse.

EPIGRAFE

“This is our final stand. What happens here will echo through the ages. Regardless of outcome, they will know that we fought with honor. That we fought for the freedom and safety of our people.”
Tirion Fordring.

RESUMO

Tratou-se de um estudo de aplicação de uma tinta orgânica fotovoltaica em um edifício residencial, utilizando como base de dados os índices solarimétricos e eólicos mensais da região extraídos de altas e bibliografia do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito (CRESESB). A tinta se baseia em um líquido impresso em forma de rolo com semicondutores de energia, produzida em filmes finos em forma de rolo. Os dados foram lançados em software para o cálculo da geração de energia elétrica do sistema, este que foi o PVSystem. O estudo focou-se em compreender e estimar a geração de energia elétrica anual do sistema assim como o grau de significância da microgeração de energia para sistemas inovadores, comprovando estatisticamente a relação entre geração e demanda energética para empreendimentos de pequeno porte, além de demarcar a sustentabilidade da tinta orgânica fotovoltaica.

Palavras Chaves: Tinta Orgânica Fotovoltaica, Sustentabilidade, Eficiência Energética, OPV.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2: Célula policristalina.	13
Figura 3: Tinta orgânica.	14
Figura 4: Número de conexões pelo número de consumidores com crédito.	15
Figura 5: Conexão por tipo de fonte.	16
Figura 6: Modalidades de geração em 23/05/2017.	16
Figura 7: Mapa com a localização do edifício residencial.	20
Figura 8: Dados de irradiação solar para o empreendimento.	21
Figura 9: Valores para irradiação solar levando em conta os planos de inclinação.	22
Figura 10: Características do OPV.	23
Figura 11: Planta baixa projeto elétrico térreo.	24
Figura 12: Planta baixa projeto elétrico primeiro pavimento.	25
Figura 13: Planta baixa projeto elétrico segundo pavimento.	26
Figura 14: Quadro de carga 1.	27
Figura 14: Quadro de carga 2.	27
Figura 16: Quadro de carga 3.	27
Figura 17: Quadro geral edifício e demanda diária.	27
Figura 18: Atlas eólico do sul do país.	28
Figura 19: Geração do sistema a 22° do plano horizontal.	29
Figura 20: Geração do sistema a 0° na face oeste da edificação.	30
Figura 21: Geração do sistema a 0° na face sul da edificação.	30
Figura 22: Geração do sistema a 0° na face norte da edificação.	30
Figura 23: Relação entre geração e demanda do edifício.	31

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	7
1.1	INTRODUÇÃO.....7
1.2.1	Objetivo geral8
1.2.2	Objetivos específicos.....8
1.3	JUSTIFICATIVA8
1.4	FORMULAÇÃO DO PROBLEMA9
1.5	FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE9
1.6	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA9
CAPÍTULO 2	11
2.1	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....11
2.1.1	Radiação e irradiância solar11
2.1.2	Sistemas fotovoltaicos.....12
2.1.4	Geração distribuída.....14
2.1.5	Tinta orgânica fotovoltaica.....17
2.1.6	Projeto elétrico edifício residencial.....17
2.1.7	Sustentabilidade.....18
CAPÍTULO 3	19
3.1	METODOLOGIA19
3.1.1	Tipo de estudo e local da pesquisa19
3.1.13	Instrumentos e procedimentos para coleta de dados20
CAPÍTULO 4	21
4.1	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....21
4.1.1	Irradiação solar21
4.1.2	Painéis fotovoltaicos.....22
4.1.4	Dimensionamento do sistema de placas28
4.1.5	Análise geral dos dados obtidos31
CAPÍTULO 5	32
5.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS32
5.1.1	Análise geral dos dados obtidos32
5.1.2	Análise da sustentabilidade do sistema.32
CAPÍTULO 6	33
6.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....33

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

O consumo total de energia no Brasil estimado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) no primeiro semestre de 2016 foi de 230.067 GWh, sendo que a região sul contribuiu com 41.932 GWh, o Paraná teve a parcela de 29.328GWh, só inferior a região sudoeste devido à grande concentração de cidades e indústrias. Tendo em vista o setor de edificações residenciais o consumo no Brasil foi de 67.016 GWh e no Paraná de 7.003GWh que teve aumento em janeiro deste ano em 1,2% tendo em vista o mês anterior (MME, 2016).

O consumo de energia no Brasil está diretamente relacionado a geração de energia, mesmo a maior parte da geração acontece por meios hídricos 61,09% da geração atual. A geração fotovoltaica apenas representa uma parcela quase que insignificante de 0,02% do montante (ANEEL, 2017).

Apesar das hidrelétricas serem consideradas fontes renováveis e limpas, sua instalação não é totalmente inofensiva ao meio ambiente devido há alguns fatores como, a inundação de grandes áreas para barragens e a alteração do microclima ao corpo hídrico acumulado. Em contrapartida a geração fotovoltaica tem como principais fatores prejudiciais a condição estética, o local de instalação, que preferencialmente precisa-se estar posicionado em uma área com bastante incidência de raios solares.

Existem 3 fases evolutivas da geração fotovoltaicas. A primeira que se compunham as células silício monocristalinas com rendimento em torno de 16% podendo chegar à 23%, entretanto seu processo de criação é complicado e caro. A segunda geração é composta por células policristalinas, por mais que tenham rendimento inferior a primeira fase, em torno de 11% e 13% apresentam fabricação mais baratas e simples. Na última geração encontram-se os materiais orgânicos que são compostos principalmente por carbono, mesmo que tenham rendimento inferior as demais, em média 3%, são de fácil produção.

A geração fotovoltaica por meio de tinta orgânica além de ser limpa e renovável apresenta uma vantagem de utilização em relação as células fotovoltaicas de silício, pois condiciona a aplicação em substratos e em inclinações diferenciados.

O objetivo foi estudar a possibilidade de utilização de um sistema de tinta orgânica fotovoltaica para compensação energética em um edifício residencial na cidade de Toledo-PR.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Estudar a possibilidade de utilização de um sistema de tinta orgânica fotovoltaica para de geração de energia elétrica em um edifício residencial em fase de projeto localizado na cidade de Toledo-PR.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar a demanda de energia elétrica do edifício residencial;
- Estudar os melhores locais do edifício para a aplicação da tinta orgânica fotovoltaica;
- Estimar geração média de energia elétrica do sistema;
- Estudar benefícios sustentáveis da aplicação da tinta.

1.3 JUSTIFICATIVA

Até então a energia solar fotovoltaica era praticamente toda dos países desenvolvidos, porém o mercado emergente em todos os continentes tem contribuído significativamente para o seu crescimento. Ainda assim a geração de energia fotovoltaica ainda é baixa e dependente de políticas governamentais e públicas para que seja disseminada (REN21, 2016).

a evolução da tecnologia e a revolução dos materiais e métodos utilizados, os custos da energia fotovoltaica tendem a reduzir ainda mais, tornando-se ainda mais viável sua aplicação pelos consumidores finais. Os sistemas solares fotovoltaicos acrescentariam significativamente para aos empreendimentos que a utilizam redução nos custos de energia elétrica e agregam valor a imagem do empreendimento em função da sustentabilidade dessa fonte de energia (SANTOS, 2013).

O consumo médio geral em edificações residenciais é o segundo maior, ficando atrás apenas do industrial

Este trabalho justificou-se pela necessidade de provar e incentivar a disseminação de novos sistemas fotovoltaicos, neste caso uma aplicação de caráter inovador, tornando-o uma possível solução para a geração de energia limpa, renovável e sustentável em edifícios da região oeste do estado do Paraná.

1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

oua construção civil, no atual estado da arte, de tintas orgânicas fotovoltaicas em edifícios residenciais?

