

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

CAIQUE BRUNO ALVES DA SILVA

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA IMPLANTAÇÃO DE PLACAS
FOTOVOLTAICAS EM UM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL SUSTENTÁVEL EM
CASCAVEL - PR**

**CASCAVEL - PR
2016**

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

CAIQUE BRUNO ALVES DA SILVA

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA IMPLANTAÇÃO DE PLACAS
FOTOVOLTAICAS EM UM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL SUSTENTÁVEL EM
CASCAVEL - 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.

Professora orientadora: Prof.^a Arq. Ms. Janaina Bedin

**CASCAVEL - PR
2016**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a meus pais por todo esforço e sacrifício que fizeram para que este pudesse tornar-se realidade, principalmente a meu pai que dedicou seus últimos anos de vida a proporcionar estrutura para a conclusão deste curso e também aos amigos e colegas que ofereceram suporte em momentos difíceis desta trajetória acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço meu pai, por nunca ter medido esforços para me motivar e me fazer procurar ser alguém melhor, tanto pessoalmente quanto profissionalmente, além de sempre batalhar para garantir que a realização desta graduação fosse possível, apesar de não estar mais conosco, a conclusão desta graduação só foi possível graças a ele.

À minha mãe, por sempre me aconselhar e me acalmar em momentos difíceis desta jornada acadêmica, por me fazer entender que não podemos desistir daquilo que queremos e por ter me educado e me tornado a pessoa que sou hoje.

Às minhas irmãs, Fabiana, Fernanda e Carolina, que, assim como minha mãe, contribuíram de maneira grandiosa para minha formação, me motivando sempre a perseguir meus sonhos.

À minha orientadora, Janaina Bedin, pela paciência e profissionalismo em sempre estar disposta a ajudar na realização deste trabalho com gentileza e bom humor, profissional esta a qual admiro muito e me espelho para o futuro.

Às pessoas que adquiri grande apreço ao longo desta trajetória, tanto dentro quanto fora da instituição, principalmente ao Douglas, o qual sempre estive ao meu lado, acreditando em mim quando nem eu mesmo acreditei e nunca me deixando desistir daquilo que quero perante às dificuldades.

Por fim, a todos aqueles que de alguma forma, direta ou indiretamente, contribuíram com todos estes anos de estudos, proporcionando felicidade e perseverança durante todo este árduo caminho.

RESUMO

Técnicas sustentáveis vêm ganhando espaço no mercado devido à iminente escassez de recursos naturais. Utilizar técnicas sustentáveis ajuda a diminuir o consumo destes recursos não renováveis e a possível reintegração de harmonia no meio ambiente. Com a constante mecanização de processos antigamente manuais, o consumo de eletricidade tende a subir cada vez mais no decorrer dos anos. Atualmente a produção de energia elétrica se dá por meio de processos que contribuem para a deterioração do meio ambiente. A produção de energia através de meios sustentáveis e consequentemente limpos, além de uma tendência, é uma necessidade para preservação ambiental. Este trabalho, então, traz um levantamento de custos para implantação de um destes sistemas de geração limpa de energia, o sistema fotovoltaico. A pesquisa deu-se através do dimensionamento do sistema para atender uma residência unifamiliar utilizando como base uma simulação de consumo utilizando o *software* COPEL e posterior pedido de orçamento do mesmo em três diferentes fornecedores. A empresa que proporcionou o melhor orçamento forneceu o valor de R\$ 28.313,00, o que resultou em um *pay-back* aproximadamente 119 meses, demonstrando que o sistema é economicamente e ambientalmente viável.

Palavras chave: Sustentabilidade, sistema fotovoltaico, viabilidade econômica.

ABSTRACT

Sustainable techniques are gaining space in the market due to the imminent shortage of natural resources. Use sustainable techniques helps to decrease the consume of those non-renewable resources and the possible reintegration of the environment harmony. With the constant mechanization of processes formerly manuals, the consume of electricity tends to grow even more in the next years. Nowadays the production of electric energy is given by processes that contributes to the environmental deterioration. The production of energy through sustainable ways and therefore clean, besides a tendency, is a need to environmental preservation. This paper, ergo, brings a list of costs for the implementation of one of those clean energy generation, the photovoltaic system. The research was given by the design of the system to attend a family residence using as base a simulation of the consume using the software COPEL and later request of the estimate in three different providers. The company that provided the best estimate gave the value of R\$ 28.313,00, that results a pay-back of approximately 119 months, demonstrating that the system is economic and environmental viable.

Key Words: Sustainable, photovoltaic system, economic viability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Residência com painéis fotovoltaicos instalados em sua cobertura	20
Figura 02 – Média anual de insolação diária no Brasil (horas)	21
Figura 03 – Capacidade global de geração de energia solar	22
Figura 04 – Preço de produção de módulos fotovoltaicos 1980-2013	23
Figura 05 – Exemplos de painéis fotovoltaicos produzidos em silício cristalino	25
Figura 06 – Módulos a-Si aplicados sobre substrato de vidro, aço inox e plástico	27
Figura 07 – Exemplos de módulos CdTe	28
Figura 08 – Exemplos de módulos CI(G)S	29
Figura 09 – Planta baixa de uma unidade residencial do condomínio	32
Figura 10 – Maquete eletrônica do condomínio	33
Figura 11 – Simulador de consumo de energia elétrica COPEL	36
Figura 12 – Consumo médio simulado através do <i>software</i> da COPEL	37
Figura 13 – Esquema representando os sistemas <i>Grid-Tie</i> e <i>Off-Grid</i>	38
Figura 14 – Calculadora <i>Grid-Tie</i>	39
Figura 15 - Gráfico de produção do sistema fotovoltaico	40
Figura 16 – Orçamento do sistema fotovoltaico pela Empresa 01	42
Figura 17 – Orçamento do sistema fotovoltaico pela Empresa 02	43
Figura 18 – Orçamento do sistema fotovoltaico pela Empresa 03	44
Figura 19 – Gráfico comparativo dos custos fornecidos pelas 3 empresas	45
Figura 20 – Economia gradual obtida mensalmente com o sistema	47

LSTA DE TABELAS

Tabela 01 – Potência de pico/m ² gerada por cada tipo de módulo fotovoltaico	24
Tabela 02 – Eficiência de cada cor em módulos fotovoltaicos	25
Tabela 03 – Amortização mensal do investimento	46

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	11
1.1 INTRODUÇÃO	11
1.2 OBJETIVOS	12
1.2.1 Objetivo Geral	12
1.2.2 Objetivos Específicos	12
1.3 JUSTIFICATIVA	12
1.4 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	13
1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	13
CAPÍTULO 2	15
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1.1 Sustentabilidade	15
2.1.1.1 Relatório de Brundtland, <i>Our Common Future</i>	16
2.1.2 Sustentabilidade na construção civil	17
2.1.2.1 Eficiência energética	17
2.1.3 Energias renováveis	19
2.1.3.1 Energia solar	19
2.1.3.1.1 Tipos de módulos fotovoltaicos	23
2.1.3.2.1.1.1 Módulo fotovoltaico de silício monocristalino (m-Si)	24
2.1.3.2.1.1.2 Módulo fotovoltaico de silício policristalino (p-Si)	26
2.1.3.2.1.1.3 Módulo fotovoltaico de silício amorfo hidrogenado (a-Si)	26
2.1.3.2.1.1.4 Módulo fotovoltaico de Telureto de cádmio (CdTe)	27
2.1.3.2.1.1.5 Módulo fotovoltaico de Disselento de cobre-índio (e Gálio) – CI(G)S ..	29
2.1.4 Engenharia econômica	30
2.1.4.1 <i>Pay-back</i>	30
CAPÍTULO 3	31
3.1 METODOLOGIA	31
3.1.1 Tipo de estudo e local da pesquisa	31
3.1.2 Caracterização da amostra	31
3.1.3 Coleta de dados	33
3.1.4 Análise dos dados	34
CAPÍTULO 4	35
4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES	35

4.1.1 Simulação de consumo	35
4.1.2 Dimensionamento do sistema	37
4.1.3 Levantamento de custos	40
4.1.4 Análise de viabilidade e do <i>pay-back</i>	45
CAPÍTULO 5	48
5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
CAPÍTULO 6	50
6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	50

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

Devido ao crescimento exponencial da população e o crescimento e desenvolvimento das cidades em todo o mundo, o meio ambiente acaba sofrendo um grande golpe devido ao impacto ambiental gerado pela urbanização desenfreada. Além do impacto imediato, que é mais visível, obras em geral geram um impacto a longo prazo causado pela sua ocupação e manutenção.

Com a percepção destes danos ambientais causados pela construção civil, cada vez mais têm-se desenvolvido técnicas sustentáveis, tanto para execução quanto para o mantimento das mesmas, visando diminuir o futuro impacto causado. Entende-se por sustentabilidade como o equilíbrio entre o desenvolvimento social e o desenvolvimento ambiental, onde o ser humano entende que afeta e é afetado por suas ações na natureza (SESC – Sorocaba, S.d.).

A ONU publicou em 1987 o relatório de Bruntland, também conhecido como *Our Common Future*. Este documento define como construção sustentável aquela que supre as necessidades atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprirem suas próprias necessidades.

Estes temas começaram a ser discutidos em 1973, no ano da 1ª Crise do Petróleo. A preocupação inicial voltava-se principalmente para a questão energética, já que países dependentes principalmente do petróleo para geração de eletricidade foram forçados a procurar novas técnicas para suprir sua demanda por eletricidade. Entretanto, com o passar do tempo, o foco deixou de ser apenas energético e passou a se voltar para outros problemas da área, como a geração de entulhos decorrente das obras, o desperdício e a possível poluição das fontes de água potável, o destino e o correto descarte do lixo, entre outros (IPEA, 2010).