1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE

Ao término deste trabalho esperou-se responder se é possível fazer uso aplicado a construção civil de tintas orgânicas fotovoltaica para a geração de energia e está ser utilizado para compensação energética através da geração de crédito com a concessionária. Tem-se expectativa que com o uso de tinta orgânica fotovoltaica em um edifício residencial na região oeste do estado do Paraná a compensação energética seja de no mínimo 20%.

1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa delimitou-se a estudar a implantação de um sistema de tintas orgânica fotovoltaicas em um edifício residencial de 3 pavimentos que está na fase de projeto, localizado na Rua General Daltro Filho, no Jardim Gisela na cidade de Toledo-PR.

Foi um estudo de caso em artigos científicos sobre tinta orgânica fotovoltaica pesquisados em bases de dados e dados disponíveis em catálogos de fabricantes. Não será realizado experimento nem análises laboratoriais. Também não será desenvolvido nenhum

tipo de protótipo para demonstração ou amostra de tinta orgânica fotovoltaica. O sistema utilizando tinta orgânica não será comparado com outro sistema de fotovoltaicos mais tradicionais como, por exemplo, o sistema de células de silício.

CAPÍTULO 2

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste presente capítulo serão apresentados os preceitos, conceitos e definições para o desenvolvimento do estudo.

2.1.1 Radiação e irradiância solar

Por mais que a atmosfera terrestre seja extremamente transparente apenas 25% da radiação solar atinge diretamente a terra, sem que haja qualquer interferência atmosférica. Entretanto, mesmo que os raios solares incidam de forma retilínea sobre a superfície terrestre, estes por sua vez sofrem influências do material pelo qual é transportada.

O espalhamento é o efeito de inclinação do ângulo de incidência da radiação por efeito das moléculas de gases presentes na atmosfera que pode ocorrer de forma distinta dependendo do tamanho das moléculas gasosas, em alguns casos espalhando de forma igual os comprimentos de onda, ou diferentes como o caso de arco íris. O fenômeno de reflexão ocorre geralmente pela existência de anteparos, como nuvens, que acabem por sua vez sendo maior contribuinte do fenômeno, variando de 40 % para nuvens até 50 metros de espessura até 80% para nuvens de 5000 metros de espessura, O último desvio da radiação acontece por meio da absorção de calor das diversas partículas que existem no trajeto até a superfície(UFPR).

A irradiância solar por sua vez é dada pela intensidade da radiação solar por unidade de área, usualmente utiliza-se em metros. Seu valor pode ser obtido através de expressões matemáticas que consideram a depreciação da radiação solar, por efeitos já citados anteriormente, ou apenas utilizando médias de atlas solarimétricos e comprovando os dados com estações meteorológicas (Enio Bueno Pereira, 2006).

2.1.2 Sistemas fotovoltaicos

Segundo as observações de Edmond Becquerel, em 1839, sobre um feixe de luz incidente em células eletrolíticas, ele descobriu o surgimento de diferença de potencial aos extremos do material semicondutor. O processo descrito por Becquerel, é de que a partir da energia adquirida pelo material semicondutor através da luz, os elétrons se desprendem dos átomos originando um certo fluxo, ou seja, corrente elétrica.

A composição básica de um sistema fotovoltaico são dois materiais de característica semicondutora intermediados por uma camada isolante e condutora, Em torno de 1876, foi criado o primeiro sistema inorgânico de conversão luminosa em eletricidade, o qual era composto por filamentos de selênio depositados sobre ferro, utilização de ouro com o papel de condutor, sua eficiência não ultrapassaria 0,5%. Já em 1883, Charles Edgar Friets havia conseguido chegar a 1,0% de eficiência por meio de finas camadas de ouro intercaladas por selênio. No entanto um novo processo de fabricação de cristais de silício, criadas por Calvin Fuller, que foi capaz de incorporar impurezas nos cristais de silício, com o fim de melhorar suas características elétricas, a primeiras células fotovoltaica.e a primeira célula fotovoltaica que uma eficiência considerável a aparecer em meados do século XIX, mais precisamente em 1954, sendo concebida por Fuller e Geral Pearson, a qual apresentava rendimento de 6%. E desde então devido alguns fatores de mercado, como a crise do petróleo de 1970, as energias renováveis vem tomando força tanto em pesquisa quanto em mercado (Áureo Dantas, 2014).

A evolução dos sistemas fotovoltaicos foi separada em 3 gerações, que levam em consideração os processos, custos e rendimentos das células fotovoltaicas criadas.

A primeira geração compreende a faixa de placas que estão mais presentes no mercado nos dias atuais, que por mais que sejam de um processo de concepção de maior complexidade devido à dificuldade de se purificar o silício. Seu processo industrial compreende em extração de quartzo de jazidas e passa por processos de redução, liquefação e destilação fracionada, formando assim uma célula mono cristalina. Apesar dos fatos, este sistema é o que tem maior rendimento que se estende na faixa de 16 a 23%.

Figura 1: Célula monocristalina.



Fonte: Portal Solar, 2017.

Por sua vez a segunda geração de células fotovoltaicas é composta por poli cristais de silício, gerados a partir do esfriamento lento do processo de fusão do elemento puro, este processo por sua vez apresenta menor custo de execução em relação a primeira geração. Porém mesmo que sejam obtidas de maneira facilitada não apresentam rendimento tão alto quanto as anteriores, em torno de 8 e 10%, além de apresentarem uma decadência no rendimento nos primeiros anos da vida útil.

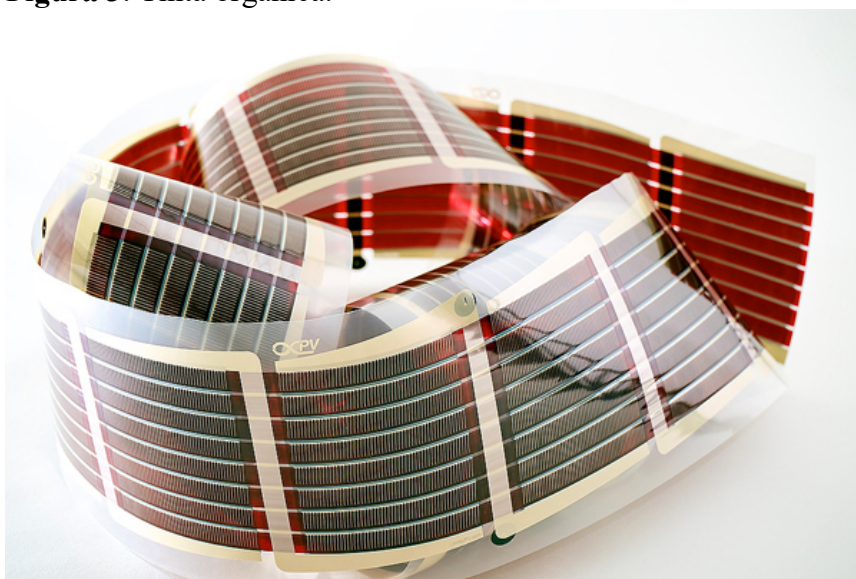
Figura 2: Célula policristalina.



Fonte: Portal Solar, 2017.

A última geração de células é formada a partir de compostos orgânicos são promissoras, pois são formadas de materiais orgânicos, com sua composição basicamente composta por carbono. Pelo fato de serem materiais em abundância na natureza e de fácil obtenção, além do alto grau de absorção óptica, acabam se tornando mais baratos e viáveis. O rendimento médio desta célula varia de 3 a 6,5% (Áureo Dantas, 2014).

Figura 3: Tinta orgânica.



Fonte: InfiniyPV, 2017.