Com a tecnologia atual, é possível resolver todos os problemas supracitados, utilizando, por exemplo, painéis fotovoltaicos para geração de energia elétrica, um método construtivo que gere menos resíduos para a obra, sistemas de captação para águas pluviais para reutilização no próprio condomínio, além da reciclagem do lixo ou reutilizando-o em forma de fertilizante, entre tantas outras técnicas e sistemas que

podem ser utilizadas e se enquadram na definição de construção sustentável. Pensando na utilização de novas tecnologias e na diminuição do impacto que a construção civil causa no meio ambiente, a utilização destas técnicas e o estudo de viabilidade para implantação da mesma é de grande importância para toda a sociedade.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar a viabilidade econômica para a implantação de sistema de energia fotovoltaica em uma unidade residencial de um condomínio residencial sustentável em Cascavel – PR.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Analisar as alternativas sustentáveis para o sistema fotovoltaico;
- Estimar os custos de instalação para o sistema fotovoltaico na unidade;
- Estimar o consumo de energia elétrica para a residência;
- Avaliar o *pay-back*;
- Comparar à viabilidade econômica dos dois sistemas, tanto *Grid-Tie*, quanto *Off-Grid*.

1.3 JUSTIFICATIVA

Os dados disponibilizados pela EPE demonstram um crescimento na demanda energética de aproximadamente 70% no período entre 2005 e 2015. Este

crescimento constante no consumo de eletricidade em todo o mundo promove a necessidade da busca por alternativas que ajudem a suprir a demanda. Unindo esta necessidade ao esgotamento de recursos naturais não-renováveis, criam-se métodos mais sustentáveis, como a utilização de painéis fotovoltaicos para geração de energia elétrica.

Este, entre outros métodos, apresenta um grande avanço no setor, já que por ser sustentáveis, é menos agressivo ao meio ambiente e utiliza apenas energia proveniente da natureza. Além disto, o barateamento na produção e a desburocratização que a ANEEL proporcionou em 2015 para a instalação de células fotovoltaicas para geração de energia elétrica, traz ainda mais vantagens para a utilização do sistema.

Apesar dos avanços na área, a barreira cultural ainda é grande, o que dificulta o emprego e utilização de métodos alternativos para geração de energia, sendo o mais escolhido pelos consumidores os métodos tradicionais, que representam totalmente o contrário do que imóvel sustentável foi definido durante a Agenda 21 em 1992.

Assim um estudo que demonstre a preocupação do ecologicamente correto, com o economicamente viável, são as principais justificativas ao desenvolvimento da presente pesquisa.

1.4 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

É economicamente viável a implantação de placas fotovoltaicas para geração de energia elétrica em uma unidade residencial de um condomínio social com técnicas sustentáveis em Cascavel - PR?

1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa será limitada à implantação de um condomínio de 16.000 m² de área proposto pela arquiteta Josiane Parodes como Trabalho de Conclusão de Curso no curso de Arquitetura no ano de 2012. O trabalho levará em consideração este

condomínio como modelo e analisará a viabilidade para implantação de painéis fotovoltaicos na geração de energia elétrica, utilizando dados obtidos através do simulador de consumo pelo site da COPEL, verificando também seu *pay-back* e seu tempo de retorno.

CAPÍTULO 2

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.1 Sustentabilidade

O mercado da construção civil é a maior fonte geradora de resíduos sólidos, além de ser a maior consumidora de recursos naturais não-renováveis, de acordo com o Instituto Akatu. A geração de entulhos provenientes da construção civil pode representar até 70% dos resíduos provenientes de uma cidade de médio a grande porte, o mercado é responsável por cerca de 66% do consumo de madeira derivada de florestas naturais, a qual não recebem remanejo adequado e ainda é responsável pelo maior consumo de recursos como cobre e zinco, cujas reservas têm previsão de duração de apenas mais aproximadamente 60 anos (SCHENINI, 2004). As edificações também são responsáveis pelo consumo de 48% da energia elétrica gerada no país (CBCS, 2015). Devido ao crescimento desenfreado das cidades e o crescimento do mercado da construção civil, estes números que já são alarmantes, se tornam ainda mais preocupantes.

No ano de 1972, a ONG *Club of Rome* publicou um estudo realizado por 3 professores do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), Donella Meadows, Dennis Meadows, Jorgen Randers, intitulado *Limits to Growth*. Este estudo impactou a sociedade da época, pois este demonstrava um cenário devastador e catastrófico caso a política desenvolvimentista não fosse controlada. Este desenvolvimento descontrolado estimulado na época, que perdura até os dias atuais, consumia uma enorme quantidade de recursos naturais não-renováveis, além de gerar uma enorme quantidade de poluição para o planeta. O estudo demonstrava que caso não houvesse controle na utilização ou até mesmo a descoberta de substitutos para tais, o crescimento da sociedade atingiria um “limite” e apresentaria a diminuição, ou até mesmo cessaria seu desenvolvimento devido à falta de recursos (MEADOWS, 1972).

Após a publicação deste estudo, outros documentos voltados à preservação do meio ambiente foram publicados, entre eles a declaração de Estocolmo, ao qual elaborou 26 princípios que ofereçam aos povos do mundo inspiração e guia para preservar e melhorar o meio ambiente humano (ONU, 1972) e o Relatório de Brundtland, *Our Common Future* (ONU, 1987).

2.1.1.1 Relatório de Brundtland, *Our Common Future*

Após 10 anos da publicação da declaração de Estocolmo, em 1983 a ONU criou a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento – CMMAD como uma forma de fiscalizar as medidas propostas no documento de 1973. Tendo em sua frente a primeira-ministra norueguesa Gro Harlem Brundtland, foi esta comissão que em 1987 elaborou o Relatório de Brundtland, também conhecido como *Our Common Future* (Nosso Futuro Comum), o qual definiu o que hoje é comumente conhecido por sustentabilidade como o processo que supre as necessidades atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprirem suas próprias necessidades (BRUNTLAND, 1987).

O documento acima citado sugere que o desenvolvimento da sociedade e o crescimento da mesma seja conciliado com o consumo de recursos do meio ambiente. Foi este que introduziu a discussão de conceitos atuais como aquecimento global e a destruição da camada de ozônio. Este relatório propôs importantes pontos de mudança relacionadas a diversos setores da sociedade, assim como o setor da construção civil. Entre estes pontos propostos pelo documento pode-se destacar:

- O desenvolvimento de tecnologias para uso de fontes energéticas renováveis e o aumento da produção industrial nos países não-industrializados com base em tecnologias ecologicamente adaptadas;
- Garantia de recursos básicos (água, alimentos, energia) a longo prazo;
- Diminuição do consumo de energia;
- Preservação da biodiversidade e dos ecossistemas;

- Controle da urbanização desordenada e integração entre campo e cidades menores;
- Uso de novos materiais na construção;
- Reestruturação da distribuição de zonas residenciais e industriais;
- Aproveitamento e consumo de fontes alternativas de energia, como a solar, a eólica e a geotérmica;
- Reciclagem de materiais reaproveitáveis;
- Consumo racional de água e de alimentos.

Apesar de estes pontos propostos por Brundtland em 1987 ainda estarem um pouco mais à frente no futuro de ser alcançados, a sociedade cada vez mais tem visto a importância de se preservar o meio ambiente e evitar o desperdício dos recursos naturais não-renováveis. Embora a área da construção ser levemente atrasada em relação a estes assuntos, visto que é responsável por produzir uma enorme quantidade de resíduos sólidos e ainda ser a que mais consome recursos naturais não-renováveis, a evidência de um possível esgotamento de recursos essenciais à mesma em um curto período de tempo, faz-se necessário o pensamento em alternativas para substituição de tais materiais (CBCS, 2015).

2.1.2 Sustentabilidade na construção civil

2.1.2.1 Eficiência energética

Foi definido durante a Agenda 21 para a Construção Sustentável em Países em Desenvolvimento, que construção sustentável é "um processo holístico que aspira a restauração e manutenção da harmonia entre os ambientes natural e construído, e a criação de assentamentos que afirmem a dignidade humana e encorajem a equidade econômica". Fala-se em restauração da harmonia justamente para estimular o reaproveitamento de técnicas antigas, como o melhor aproveitamento da iluminação e da ventilação natural dentro de uma edificação. (ONU, 1992).

O reaproveitamento de técnicas que visam diminuir a utilização de processos artificiais, tende a diminuir o consumo de energia elétrica. A preocupação nesta diminuição dá-se pelo fato de que devido às mudanças climáticas presenciadas atualmente, ocorrem períodos de escassez de chuvas. Sendo o Brasil dependente principalmente da geração de energia por meio de usinas hidrelétricas, esta escassez força o setor energético a procurar alternativas que possam suprir a demanda. Atualmente, centrais térmicas auxiliam no abastecimento de energia do país, o que não é uma das melhores alternativas, já que estas aumentam drasticamente o custo de produção da energia elétrica e a emissão de CO₂ na atmosfera (CBCS, 2015).