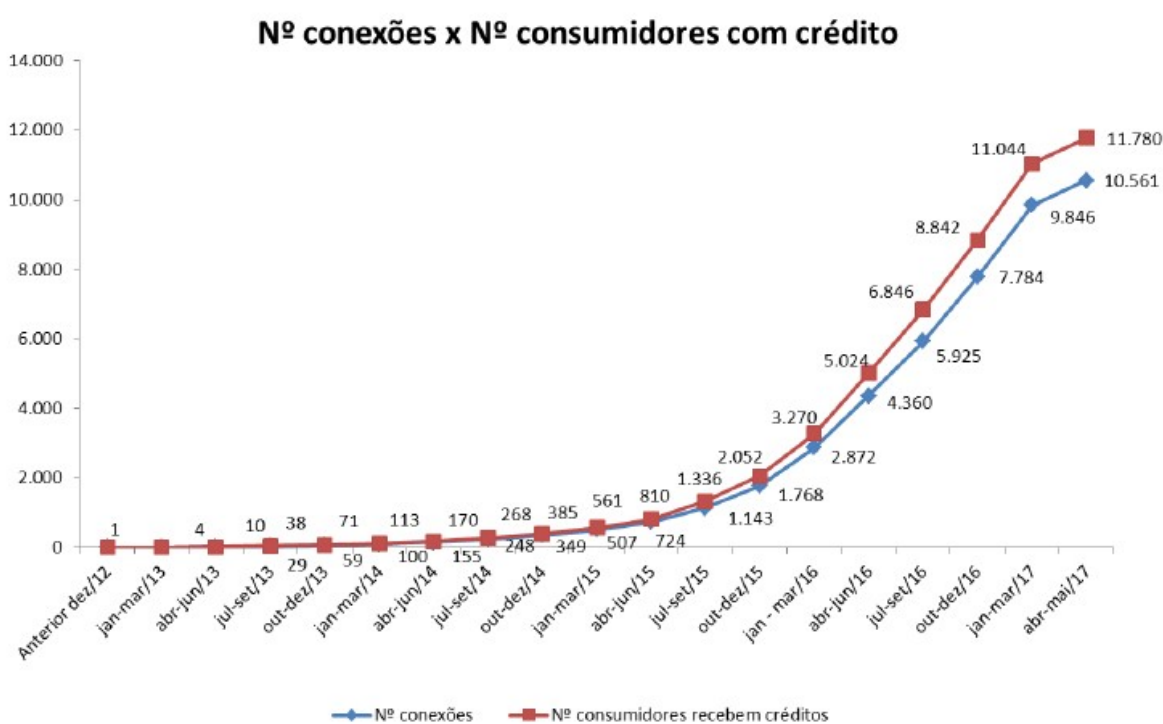
2.1.4 Geração distribuída

Desde o momento em que se vigorou REN (resolução normativa) ANEEL nº 482/2012 é legal para o consumidor gerar sua própria energia elétrica utilizando de fontes renováveis, sendo que a quantia que extrapole o consumo poderá ser fornecida a concessionária que abastece a região. Existem duas classificações para este tipo de consumidor, a micro e a mini geração distribuídas, no qual são divididos levando em consideração a quantia de energia elétrica gerada, respectivamente até 75 KW (quilowatts) e entre 75KW e 5MW (megawatts), referentes a potência instalada. No mês em que a geração supere a demanda energética é possível aliviar a fatura do mês seguinte, obedecendo um prazo de 60dias, outra forma de abatimento é a de autoconsumo remoto que permite diminuir a fatura de outra propriedade do titular (ANEEL, 2015).

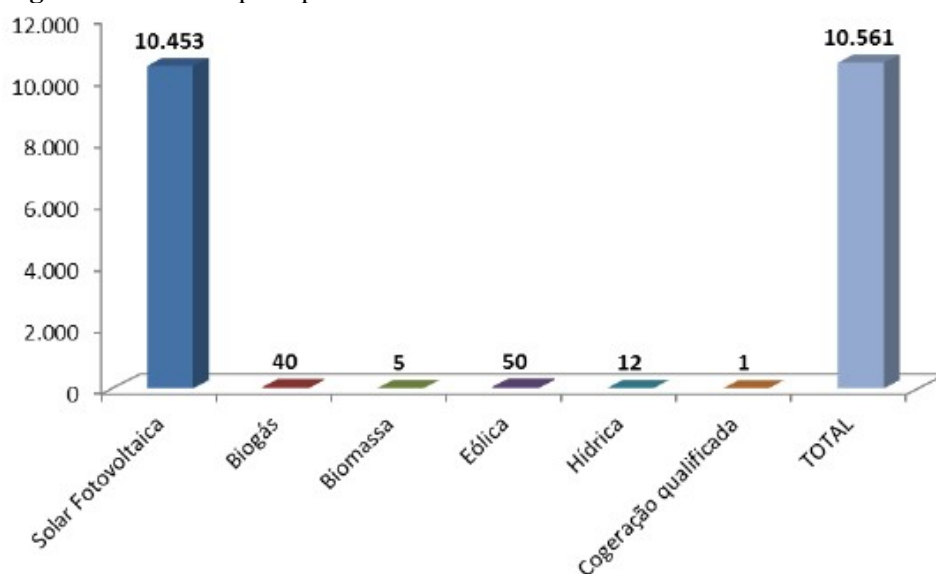
Ainda segundo a ANEEL 2017, existem algumas opções para casos de condomínios, como da geração compartilhada, que permite as diversas unidades consumidores utilizarem os créditos gerados em proporções pré-estabelecidas pelos mesmos.

É possível visualizar na Figura 1 o crescimento da mini e micro geração no país no período de dezembro de 2012 e maio de 2017, evidenciando a crescente demanda pelos sistemas de geração elétrica autônomas, como o caso de sistemas fotovoltaicos em sua grande maioria, fato que é possível de observação na Figura 2, sendo que a energia solar representa 70% da potência instalada total, sendo que é definida pela REN nº 676/2015, como a potência nominal da saída do inversor restringid por limitados de controle de potência e demais limitações técnicas.

Figura 4: Número de conexões pelo número de consumidores com crédito.

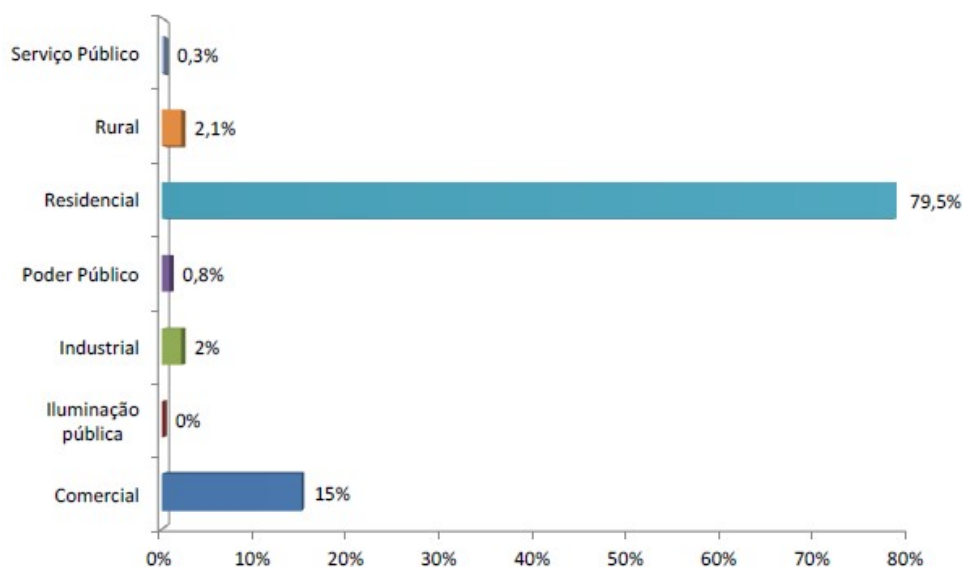


Fonte: ANEEL 2017.