O Brasil possui um enorme potencial para utilização de formas alternativas para geração de energia, entretanto a falta de planejamento a longo prazo é um problema que é presente em todos os setores, o que não é diferente neste. Esta carência em planejamento é vista principalmente no fato de que parte da energia produzida no país é dependente de centrais térmicas desde 2013 e este cenário vem se agravando devido à crise hídrica que recentemente se abateu sobre o Brasil. Esta dependência causou um elevado custo na produção de energia o qual é repassada para os consumidores, que terão de arcar com um custo de produção de cerca de R\$ 100 bi, custo este que poderia ter sido diminuído caso o planejamento houvesse ocorrido na crise energética enfrentada em 2001. Este prejuízo só não foi maior ainda devido à desaceleração da economia causada pela crise política e econômica que se abateu sobre o país no ano de 2015 (CBCS, 2015).

Apesar de se comprometer com os protocolos de diminuição da emissão de poluentes, o cenário brasileiro segue na contramão, visto que o país aumentou sua emissão de CO₂ na produção de energia de 29,2 kg/MWh em 2011 para 135,5 kg/MWh em 2014, quase quintuplicando este valor (MCT, 2015).

Uma edificação consome cerca de 50% da energia produzida pelo país durante sua vida útil, em fase de uso e operação. Se for considerado também a quantidade de energia que este desprende durante sua fase de execução, a quantidade é absurda (CBCS, 2015).

Portanto quando se trata de eficiência energética, é imprescindível o pensamento na área da construção civil, visto que esta é a que maior impacta no setor energético.

2.1.3 Energias renováveis

Devido à necessidade de alternativas ao setor de produção energética, além da constante preocupação com o meio ambiente, cada vez mais vem sendo discutida a implantação de fontes renováveis para que as mesmas gerem eletricidade. As fontes mais comuns atualmente utilizadas são o sol, na geração de energia solar e o vento, na geração de energia eólica. Além dessas, existem diversas fontes que também podem ser utilizadas como as ondas do mar, biomassa e geotérmica (FAPESP, 2007).

A energia solar já é utilizada no Brasil, entretanto a mesma é principalmente utilizada no aquecimento de água para utilização interna na edificação visando a diminuição de consumo de eletricidade e de gás (CEPEL, 2014). Algumas empresas ou até mesmo residências que visam abater parte do seu gasto energético estão começando a investir na instalação de painéis fotovoltaicos para geração de parte da sua energia (COPEL, 2016). Além da solar, em algumas regiões também é utilizada turbinas eólicas para auxílio na demanda energética.

2.1.3.1 Energia Solar

Diariamente o planeta recebe enorme quantidade de energia gratuita e limpa proveniente da radiação solar. O sol, além de fornecer luminosidade e calor, dois itens essenciais para a manutenção da vida na terra, ainda fornece raios poderosos o suficiente para garantir a geração de energia elétrica. Um estudo feito pela EPIA estima que o potencial energético do sol seja em torno de 1800 vezes maior do que a atual demanda energética (EPIA, 2009).

Os raios solares são convertidos em energia elétrica por meio da utilização de células fotovoltaicas que são “formadas por duas camadas de materiais semicondutores, uma positiva e outra negativa. Ao atingir a célula, os fótons da luz excitam os elétrons, gerando eletricidade. Quanto maior a intensidade do sol, maior o fluxo de eletricidade. O material mais comumente utilizado é o silício e por ser o segundo elemento mais abundante da face da terra, não há limites com relação à matéria-prima para produção de células solares. A eletricidade gerada pelas células

está em corrente contínua, que pode ser imediatamente usada ou armazenada em baterias” (IDEAL, S.d.).

Estas células podem ser instaladas nos telhados das residências (Figura 1), ocupando apenas o espaço da cobertura e ainda assim não prejudicando a estética da edificação. Além disso, os painéis fotovoltaicos não necessitam de um dia com céu limpo e grande incidência solar, de acordo com o Instituto IDEAL até mesmo em dias nublados os painéis são capazes de gerar eletricidade, porém em menor escala se comparado a dias de grande incidência solar (IDEAL, S.d.).

Figura 01: Residência com painéis fotovoltaicos instalados em sua cobertura em Florianópolis - SC.



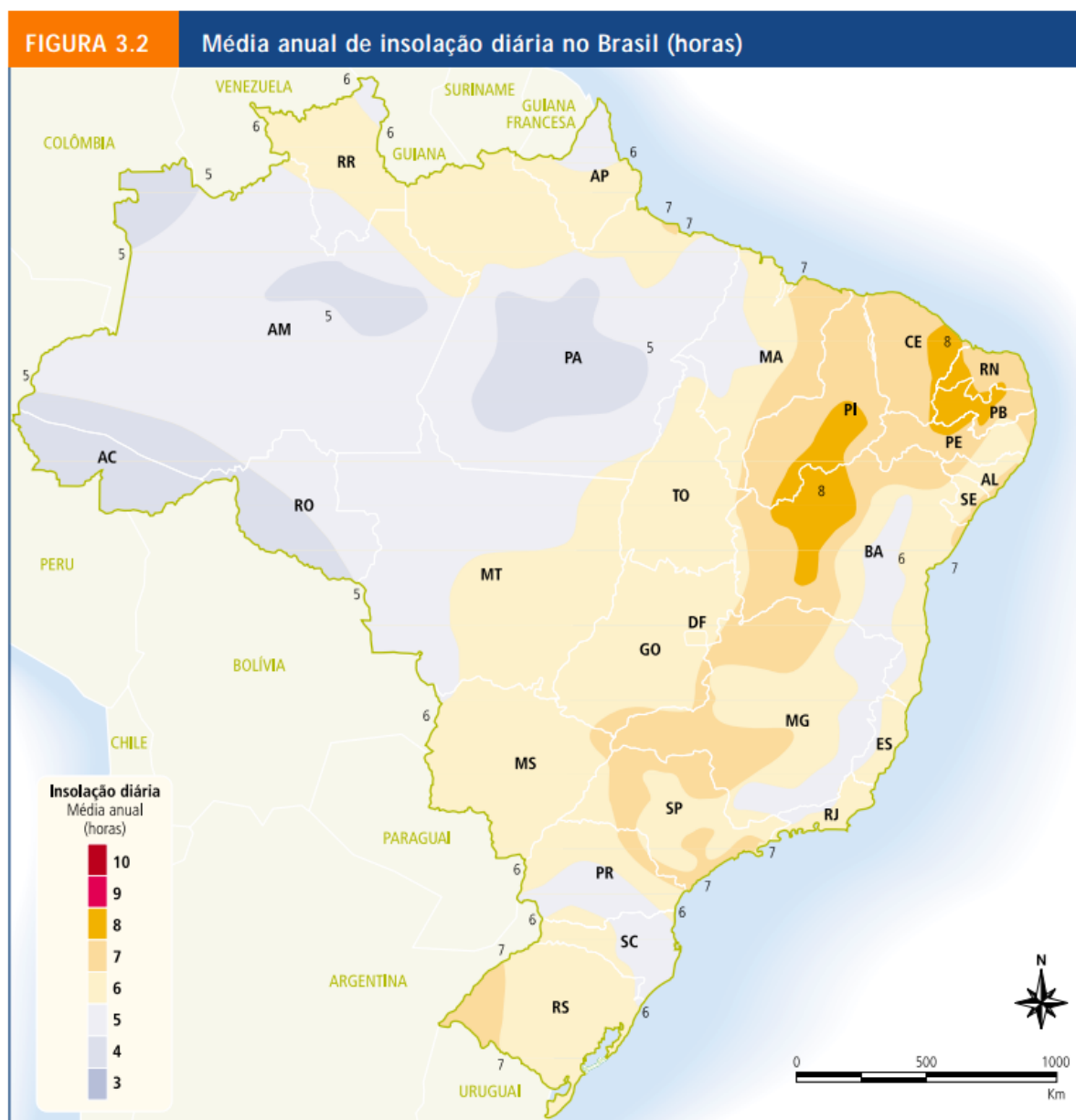
Fonte: UFSC, 2006.

Além da possibilidade de geração de energia elétrica, o sol também fornece grande quantidade de energia térmica, ao qual, como dito anteriormente, já é utilizada no Brasil para o aquecimento de água em residências (FAPESP, 2007).

Por se encontrar em uma região com grande incidência solar do globo, o país possui grande potencial neste método de geração de eletricidade, como é possível observar na Figura 2 abaixo, os raios solares são incidentes em grande parte do dia

em quase todo o país, o que possibilita uma grande quantidade de energia que pode ser produzida e posteriormente consumida (ANEEL, 2003).

Figura 02: Média anual de insolação diária no Brasil (horas).