Figura 5: Conexão por tipo de fonte.

Fonte: ANEEL, 2017.

Dentre todas as classes de consumo, a classe residencial se sobressai em relação às demais como é possível identificar na Figura 3, porém a caracterização do uso da energia gerada é destinada apenas para a própria unidade consumidora, visto que as considerações estabelecidas pela REN nº 687/2015 são relativamente novas, a Figura 4 evidencia as modalidades de geração em 23 de maio de 2017 para o Brasil.

Figura 6: Modalidades de geração em 23/05/2017.

Fonte: ANEEL, 2017.

2.1.5 Tinta orgânica fotovoltaica

As tintas orgânicas fotovoltaicas, ou OPV (*organig photovoltaics*), fazem parte da terceira geração de células fotovoltaicas, com seu primeiro protótipo criado em 1986 por Tang C., esta célula era composta por duas camadas de material orgânico depositadas a vácuo, entretanto o rendimento não ultrapassava a faixa de 1%. O próximo avanço do OPV viria a acontecer com Pneumasn et all em 2007, os quais pela substituição dos materiais orgânicos e adicionando uma camada que iria bloquear éxcitons entre as camadas fotossensíveis e as do cátodo de metal. Logo, por meio desta alteração a eficiência progrediu até 3%. O recorde de rendimento foi alcançado por HEGER no mesmo ano de 2007. Ele desenvolveu as células tandem, o sistema compreende em estabelecer a geração em série das células, além de ser composta por diferentes materiais que conseguiam abranger maiores faixas de aspectos de luz. Estas células por sua vez apresentam rendimento de até 6,5%. (Áureo Dantas, 2014).

2.1.6 Projeto elétrico edifício residencial

Segundo a NBR 5410/2008 o projeto elétrico residencial seguira critérios que estabelecerão quantidade de equipamentos de cada ambiente interno de uma edificação. Preceitos os quais estão relacionados a três categorias, são:

Iluminação, compreendendo as lâmpadas;

TUE (tomadas de uso específico), englobando chuveiros elétricos, máquinas de lavar, entre outros;

TUG (tomadas de uso geral), enquadrando-se os eletrodomésticos como televisores, rádios, geladeiras, entre outros.

A determinação da iluminação está atrelada ao uso em que o ambiente será necessário, como escritórios, corredores, quartos, entre outros. A NBR 5410/2008 determina critérios mínimos dimensionamento, que levam em conta as dimensões tanto em área quanto em perímetro, da caracterização do uso do ambiente. As TUE são de critério do projetista que determinará qual equipamento será usado, em seguida determina a potência de cada equipamento através ou de tabelas de bibliografias consagradas ou de manuais do fabricante. Por outro lado, as TUG são determinadas a partir do perímetro do cômodo, levando em consideração a distância mínima entre os pontos de consumo e a concepção arquitetônica. Sendo que para as TUG serão considerados os seguintes fatores:

Em banheiros: Pelo menos um ponto próximo ao lavatório;

Em cozinhas, copas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos: Prever ao mínimo um ponto de TUG para cada fração de perímetro, sendo que na bancada da pia da cozinha terão 2 pontos.

Em varandas: Prever um ponto de TUG;

Em salas e dormitórios: Para cada fração de 5 metros uma TUG.

Para demais cômodos: Um ponto de tomada para áreas até 6 metros caso superior um ponto para cada fração de 5 metros.

Ainda explanando sobre a NBR 5410/2008, as potências de tomadas serão consideradas da seguinte maneira:

Para cozinhas, banheiros, áreas de serviço, banheiros e locais análogos: 600 VA (volt ampere), em até 3 pontos, o restante considerar sendo de 100VA, caso superior a 6 pontos apenas os dois primeiros serão de 600VA;

Para os demais cômodos: 100VA por porto considerado.

2.1.7 Sustentabilidade

A energia proveniente das placas fotovoltaicas se torna vantajosa e sustentável por conta de ser composta essencialmente em módulos de fácil instalação, aplicação e manutenção, mesmo que a produção da maioria dos tipos de placas do mercado utilizarem métodos e substâncias que sejam prejudiciais ao meio ambiente, como por exemplo seleneto de hidrogênio, cádmio, entre outros.

A redução nos custos e o uso de materiais orgânicos para a produção do OPV é o principal benefício do produto, pois o rendimento energético não é tão alto quanto as de placa de silício. A sustentabilidade do sistema se comprovará ao passo que a demanda energética para a concessionária for menor requisitada, visto que a energia fotovoltaica, considerando o OPV, é claramente limpa tendo em vista que não há degradação do meio ambiente para sua produção, a não ser o processo de industrialização, mesmo que ínfimo.

Os materiais para a produção do OPV são de base de carbono principalmente, como já citados, e o carbono é de fácil absorção na natureza pelo fato da afinidade em relação a outros elementos em abundância na natureza, como oxigênio.

CAPÍTULO 3

3.1 METODOLOGIA

3.1.1 Tipo de estudo e local da pesquisa

Tratou-se de um estudo de rendimento energético de uma tinta orgânica fotovoltaica, objetivando a microgeração de energia, em um edifício residencial de 3 pavimentos na cidade de Toledo Paraná.

A pesquisa foi classificada como sendo de natureza aplicada, com abordagem qualitativa e desenvolvimento baseado em estudo de caso, na qual os dados de demanda energética serão adquiridos a partir do projeto elétrico do edifício residencial, o qual seguirá critérios tanto das normas brasileiras quanto da COPEL (Companhia Paranaense de Energia Elétrica). Sendo que os dados para o cálculo de geração serão obtidos por meio de pesquisa bibliográfica e por fim será determinada a capacidade de micro geração para o caso.

3.1.2 Caracterização da amostra

O estudo foi realizado em um edifício residencial de 3 andares, localizado na cidade de Toledo Paraná, Figura 4.

Figura 7: Mapa com a localização do edifício residencial.



Fonte: Projeto arquitetônico, 2017.

3.1.13 Instrumentos e procedimentos para coleta de dados

A coleta de dados foi dada pela elaboração da demanda energética do edifício seguindo critérios de previsão de cargas da estabelecidos pela NBR 5410/2008 (norma técnica brasileira), foram utilizados também dados de intensidade solar e velocidade média do vento, obtidos do CRESESB (centro de referência para energia solar e eólica Sérgio Brito). Para a projeção de geração energética da tinta fotovoltaica foram utilizados manuais e o software PVsyst para se estimar a quantidade de geração do sistema. Os dados de insolação foram utilizados tanto analisando a inclinação da face quanto aos meses do ano.

3.1.4 Análise dos dados

Logo a obtenção dos dados de demanda, foram inseridos no programa para que se resulta-se nos dados de geração dos sistemas, os mesmos foram analisados considerando os períodos do ano, sendo que para cada período os rendimentos dos mesmos foram quantificados e qualificados.

Em primeiro lugar os dados de rendimento foram analisados objetivando demonstrar o rendimento sobre as médias mensais. Após esta etapa, foi feita a verificação quanto ao rendimento, pelo *software PVsystem* determinando em questões técnicas o grau de relevância da geração do sistema.