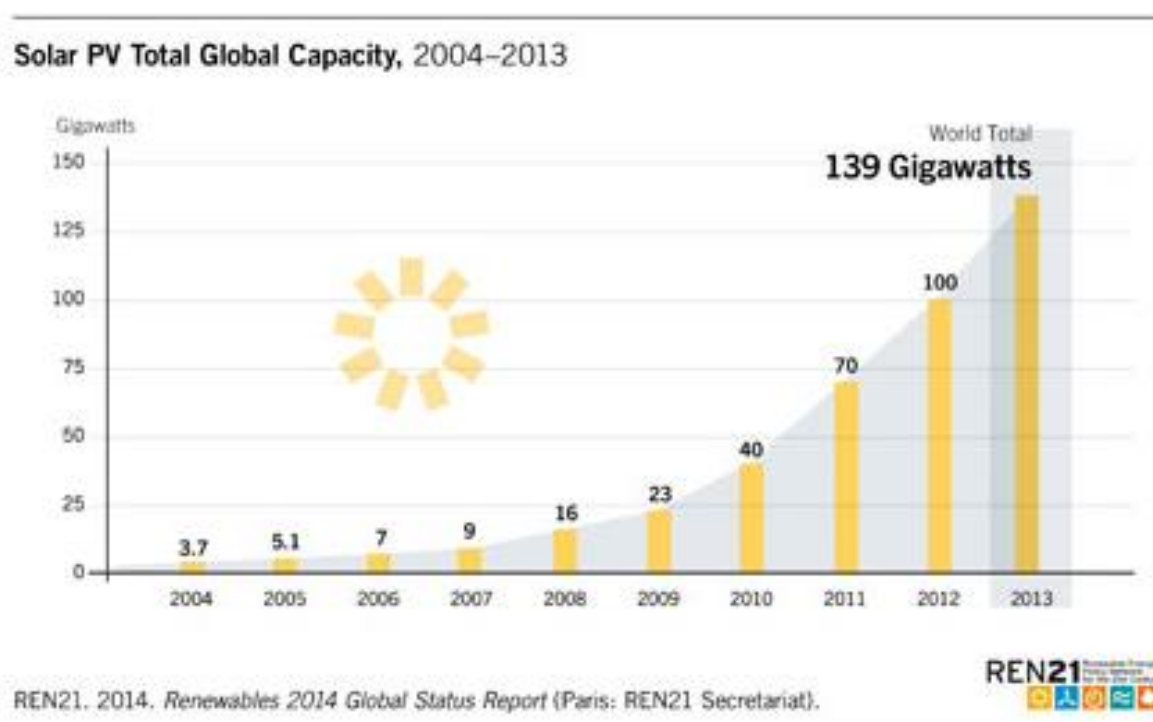


Fonte: Aneel, 2003.

Não apenas o Brasil tem grande potencial, como vários outros países, entretanto, o que falta no país é planejamento no setor de infraestrutura. Diversos outros países do mundo todo estão aderindo à geração de eletricidade por meio de painéis fotovoltaicos. Segundo um estudo realizado pela REN21 em 2014, a capacidade de geração de energia solar apenas em 2013 praticamente duplicou em

relação à 2011 (Figura 3), sendo os principais protagonistas na adoção desta nova modalidade China, Japão e Estados Unidos. Entretanto, países europeus ainda dominam o setor, visto que 4% de sua eletricidade provém da energia solar. Dados mais recentes mostram que a capacidade em 2015 chegou a 229 GW de produção para este tipo de energia, aumentando em quase 165% seu potencial em relação a 2013 (EPIA, 2015).

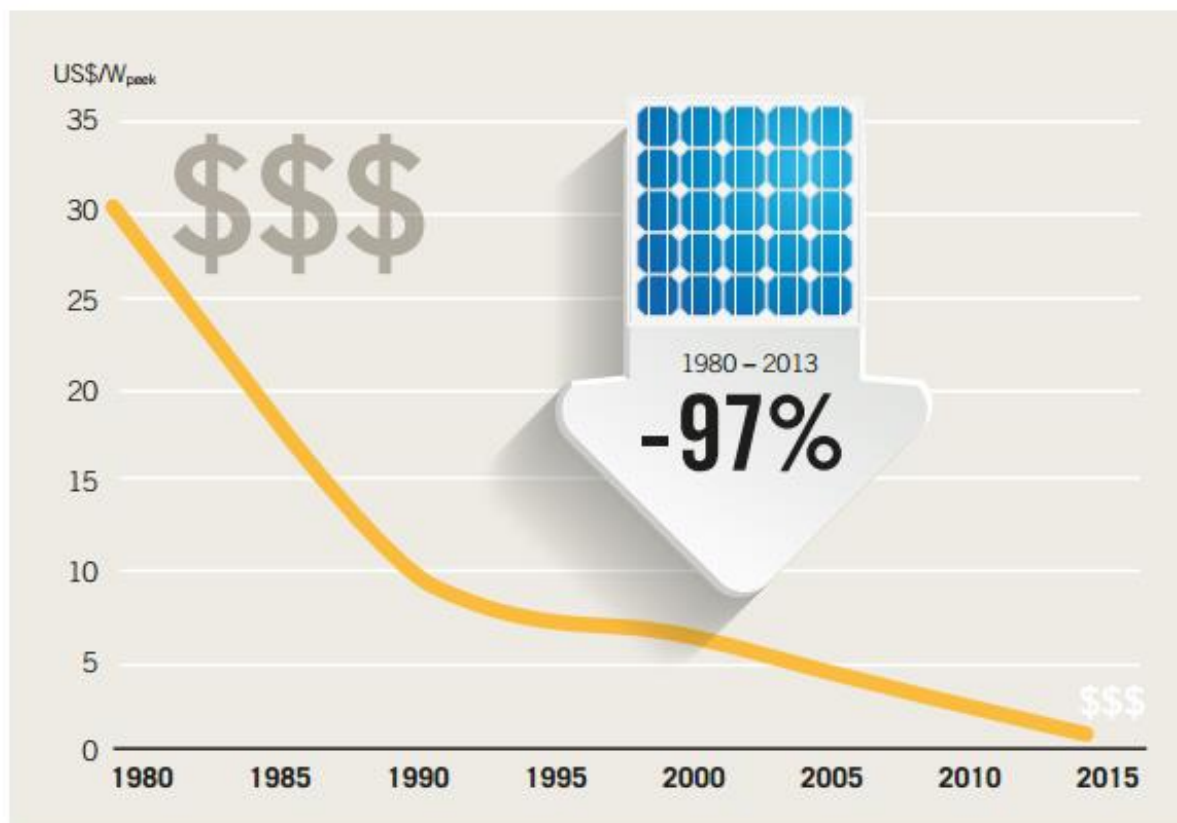
Figura 03: Capacidade global de geração de energia solar.



Fonte: IDEAL, 2014.

Este número ainda tende a aumentar muito, visto que este método está em alta e o custo de produção de cada célula fotovoltaica caiu em torno de 97% se comparado a 1980 (Figura 4), indo de US\$ 30,00 para menos de US\$ 5,00 por Watt produzido, fato que barateou muito o custo final para implantação de painéis solares em todo o mundo (REN21, 2015).

Figura 04: Preço de produção de módulos fotovoltaicos 1980-2013.



Fonte: REN21, 2015.

2.1.3.1.1 Tipos de módulos fotovoltaicos

Existem diversos tipos de módulos fotovoltaicos, cada um com suas determinadas características, materiais, vantagens e desvantagens. Os mais utilizados são os módulos fotovoltaicos de silício cristalino (c-Si), que são divididos em silício monocristalino (m-Si) e silício policristalino (p-Si), estes representam 87,9% do mercado mundial (CEPEL, 2014). O silício é o segundo material mais abundante no planeta, mais de 25% da crosta terrestre é silício, o que torna a produção deste tipo de energia bastante atrativo (RÜTHER, 2004).

A eficiência do módulo não indica, necessariamente, sua qualidade. A escolha de um determinado tipo de módulo deve ser feita analisando tanto sua eficiência como seu custo, sua vida útil e também o seu fabricante. A eficiência do módulo deve ser tida como prioridade apenas em casos em que a área para a

instalação dos mesmos seja um fator determinante (CEPEL, 2014). A tabela abaixo demonstra o fator potência de pico/área (W_p/m^2) de cada tipo de material utilizado na fabricação do módulo.

Tabela 01: Potência de pico/ m^2 gerada por cada tipo de módulo fotovoltaico.

Tecnologia	Potência/área (W_p/m^2)
Si monocristalino - m-Si	150
Si policristalino - p-Si	135
Si amorfo - a-Si	85
Disseleneto de Cobre-Índio (e Gálio) - CI(G)S	100
Telureto de Cádmio - CdTe-	110

Fonte: CEPEL, 2014.

2.1.3.1.1.1 Módulo fotovoltaico de silício monocristalino (m-Si)

Este tipo de módulo é a mais antiga tecnologia fotovoltaica existente (RÜTHER, 2004), é produzido utilizando silício ultrapuro para sua produção. É o mesmo material utilizado na produção de dispositivos eletrônicos e *chips*, o silício eletrônico (Si-gE) apresenta um grau de pureza de 99,9999999% também denominada 9N (nove noves). Pode também ser produzido utilizando silício grau solar (Si-gS), com 99,9999% (6N), este pode apenas ser utilizado para este fim, não podendo ser utilizado pela indústria de eletrônicos, que apresenta um menor custo que o anteriormente citado (CEPEL, 2014).

O processo de produção destas células desprende uma enorme quantidade de energia, por isso seu *energy pay-back*, ou seja, o tempo necessário para o módulo gerar quantidade igual ou superior de energia que foi desprendida em sua produção, é alto, em média de 2 anos. Esta é uma das desvantagens deste tipo de módulo fotovoltaico (RÜTHER, 2004).