CAPÍTULO 4

4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

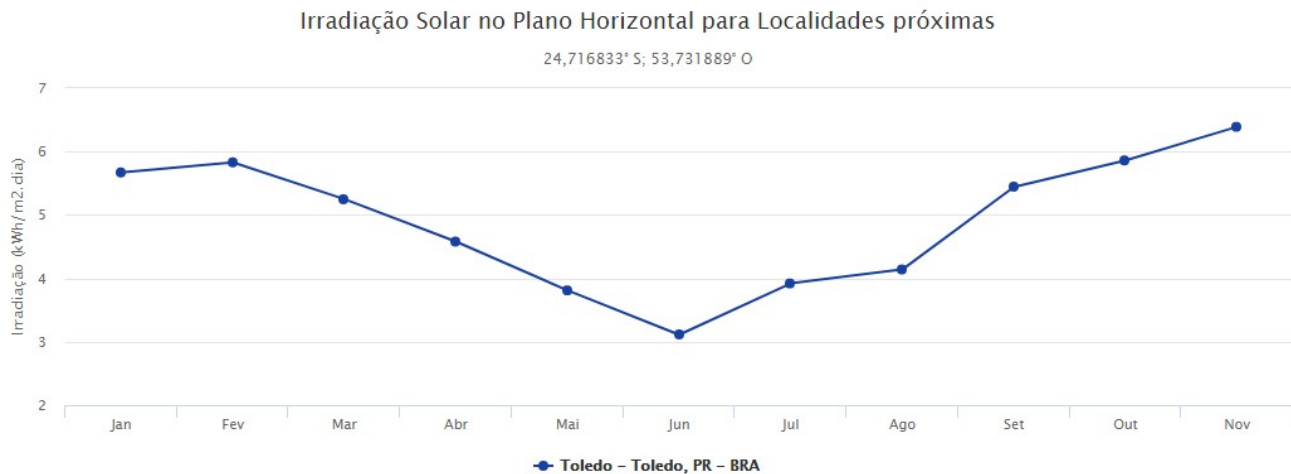
4.1.1 Irradiação solar

Os valores de irradiação foram retirados a partir das coordenadas do empreendimento as quais são 24°43'00.6" para a sentido Sul e 53°43'54.8" para o sentido oeste, representados na Figura 5 e 6.

Figura 8: Dados de irradiação solar para o empreendimento.

Latitude: 24,716833° S
Longitude: 53,731889° O

#	Estação	Município	UF	País	Irradiação solar diária média [kWh/m ² .dia]																
					Latitude [°]	Longitude [°]	Distância [km]	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
☒	Toledo	Toledo	PR	BRA	24,7° S	53,743055° O	2,2	5,67	5,83	5,25	4,58	3,81	3,11	3,61	3,92	4,14	5,44	5,86	6,39	4,80	3,28
☐	Guaira	GuaÃra	PR	BRA	24° S	54,255833° O	95,9	5,78	5,56	5,17	4,39	3,72	3,08	3,64	3,81	4,00	5,28	6,08	6,25	4,73	3,17
☐	Foz do Iguacu	Foz do IguaÃsu	PR	BRA	25,5° S	54,588055° O	122,7	5,47	5,33	5,11	4,14	3,53	2,86	3,25	3,92	4,11	5,33	6,11	6,19	4,61	3,33



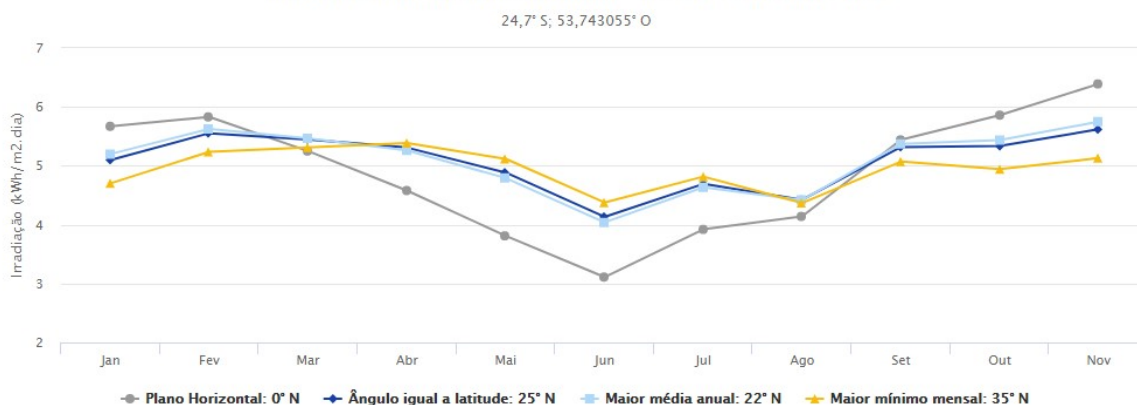
Fonte: CRESESB, 2017.

Figura 9: Valores para irradiação solar levando em conta os planos de inclinação.

Estação: Toledo
 Município: Toledo, PR - BRA
 Latitude: 24,7° S
 Longitude: 53,743055° O
 Distância do ponto de ref. (24,716833° S; 53,731889° O) :2,2 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]												Média	Delta
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
✓	Plano Horizontal	0° N	5,67	5,83	5,25	4,58	3,81	3,11	3,61	3,92	4,14	5,44	5,86	6,39	4,80	3,28
✓	Ângulo igual a latitude	25° N	5,10	5,55	5,45	5,31	4,88	4,13	4,77	4,69	4,42	5,32	5,34	5,62	5,05	1,49
✓	Maior média anual	22° N	5,20	5,63	5,46	5,26	4,79	4,04	4,67	4,63	4,42	5,37	5,43	5,75	5,05	1,71
✓	Maior mínimo mensal	35° N	4,70	5,24	5,31	5,39	5,12	4,38	5,04	4,82	4,37	5,07	4,94	5,13	4,96	1,02

Irradiação Solar no Plano Inclinado –Toledo–Toledo, PR-BRA



Fonte: CRESESB, 2017.

É possível identificar com clareza a interferência da influência que o clima e a latitude da região tem no sistema fotovoltaico, visto que no período entre maio e agosto são os valores mais baixos decorrentes das chuvas e por terem períodos de insolação menores.

4.1.2 Painéis fotovoltaicos

As características necessárias para se planejar o uso do OPV foram observadas quanto as suas dimensões físicas, que possibilitam sua implantação em diversas superfícies. Além das características necessárias para se estimar a geração de energia elétrica. Tais características são expressas na figura 7 a seguir, retiradas do formulário do material do comerciante *InfintyPV*.

Figura 10: Características do OPV.

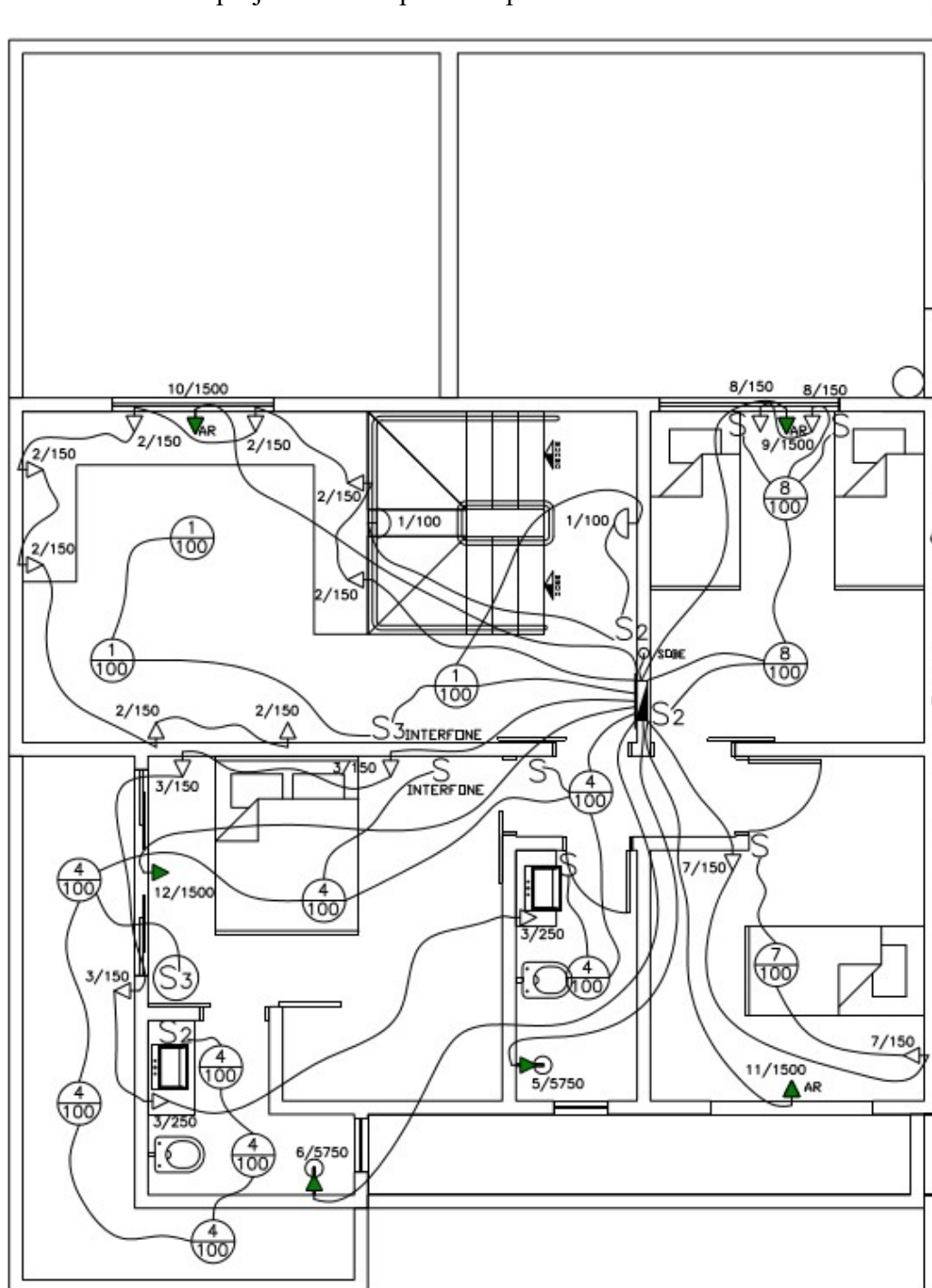
Largura (milímetros)	Comprimento (metros)	Espessura (microns)	Corrente (miliampères)	Voltagem por Metro (volts/metro)	Metal de Eletrodo
305	1 à 100	150 à 250	60	130	Prata

Fonte: InfintyPV, 2017

4.1.3 Demanda do edifício residencial

Para enfim chegar na demanda do edifício o mesmo foi separado em circuitos em 3 quadros de distribuição, sendo que foi considerado um quadro por pavimento, como demonstrado nas Figuras 11, 12, 13, 14, 15 e 16. Assim como é possível observar o quadro geral de energia na Figura 17.

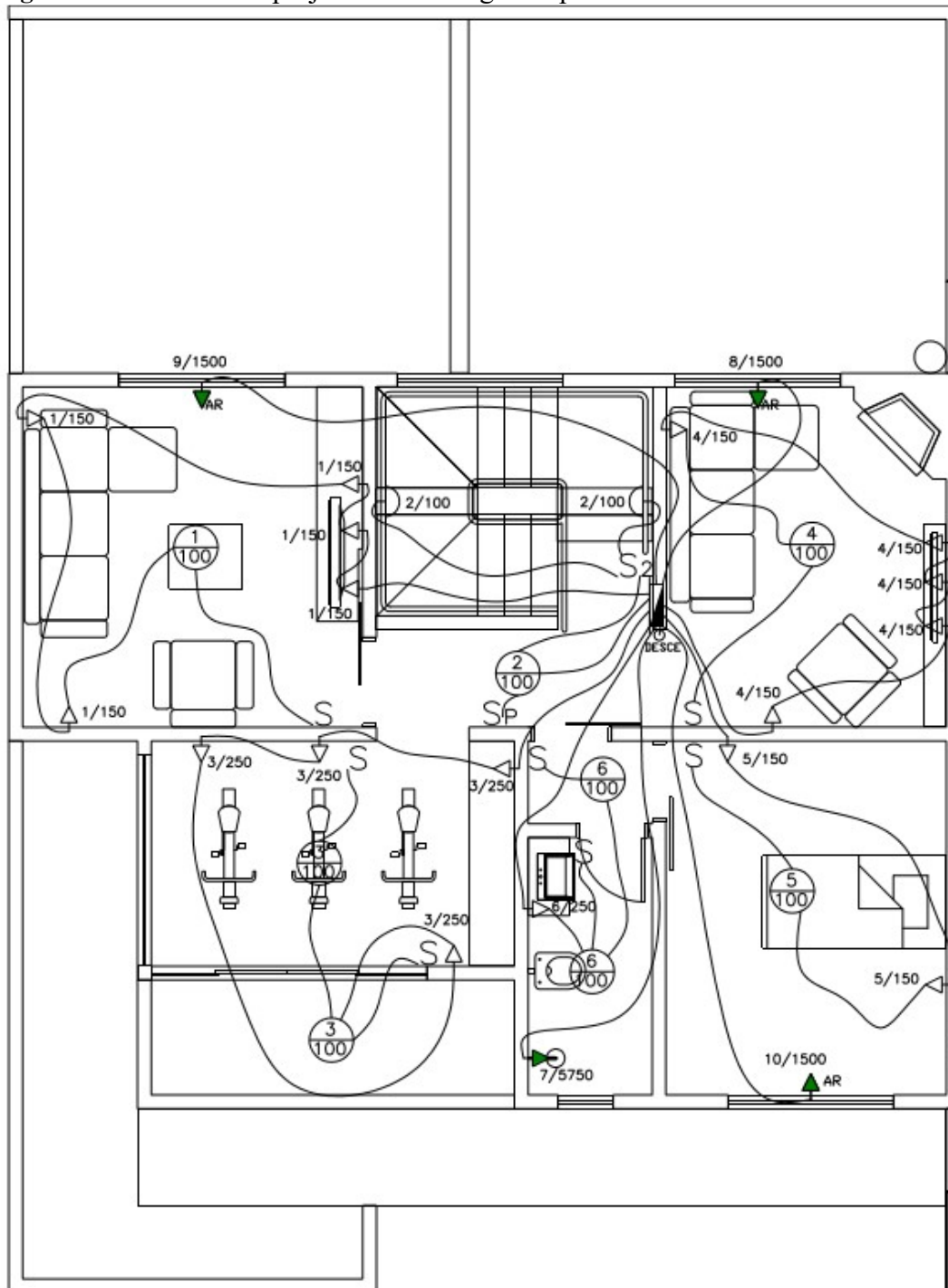
Figura 12: Planta baixa projeto elétrico primeiro pavimento.



PLANTA BAIXA 1º PAVIMENTO

Fonte: Autor, 2017.

Figura 13: Planta baixa projeto elétrico segundo pavimento.



PLANTA BAIXA 2º PAVIMENTO

Fonte: Autor, 2017.

Figura 14: Quadro de carga 1.

Circuito	Lâmpada Fluorescente (40W)	Lâmpada			Tomadas			Carga (W)	Corrente (A)	Proteção (A)	Proteção Geral (A)	Fases		
		100	150	250	500	1500	5750					A	B	C
Quadro 1	1	0	1	0	3	0	0	850	6,69	15	50	0	425	425
	2	0	0	0	2	0	0	1000	7,87	15		0	500	500
	3	5	5	0	2	0	0	1200	9,44	15		0	600	600
	4	0	0	0	11	0	0	2750	21,65	30		0	1375	1375
	Total	5	6	0	16	2	0	5800				0	2900	2900

Fonte: Autor, 2017.