Geralmente as células são de cor azul, podendo ser produzidas em outras cores também, entretanto a coloração azul garante uma maior eficiência para o painel, como pode ser conferido na Tabela 02. (CEPEL, 2014)

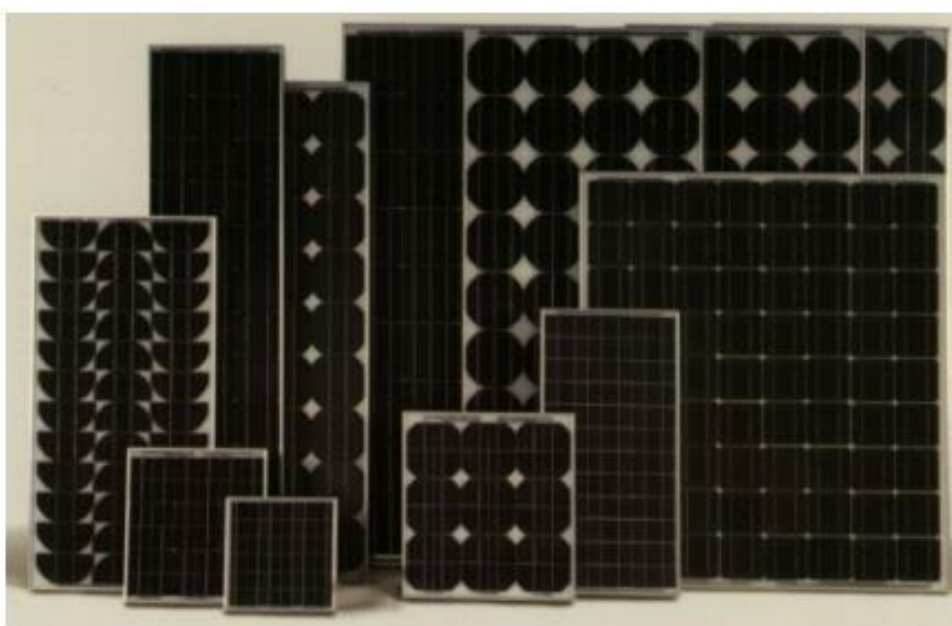
Tabela 02: Eficiência de cada cor em módulos fotovoltaicos.

Cor	Eficiência
azul	13,6%
marrom	12,2%
dourado	11,7%
cinza	12,4%
magenta	11,3%
verde	11,5%
prateada	10,4%

Fonte: CEPEL, 2014.

Abaixo é possível conferir alguns exemplos de placas feitas em silício cristalino (c-Si).

Figura 05: Exemplos de painéis fotovoltaicos produzidos em silício cristalino.



Fonte: RÜTHER, 2004.

2.1.3.1.1.2 Módulo fotovoltaico de silício policristalino (p-Si)

Este tipo de módulo apresenta uma menor eficiência de conversão de energia solar em elétrica, entretanto o mesmo compensa apresentando um menor custo de produção, além de ter um processo mais simplificado e assim tornando sua utilização igualmente atrativa em relação ao m-Si (RÜTHER, 2004).

Apesar de ambos utilizarem o mesmo material (silício ultrapuro), o processo de fabricação dos módulos é diferente, isto que faz o módulo ser mais ou menos eficiente e o que diferencia no preço de cada um. O p-Si tem sido amplamente utilizado no mercado fotovoltaico nos últimos anos, chegando a representar mais de 50% da produção mundial. Este tipo de módulo também pode ser produzido em forma de tiras ou fitas (*ribbon technology*), este tipo de produção dispensa o processo de fatiamento, já que as tiras já são produzidas com a espessura necessária (RÜTHER, 2004).

2.1.3.1.1.3 Módulo fotovoltaico de silício amorfo hidrogenado (a-Si)

É uma tecnologia de módulo em filme fino (película delgada). No início dos anos 80 era visto como a única forma de tecnologia fotovoltaica deste tipo. A utilização deste método teve início nos anos 70 e era inicialmente utilizado para aparelhos de baixo consumo energético como calculadoras e relógios (RÜTHER, 2004).

O processo de produção deste tipo de módulo se dá em baixas temperaturas o que possibilita que estes sejam depositados em materiais como vidro, aço inox e alguns plásticos. Esta propriedade faz com que estes módulos possam ser flexíveis, inquebráveis, leves, semitransparentes ou curvos, dando maior versatilidade aos mesmos (RÜTHER, 2004).

Devido à sua aparência estética, estes módulos têm encontrado diversas aplicações arquitetônicas, substituindo materiais para coberturas tanto em telhados como em fachadas de edificações, incorporando os módulos aos mesmos. Este tipo de aplicação é uma das vantagens deste tipo de módulo, já que o custo por m² deste é menor que a metade do custo do c-Si (RÜTHER, 2004).

Figura 06: Módulos a-Si aplicados sobre substrato de vidro (1), aço inox (2) e plástico (3).



Fonte: RÜTHER, 2004.

Outra vantagem deste tipo de gerador fotovoltaico é o *energy pay-back* que é consideravelmente menor que o do c-Si, sendo de aproximadamente 1 ano, justamente devido ao fato de que o a-Si pode ser aplicado em diversos tipos de substratos. (RÜTHER, 2004).

Outra vantagem deste é que o aumento da temperatura não provoca perda na geração de energia assim como em outros tipos de tecnologia. Esta vantagem é muito atrativa para países que possuem climas quentes, assim como o Brasil. Este módulo tem se mostrado superior em detrimento dos outros em operação no Brasil. (RÜTHER, 2004).

Apesar de todas as vantagens acima citadas, este tipo de gerador produz uma quantidade significativamente menor de energia se comparado aos outros tipos, sendo o que possui a menor eficiência em geração de eletricidade (CEPEL, 2014).

2.1.3.1.1.4 Módulo fotovoltaico de Telureto de cádmio (CdTe)

É o mais recente competidor para os módulos de silício no mercado. Este módulo já é utilizado em calculadoras há mais de uma década, mas a utilização *outdoor* é recente. São geralmente azul ou marrons escuros e são aplicados sobre o vidro, o que o torna mais esteticamente atrativo que os módulos c-Si. Este fato fez com que as empresas que trabalham com este tipo de tecnologia se focassem na

aplicação arquitetônica destes módulos, enquanto buscam melhorar o produto e reduzir seu custo final (RÜTHER, 2004).

Apesar de apresentar um custo mais atrativos que os módulos em silício, este utiliza materiais que são menos abundantes no planeta, além de envolver materiais que apresentam elevado grau de toxicidade, sendo necessário maior cuidado, principalmente se o método for produzido em maior escala (RÜTHER, 2004).

Figura 07: Exemplos de módulos CdTe.



Fonte: RÜTHER, 2004.

2.1.3.1.1.5 Módulo fotovoltaico de Disselento de cobre-índio (e Gálio) – CI(G)S

Este tipo de módulo é esteticamente agradável assim como os a-Si, entretanto o mesmo enfrenta o mesmo problema relacionado aos materiais necessários em sua produção que os módulos CdTe. Além de serem menos abundantes, os materiais são tóxicos, fato que deve ser motivo de preocupação, principalmente se os mesmos forem produzidos em larga escala (RÜTHER, 2004).

Figura 08: Exemplos de módulos CI(G)S.



Fonte: RÜTHER, 2004.

2.1.4 Engenharia econômica

A tomada de decisões entre diversas alternativas é de extrema importância para que haja um melhor aproveitamento e investimento dos recursos financeiros empregados. A escolha é feita considerando uma grande quantidade de fatores tanto econômicos quanto não econômicos (BLANK, L.; TARQUIN, A., 2009).

A engenharia econômica trata de formular, estimar e avaliar as alternativas disponíveis para realizar determinado projeto. Resumidamente é um conjunto de técnicas matemáticas que visam simplificar a comparação econômica (BLANK, L.; TARQUIN, A., 2009).

2.1.4.1 *PAY-BACK*

Pay-back é o tempo necessário para que o fluxo de caixa positivo recupere o fluxo negativo, é geralmente expressado em anos (UFC, S.d.). Ou seja, é um indicador de tempo que demonstra em quanto tempo o dinheiro do investimento retornará para o investidor (ENDEAVOR, S.d.).

CAPÍTULO 3

3.1 METODOLOGIA

3.1.1 Tipo de estudo e local da pesquisa

O estudo focou-se em analisar a viabilidade econômica para a implantação de placas fotovoltaicas visando geração de energia elétrica para abastecimento de um condomínio residencial sustentável na cidade de Cascavel – PR, levando em conta o consumo médio diário da população e a média de energia elétrica que as placas conseguem gerar.

Tratou-se de uma pesquisa do tipo quantitativa, pois foram analisados dados fornecidos pelos fabricantes das placas e comparações do objeto de estudo com edificações que já utilizam o mesmo sistema.

Uma pesquisa quantitativa tende a traduzir em números informações a fim de classificá-las e analisá-las. Requer o uso de técnicas estatísticas como percentagem, média, moda, mediana, desvio-padrão, coeficiente de correlação, análise de regressão, etc. (MINAYO, 2007; LAKATOS *et al*, 1986).