Figura 14: Quadro de carga 2.

Circuito	Lâmpada Fluorescente	Lâmpada			Tomadas			Carga (W)	Corrente (A)	Proteção (A)	Proteção Geral	Fases		
		100	150	250	500	1500	5750					A	B	C
Quadro 2	1	0	5	0	0	0	0	500	3,93	10	70	250	0	250
	2	0	0	8	0	0	0	1200	9,45	15		600	0	600
	3	0	0	3	2	0	0	950	7,48	15		475	0	475
	4	0	8	0	0	0	0	800	6,29	15		400	0	400
	5	0	0	0	0	0	1	5750	26,13	50		2875	0	2875
	6	0	0	0	0	0	1	5750	26,13	50		200	0	2875
	7	0	1	2	0	0	0	400	3,14	10		250	0	200
	8	0	2	2	0	0	0	500	3,93	10		750	0	250
	9	0	0	0	0	1	0	1500	11,81	20		750	0	750
	10	0	0	0	0	1	0	1500	11,81	20		750	0	750
	11	0	0	0	0	1	0	1500	11,81	20		750	0	750
	12	0	0	0	0	1	0	1500	11,81	20		750	0	750
	Total	0	16	15	2	0	4	2	21850			8800	0	10925

Fonte: Autor, 2017.

Figura 16: Quadro de carga 3

Circuito	Lâmpada Fluorescente	Lâmpada			Tomadas			Carga (W)	Corrente (A)	Proteção (A)	Proteção Geral	Fases		
		100	150	250	500	1500	5750					A	B	C
Quadro 3	1	0	1	5	0	0	0	850	6,7	10	50	425	425	0
	2	0	3	0	0	0	0	300	2,36	10		150	150	0
	3	0	2	0	4	0	0	1200	9,44	20		600	600	0
	4	0	1	5	0	0	0	850	6,7	10		425	425	0
	5	0	1	2	0	0	0	400	2,36	10		150	150	0
	6	0	2	0	1	0	0	450	3,54	10		225	225	0
	7	0	0	0	0	0	1	5750	26,13	50		2875	2875	0
	8	0	0	0	0	1	0	1500	11,81	50		750	750	0
	9	0	0	0	0	1	0	1500	11,81	50		750	750	0
	10	0	0	0	0	1	0	1500	11,81	50		750	750	0
	Total	0	10	12	5	0	3	1	14300			7100	7100	0

Fonte: Autor, 2017.

Figura 17: Quadro geral edifício e demanda diária.

		Lâmpada Fluorescente	Lâmpada			Tomadas			Carga (W)	Corrente (A)	Proteção (A)	Proteção Geral	Fases		
			100	150	250	500	1500	5750					A	B	C
Geral		11	40	27	33	2	9	3	48490			70	18025	10000	13825
Funcionamento	Horas	6	6	6	6	5	5	0,5	Demanda diária Wh						
									181565						

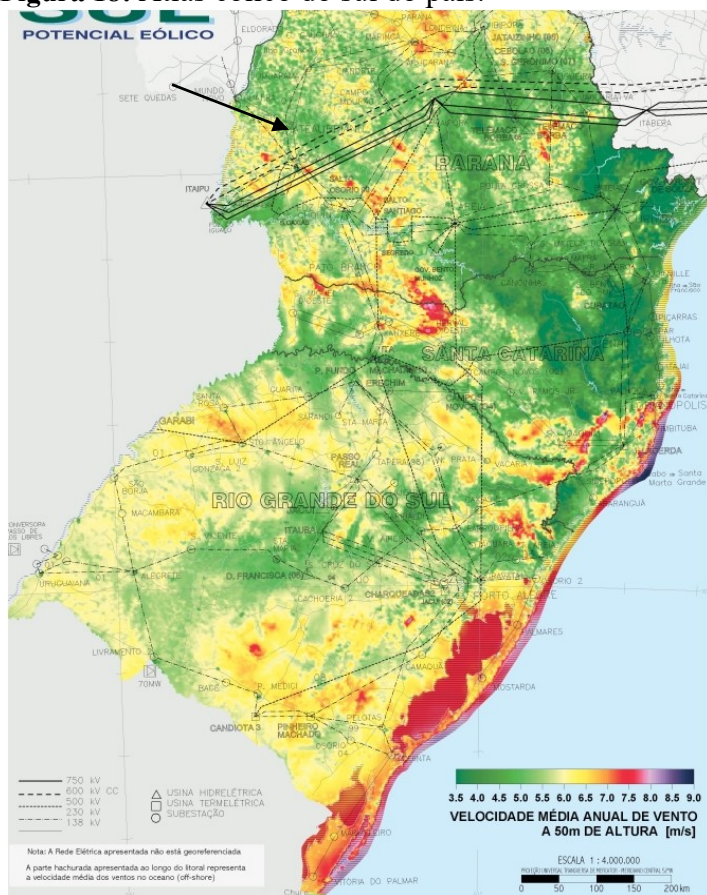
Fonte: Autor, 2017.

A demanda energética da edificação será de 48,490 kW e considerando horário de funcionamento das lâmpadas de 6 horas, das tomadas 5 horas e para os chuveiros de meia hora diária, durante todos os dias da semana, chegamos a um valor de 181,565 kWh (kilo Watts por hora).

4.1.4 Dimensionamento do sistema de placas

Utilizando o Software PVsyst, foi possível chegar em gráficos de geração do sistema com base nos dados obtidos de irradiação solar por períodos do ano e a média velocidade do vento na região. Os dados de velocidade do vento foram extraídos atlas eólico da CRESESB. O valor definido para a média foi de 6 m/s (metros por segundo), necessários para serem inseridos no *PVSystem* conforme Figura 18.

Figura 18: Atlas eólico do sul do país.

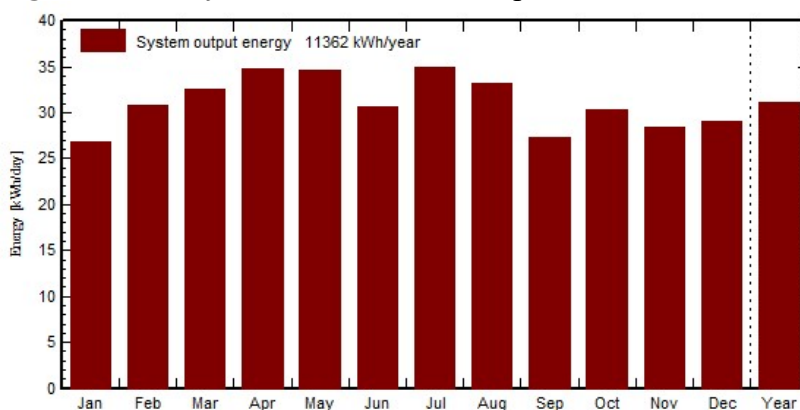


Fonte: CRESESB, 2017.

No primeiro momento analisou-se o posicionamento dos painéis no telhado da edificação em um plano de 22 graus em relação ao plano horizontal, a área disponível para a disposição dos painéis é de 66,9 m² (metros quadrados).

A geração desta parte do sistema resultou em uma potência nominal de 6,7 kW, com um rendimento anual de 10,5MWh/ano (mega watts por ano), o resultado obtido para esta parte do sistema é demonstrado na Figura 19.

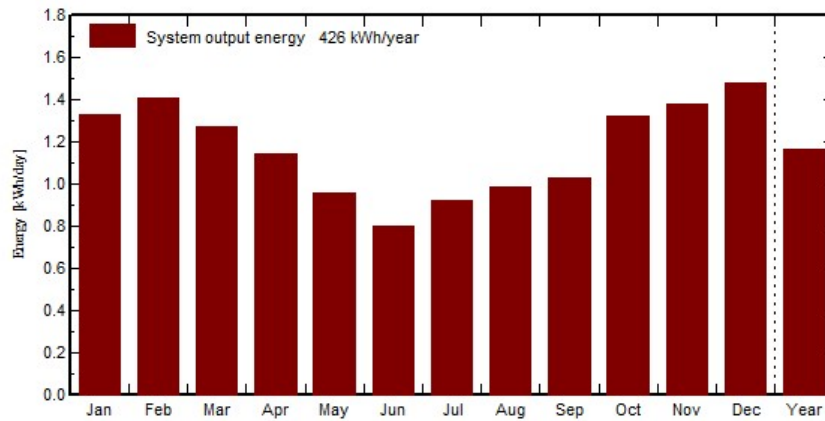
Figura 19: Geração do sistema a 22° do plano horizontal.



Fonte: PVsystem, 2017.

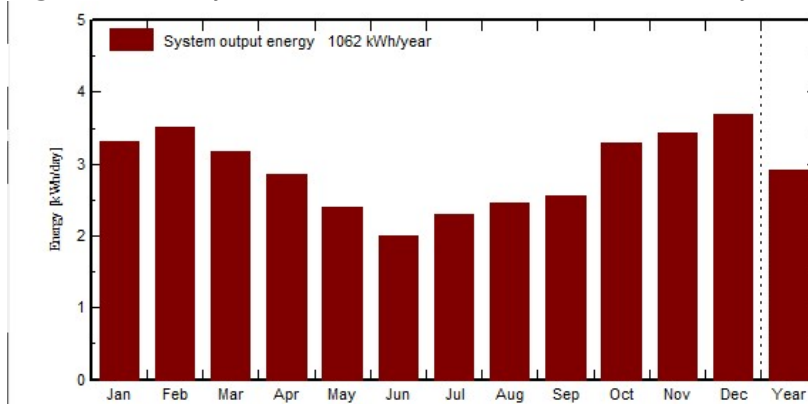
Outra solução adotada para a geração de energia, foi a projeção de utilização nas esquadrias de janelas das faces norte, sul e oeste do edifício, com respectivas áreas de ação de 12,6m², 6,6m² e 10,1m². O resultado para a geração nas faces a 0° (graus), ou seja, sentido vertical das placas, observa-se nas Figuras 14, 15 e 16. Os dados flutuaram entre 0,5kW e 0,4 MWh/ano, 1,3Kw e 1,1MWh/ano, 0,7Kw e 0,3MWh/ano, respectivamente para os sentidos oeste, sul e norte da edificação.

Figura 20: Geração do sistema a 0° na face oeste da edificação.



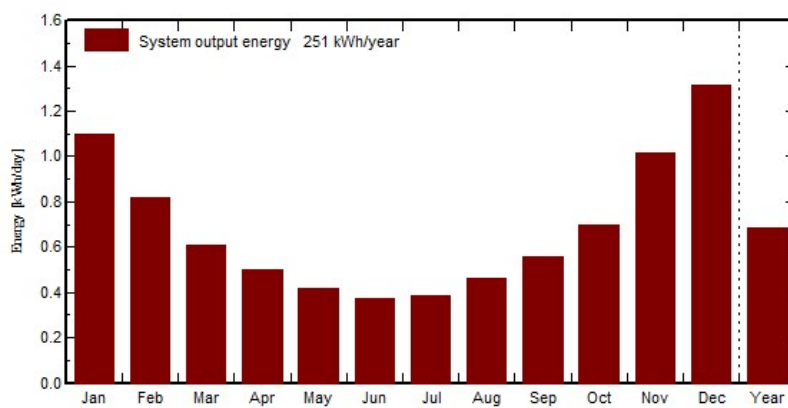
Fonte: PVsystem, 2017.

Figura 21: Geração do sistema a 0° na face sul da edificação.



Fonte: PVsystem, 2017.

Figura 22: Geração do sistema a 0° na face norte da edificação.



Fonte: PVsystem, 2017.

4.1.5 Análise geral dos dados obtidos

Foram considerados como locais de possível utilização da tinta o telhado e as faces das esquadrias de vidro (janelas) com vãos significantes. Destes dados apenas o sistema do telhado se torna a maior porcentagem de geração do sistema. Mesmo que a parte do sistema que se encontra nas faces verticais da edificação não sejam demasiadamente significativa, total de 4% da demanda energética, e não causando tanto impacto quanto a parte do telhado na geração, total de 17% da demanda energética, ver Figura 17.

Figura 23: Relação entre geração e demanda do edifício.

	geração anual (MWh/ano)	Relação entre geração e demanda (%)
Telhado	11,4	17,20%
Face norte	0,5	0,75%
Face sul	1,1	1,66%
Face oeste	0,3	0,45%
Total		20,07%

Fonte: Autor, 2017.

CAPÍTULO 5

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1.1 Análise geral dos dados obtidos

Logo, pode-se concluir que a estimativa inicial de 20% foi alcançada, tendo em vista que a geração total do sistema é de 20,07%. Caso não fosse atingida esta meta, seria necessário recorrer a aplicação em mais locais estratégicos da edificação, como o caso das faces do reservatório de água e da marquise do primeiro pavimento, porém a metodologia aplicada já foi suficiente.

5.1.2 Análise da sustentabilidade do sistema.

A sustentabilidade do sistema se dá pelos seguintes fatores:

- Economicidade de 21% da demanda anual de energia.
- Utilização de metodologia de aplicação pouco poluente visualmente.
- Utilização de tecnologia que pouco degrada o meio ambiente.
- Processo de produção do OPV é muito mais limpo do que as demais opções do mercado.

A questão da metodologia de aplicação pouco poluente visualmente se deu pelo fato de que o material, por mais que seja aplicado nas janelas, ainda permita que a luz passe por ele, não prejudicando a iluminação natural nos ambientes internos da edificação. Além de sua composição ser de materiais, exceto o metal mesmo que em pequena quantidade, que não degradam o meio ambiente.

CAPÍTULO 6

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Desenvolver projeto que abranja todo o potencial de aplicação do OPV.
- Desenvolver estudos em edificações comerciais.
- Desenvolver estudos comparando com demais sistemas fotovoltaicos.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil) (ANEEL). Banco de Informações de Geração. BIG. Disponível em Acesso em: 04 de junho de 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil) (ANEEL). Resolução Normativa n482. Disponível <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>> em Acesso em: 04 de junho de 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **5410: Instalações Elétricas d Baixa Tensão**. 2008 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2008.

BETTIOL, Áureo Dantas; SILVA, Luciano da. **AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FOTOQUÍMICAS DE MOLÉCULAS IMPREGNADAS EM RESINAS POLIESTER**. 2014. 112F. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia de Materiais, Unidade Acadêmica de Ciências, Engenharias e Tecnologia, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, Santa Catarina.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia. Balanço energético nacional – BEM. Brasília: MME, 2016.

CRESESB, Centro de Referência para Energia Solar e Eólica. 2017. Disponível em <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/Atlas%20do%20Potencial%20Eolico%20Brasileiro.pdf> em acesso em: 27 de agosto de 2017.

REIS, Lineu Belico dos; SANTOS, Eldis Camargo (Comp.). **Energia Elétrica e Sustentabilidade: Aspectos Tecnológicos, Socioambientais e Legais**. 2. ed. São Paulo: Manole Ltda, 2014.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Centro de Análise das Informações Solares. 1997. Disponível <https://www.if.ufrgs.br/ast/solar/portug/sun.htm> em acesso em: 02 de junho de 2017.

Universidade Federal do Paraná. Notas de Aula Meteorologia Básica. 1999. Disponível <http://fisica.ufpr.br/gremm/aposmeteo/cap2/cap2-7.html> em acesso em: 01 de junho de 2017.