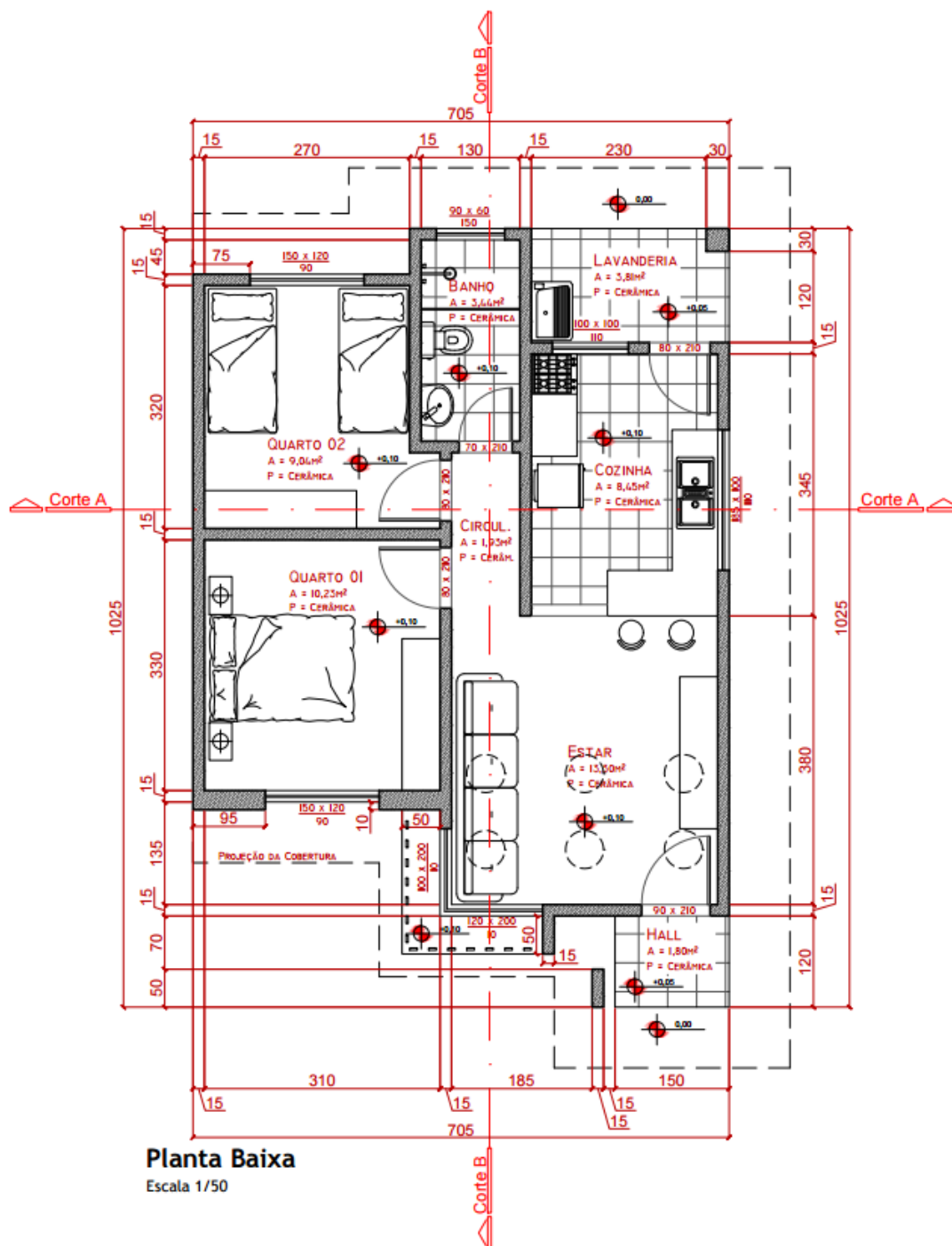
As informações do projeto foram retiradas de um Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no curso de Arquitetura e Urbanismo pela Faculdade Assis Gurgacz no ano de 2012 pela arquiteta Josiane Parodes. Referente às placas fotovoltaicas as informações foram cedidas por manuais dos fabricantes das mesmas.

3.1.2 Caracterização da amostra

O estudo de caso desta pesquisa foi realizado em um projeto de um condomínio residencial que utiliza técnicas sustentáveis proposto por Parodes (2012).

O projeto possui 30 residências populares, cada uma em um terreno de 210 m², e 60,89 m² de área construída. Cada unidade residencial conta com 2 quartos, sala de estar, cozinha, lavanderia e 1 banheiro, como pode ser visto na Figura 09.

Figura 09: Planta baixa de uma unidade residencial do condomínio



Fonte: Parodes, 2012.

Além das residências, o projeto do condomínio apresenta na sua implantação áreas de convivência, horta comunitária, campo de futebol e quadras poliesportivas, conforme ilustrado na Figura 10.

Figura 10: Maquete eletrônica do condomínio.



Fonte: Parodes, 2012.

3.1.3 Coleta de dados

Para o dimensionamento do sistema fotovoltaico e levantamento do consumo de energia elétrica, considerou-se uma ocupação de 04 pessoas por residência, totalizando 120 habitantes no condomínio.

Para a verificação de consumo médio de energia elétrica e o custo, realizou-se a simulação através do *software* da companhia responsável pela distribuição de energia elétrica no estado COPEL (Companhia Paranaense de Energia), onde foram inseridos equipamentos básicos presentes em uma residência, como exaustor, geladeira, micro-ondas, computadores, televisores, chuveiro, máquinas de lavar, além das lâmpadas para iluminação e ventiladores para climatização.

Para o dimensionamento do sistema fotovoltaico, utilizou-se o *site* da empresa Portal Solar, que disponibiliza gratuitamente uma calculadora para o

dimensionamento do sistema fotovoltaico que irá abastecer a residência, onde foram considerados a latitude da cidade ao qual o sistema será implantado, assim obtendo uma média da incidência de radiação solar na mesma e o consumo médio da residência obtido através da simulação acima citada. Para obtenção dos custos do sistema e instalação, foram realizados orçamentos em 3 empresas.

3.1.4 Análise dos dados

Após obter-se todas as informações com a coleta de dados, foi realizada a análise dos dados, onde apresentou-se o consumo de energia elétrica e comparou-se com os custos para instalação do sistema fotovoltaico, que foi dimensionado de acordo com a necessidade de produção de energia.

Quanto ao *pay-back* do sistema fotovoltaico utilizou-se como base o valor médio de instalação, com base nos 03 (três) orçamentos, e comparou-se com os custos médios mensais de energia elétrica, determinando assim o tempo para o pagamento da instalação e qual o período em que o investimento apresentará retorno ao investidor.

CAPÍTULO 4

4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados e discussões serão apresentados de acordo com as etapas de levantamento de dados. A primeira análise foi a simulação do consumo de energia elétrica, o que possibilitou determinar o consumo médio de energia para o dimensionamento do sistema fotovoltaico.

4.1.1 Simulação de consumo

A primeira etapa na coleta de dados foi a análise do projeto e realização de simulação de consumo médio mensal de energia elétrica por residência. Para tal simulação foi utilizado o *software* disponibilizado gratuitamente pela COPEL (Figura 11).

A simulação é de fácil operação, onde é alimentada com informações sobre o imóvel, os ambientes e aparelhos que são utilizados, sendo que os valores médios de consumo e utilização diária são obtidas diretamente no banco de dados do próprio *site*, sendo possível a alteração destes valores. Após preenchido os itens, o sistema calcula o consumo mensal em kW/h (quilo Watt por hora) e o valor a ser pago.

Figura 11: Simulador de consumo de energia elétrica COPEL.

COPEL Simulador de consumo de energia elétrica

1 Adicione um cômodo para iniciar a simulação do consumo. 2 Escolha o tipo de cômodo, selecione os aparelhos e defina suas características e tempo de uso. 3 Acompanhe o resultado da simulação através dos índices localizados na lateral e no final da página.

Ajuda Download

Simule agora
o consumo de energia de sua residência

INICIAR

+ Adicionar cômodo

Resultado da Simulação
Soma total dos valores dos aparelhos elétricos adicionados em cada cômodo

Imprimir minha lista

Consumo aproximado da conta de luz: **0,00 kWh**

Valor aproximado: **R\$ 0,00**

* Não esqueça de verificar a configuração de sua impressora.
** O resultado apresentado é apenas uma estimativa, podendo haver diferença em relação ao seu consumo real, devido às características específicas de cada equipamento.

Fonte: COPEL, 2016.

Os itens utilizados para alimentação do simulador, e seus respectivos cômodos foram inseridos de acordo com uma perspectiva de uso dos equipamentos, devido ao padrão da residência analisada, os equipamentos inseridos na simulação são considerados básicos em uma residência, sendo:

- Cozinha: Exaustor, geladeira, lâmpada fluorescente e microondas;
- Quarto 01: Computador, lâmpada fluorescente, televisor, ventilador;
- Quarto 02: Computador, lâmpada fluorescente, ventilador;
- Banheiro: Chuveiro, lâmpada fluorescente;
- Sala: Lâmpada fluorescente, televisor, decodificador de TV, ventilador, telefone sem fio;
- Lavanderia: Ferro elétrico, lâmpada fluorescente, máquina de lavar;
- Garagem: lâmpada fluorescente.

O resultado da simulação pode ser observado na Figura 12 (ampliado no Anexo I), onde previu-se a utilização dos equipamentos o que determinou um consumo aproximado de eletricidade de 369,45 kWh, considerando o custo R\$ 0,64 o kWh, valor praticado pela COPEL, onde neste valor já se encontra os 29% referentes à alíquota do ICMS.

Figura 12: Consumo médio simulado através do *software* da COPEL.



Simulador de Consumo

*Verificar os valores no site

Cozinha

Item:	Unidades:	Potência em Watts:	Tempo de uso:	Período:	kWh por mês:	Custo por mês (R\$):
Exaustor	1	170	240	Minutos/Dia	20,40	R\$ 13,17
Geladeira	1	130	1440	Minutos/Dia	93,60	R\$ 60,41
Lâmpada Fluorescente	1	9	300	Minutos/Dia	1,35	R\$ 0,87
Microondas	1	1200	20	Minutos/Dia	12,00	R\$ 7,75
TOTAL:					127,35	R\$ 82,20

Quarto

Item:	Unidades:	Potência em Watts:	Tempo de uso:	Período:	kWh por mês:	Custo por mês (R\$):
Computador	1	300	180	Minutos/Dia	27,00	R\$ 17,43
Lâmpada Fluorescente	1	9	300	Minutos/Dia	1,35	R\$ 0,87
Televisor	1	100	110	Minutos/Dia	5,50	R\$ 3,55
Ventilador	1	120	480	Minutos/Dia	28,80	R\$ 18,59
TOTAL:					62,65	R\$ 40,44

Quarto

Item:	Unidades:	Potência em Watts:	Tempo de uso:	Período:	kWh por mês:	Custo por mês (R\$):
Computador	1	300	180	Minutos/Dia	27,00	R\$ 17,43
Lâmpada Fluorescente	1	9	300	Minutos/Dia	1,35	R\$ 0,87
Ventilador	1	120	480	Minutos/Dia	28,80	R\$ 18,59
TOTAL:					57,15	R\$ 36,89

Banheiro

Item:	Unidades:	Potência em Watts:	Tempo de uso:	Período:	kWh por mês:	Custo por mês (R\$):
Chuveiro	1	3500	10	Minutos/Dia	17,50	R\$ 11,30
Lâmpada Fluorescente	1	9	300	Minutos/Dia	1,35	R\$ 0,87
TOTAL:					18,85	R\$ 12,17

Sala

Item:	Unidades:	Potência em Watts:	Tempo de uso:	Período:	kWh por mês:	Custo por mês (R\$):
Lâmpada Fluorescente	1	9	300	Minutos/Dia	1,35	R\$ 0,87
Televisor	1	100	110	Minutos/Dia	5,50	R\$ 3,55
TV a cabo	1	80	540	Minutos/Dia	21,60	R\$ 13,94
Ventilador	1	120	480	Minutos/Dia	28,80	R\$ 18,59
Telefone sem fio	1	100	60	Minutos/Dia	3,00	R\$ 1,94
TOTAL:					60,25	R\$ 38,89

Lavanderia

Item:	Unidades:	Potência em Watts:	Tempo de uso:	Período:	kWh por mês:	Custo por mês (R\$):
Ferro Elétrico	1	1000	60	Minutos/Dia	30,00	R\$ 19,36
Lâmpada Fluorescente	1	9	300	Minutos/Dia	1,35	R\$ 0,87
Máquina de lavar	1	350	60	Minutos/Dia	10,50	R\$ 6,78
TOTAL:					41,85	R\$ 27,01

Garagem

Item:	Unidades:	Potência em Watts:	Tempo de uso:	Período:	kWh por mês:	Custo por mês (R\$):
Lâmpada Fluorescente	1	9	300	Minutos/Dia	1,35	R\$ 0,87
TOTAL:					1,35	R\$ 0,87

Resultado da Simulação - tarifa com data de: 24/06/2016

Soma total dos aparelhos elétricos adicionados em cada cômodo

Consumo aproximado da conta de luz: Valor aproximado:

369,45 kWh

R\$ 238,47

Fonte: COPEL, 2016.

4.1.2 Dimensionamento do sistema

Atualmente existem dois tipos de sistemas fotovoltaicos, são estes os sistemas *Grid-Tie*, o qual o mesmo é conectado na rede de energia da concessionária local utilizando-a como “bateria” para posterior consumo da energia captada e o sistema *Off-Grid*, funciona quando a energia coletada é armazenada em baterias estacionárias para posterior utilização, recomendado apenas para casos isolados onde não há rede de distribuição de energia acessível devido ao seu alto custo de operação e implantação, já que estas baterias estacionárias apresentam um custo elevado e o

sistema *Grid-Tie* não necessita das mesmas. Com a média de consumo de energia obtido no simulador foi possível realizar o dimensionamento do sistema fotovoltaico necessário para atender a demanda. Através do *site* da empresa Portal Solar foi possível realizar o dimensionamento do sistema fotovoltaico do tipo *Grid-Tie* (Figura 14).

Figura 13: Esquema representando os sistemas *Grid-Tie* e *Off-Grid*.



Fonte: Neosolar Energia, 2016.

Devido ao objeto de estudo ser localizado em Cascavel – PR, local onde existe a instalação da rede de energia elétrica, o sistema utilizado para cálculo foi o sistema *Grid-Tie*. Este sistema pode produzir apenas uma porcentagem da energia consumida ou totalmente. Para análise deste trabalho foi dimensionado um sistema que supre toda a demanda da residência.

Como possível observar na Figura 14, o *site* o qual foi utilizado para o dimensionamento do sistema, fornece ampla informação sobre o mesmo, descrevendo o tamanho do sistema baseado no consumo de energia elétrica da residência, a área ocupada pelo sistema, baseado em sua dimensão e ainda a média de produção de energia mensal baseado na latitude da cidade, assim obtendo a quantidade média de radiação solar que a região recebe sazonalmente, onde o

sistema será implantado. Este valor é estimado considerando uma instalação dos módulos fotovoltaicos em área sobre telhado com inclinação de 24° a 0° de azimute.

Figura 14: Calculadora *Grid-Tie*.

Para atender a sua demanda de eletricidade, o seu sistema gerador de energia solar fotovoltaica precisa ter uma potência de:	3,01	kWp. (ou potência instalada)
O preço médio de um gerador fotovoltaico deste tamanho varia no mercado de:	R\$ 22.575,00	até R\$ 30.100,00
Quantidade de placas fotovoltaicas:	12	de 250 Watts
Produção anual de energia	4440	kWh/ano aproximadamente
Área mínima ocupada pelo sistema:	24,05	metros quadrados aprox.
Peso médio por metro quadrado:	15	kilograma / metro quadrado
Geração mensal de energia:	370	kWh/mes aproximadamente

Fonte: Portal Solar, 2016.

De acordo com este cálculo é possível observar o tamanho do sistema obtido de 3,01 kWp, para pedido de orçamentos nas empresas a potência considerada foi de 3,12 kWp, valor comercial devido à potência das placas fotovoltaicas, onde na figura é apresentada a necessidade 12 placas de potência de 250 Wp, entretanto foram utilizadas placas de 260 Wp, valor a qual é encontrada no mercado. Além das placas, o sistema necessita de inversor, quadro elétrico e materiais para ligação elétrica e fixação das placas.

O valor em reais do sistema ficou na faixa de R\$ 22.575,00 (vinte e dois mil, quinhentos e setenta e cinco reais) até R\$ 30.100,00 (trinta mil e cem reais), produzindo um valor estimado de 370 kWh por mês e um total de 4440 kWh/ano, atendendo assim a demanda simulada.

A área ocupada devido à quantidade de placas fornecida é de aproximadamente 24 m², dando um peso total do sistema baseado em sua densidade de 180 kg.

O tamanho do sistema foi obtido levando-se em conta o conceito Net 0¹, como pode ser observado no gráfico a seguir, onde a produção de energia em meses com

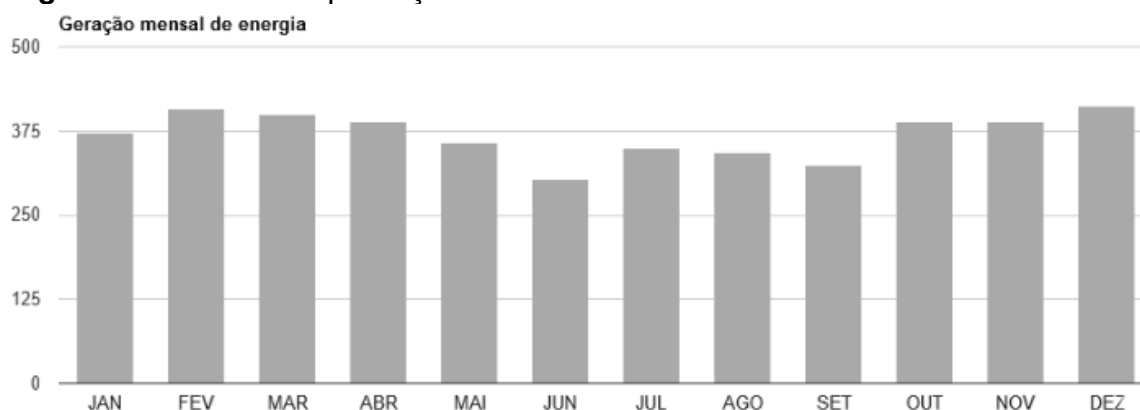
¹ Segundo Guido Petinelli (2016), o conceito Net 0, ou *net zero site energy*, são edifícios que são energeticamente autônomos e produzem toda a energia que consome utilizando técnicas sustentáveis.

menor incidência de radiação solar é compensada em meses com maior incidência, balanceando assim o sistema.

Este sistema retorna a energia produzida em excesso para a rede de distribuição e só a utiliza quando a produção não supre a demanda, balanceando assim o sistema e produzindo a energia consumida na residência em 100%.

Como é possível visualizar no gráfico da Figura 15, os meses que correspondem ao verão e primavera, Janeiro, Fevereiro, Março, Abril, Outubro, Novembro e Dezembro, ou seja, meses que apresentam maior incidência de radiação solar no ano, apresentam a maior produção de energia. Isto ocorre devido, além da maior exposição solar durante o dia, o sol incide na atmosfera terrestre com menor ângulo de inclinação comparado ao inverno, incidindo mais diretamente sobre as placas e facilitando a captação da radiação e posterior transformação em eletricidade, aumentando assim sua produção.

Figura 15: Gráfico de produção do sistema fotovoltaico



Fonte: Portal Solar, 2016.

Nos meses de inverno e outono, principalmente em Junho e Setembro, apesar de não atender a demanda vista na simulação de consumo anteriormente, o sistema utiliza a energia que foi produzida em excesso e “armazenada” na rede de energia local.

4.1.3 Levantamento dos custos sistema fotovoltaico

Através da aplicação do cálculo do sistema *Grid-Tie*, foi possível determinar uma dimensão do sistema fotovoltaico a ser instalado de 3,01 kWp (valor de cálculo) ou 3,12 kWp (valor comercial devido à potência das placas), o qual possibilitou o dimensionamento da quantidade de placas para suprir o sistema.

De acordo com o cálculo realizado, devem ser utilizadas 12 placas fotovoltaicas do tipo silício policristalino (p-Si) de 260 Wp (valor usual para comercialização) para suprir a demanda. Além das placas, para completa instalação e funcionamento do sistema gerador, essencialmente são necessários 1 (um) inversor de 2.000 W, e 1 (um) quadro elétrico. Além destes, são imprescindíveis cabos de ligação, conectores e suportes para fixação dos componentes do sistema.

Como abordado na revisão bibliográfica, existem outras opções de placas fotovoltaicas no mercado, entretanto, as mesmas são de difícil compra no Brasil, sendo encontradas apenas importadas ou vindas de regiões distantes da qual o sistema será implantado. Isto faz com que as mesmas apresentem um custo mais elevado comparado às placas de silício policristalino (p-Si), mais facilmente encontradas para comercialização. Por este motivo este tipo de placa fotovoltaica se torna a melhor escolha para utilização no sistema devido ao seu custo reduzido.

Os itens supracitados foram cotados e de acordo com o orçamento da Empresa 01, o custo total estimado incluindo mão de obra para instalação foi de R\$ 28.813,00 (Vinte e oito mil, oitocentos e treze reais) como pode ser conferido na Figura 16.

Figura 16: Orçamento do sistema fotovoltaico pela Empresa 01.Produto: **SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO**MODELO: **SOLAR SE**POTÊNCIA: **3,12 kWp.**GERAÇÃO DE ENERGIA ANO: **4.986 kWh/Ano**

Local de Instalação	Módulos Fotovoltaicos (unid)	Peso (Kg)	Área de ocupação (m²)	Geração Estimada (kWh/mês)
Telhado	12	264	24	415 kWh/mês

VALORES DA SOLUÇÃO COMPLETA	
Sistema Fotovoltaico Completo	R\$ 28.313,00
Taxa de deslocamento e hospedagem da equipe técnica	Incluso

Fonte: Autor, 2016.

Considerando os mesmos itens e a instalação, o orçamento realizado na Empresa 02 totalizou R\$ 28.639,55 (Vinte e oito mil, seiscentos e trinta e nove reais e cinquenta e cinco centavos), conforme ilustrado na Figura 17 (Anexo III).

Figura 17: Orçamento do sistema fotovoltaico pela Empresa 02.

ORÇAMENTO DE VENDA		
São Paulo, 21/Aug/2016		
DADOS DO CLIENTE		
Nome:		
Cidade:		Telefone:
Email:		
ITEM	DESCRIÇÃO	VALOR TOTAL
1	Gerador de Energia Solar 3,12 kWp - 12 painéis - até 440kWh/mês ¹	R\$ 28.639,55

¹ ITENS INCLUSOS NESTA PROPOSTA:

15x Cabo solar Prysmian Afumex 4mm² Preto 1kV
 3x Jogo de conexão para perfis Thesan Universal Medium
 PAINEL: 12x Pannel Solar Fotovoltaico 260Wp - Canadian CSI CS6P-260P - BR
 INVERSOR: 1x Inversor Fronius Galvo 2.0-1 (2.000W)
 1x Quadro Elétrico Fotovoltaico (Stringbox), 2 string IP65 25A 1000V
 2x Conector MC4 (par)
 15x Cabo solar Prysmian Afumex 4mm² Vermelho 1kV
 4x Kit de montagem Thesan para telhado metálico e fibrocimento inclinado - 4 painéis fotovoltaicos
 - Suporte para Fixação
 - Material de Instalação
 - Mão de Obra de Instalação
 - Projeto e Regularização
 - Sistema de Monitoramento de Dados

Fonte: Autor, 2016.

Na Empresa 03, o qual pode ser conferido na Figura 18 (Anexo IV), o custo total de aquisição e instalação do sistema, incluindo todos os itens especificados na figura abaixo foi de R\$ 29.225,82 (vinte e nove mil, duzentos e vinte e cinco reais e oitenta e dois centavos).

Figura 18: Orçamento do sistema fotovoltaico pela Empresa 03.

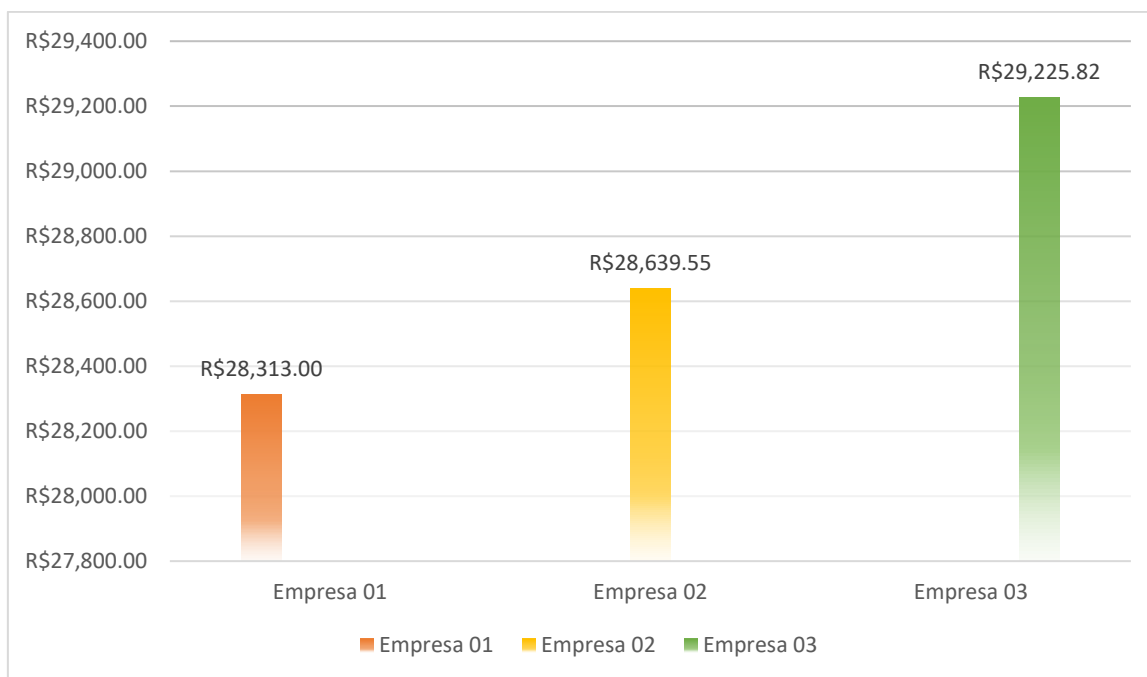
ITEM	DESCRIÇÃO	PREÇOS
MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	Inclui 12 (doze) módulos fotovoltaicos ref/marca Canadian Solar 260 Wp (peso aproximado 14,3 kg/m ²) e 01 inversor(es) de frequência marca/modelo FRONIUS GALVO 2.0	29.225,82
	Inclui kit de fixação em alumínio (trilhos).	
	Inclui cabos solares, Quadros de proteção CC/CA, miscelâneas e demais materiais necessários para a perfeita instalação do sistema.	
SERVIÇOS TÉCNICOS	Inclui mão de obra para a perfeita instalação e funcionamento do Sistema.	
	Inclui elaboração dos projetos necessários à instalação e conexão do sistema a rede da Concessionária Local.	
	Inclui aprovação dos projetos junto a Concessionária Local.	
TOTAL	Vinte e nove mil duzentos e vinte e cinco reais e oitenta e dois centavos.	

Inclusos de todos os impostos

Fonte: Autor, 2016.

Na Figura 19, o gráfico possibilita uma comparação dos custos de instalação fornecidos pelas 3 empresas, onde verifica-se que a Empresa 01 apresenta o melhor custo em relação às demais, sendo a melhor opção para a contratação do serviço e o objeto de análise para o *pay-back* desta pesquisa. Já a Empresa 03 apresenta o maior custo entre às empresas analisadas.

Figura 19: Gráfico comparativo dos custos fornecidos pelas 3 empresas.



Fonte: Autor, 2016.

4.1.4 Análise de viabilidade econômica e do *Pay-back*

Com a simulação realizado no site da COPEL, verificou-se que o consumo médio mensal foi de 369,45 kWh, a um custo mensal de R\$ 238,47 (duzentos e trinta e oito reais e quarenta e sete centavos), considerando o período de um ano (12 meses) o custo total a ser pago à concessionária de energia totaliza R\$ 2.861,64.

Os custos de instalação apresentados anteriormente apresentaram a alternativa mais economicamente viável sendo a Empresa 01 no valor de R\$ 28.313,00 (vinte e oito mil, trezentos e treze reais). Este custo inclui todos os equipamentos descritos anteriormente para o correto funcionamento do sistema, além da mão de obra para instalação e hospedagem e deslocamento da equipe instaladora.

Abaixo na Tabela 03 é possível conferir em quanto tempo o retorno do investimento é possível e como o investimento é gradativamente amortizado mensalmente devido à economia resultada da não necessidade de pagamento do consumo de energia à concessionária.

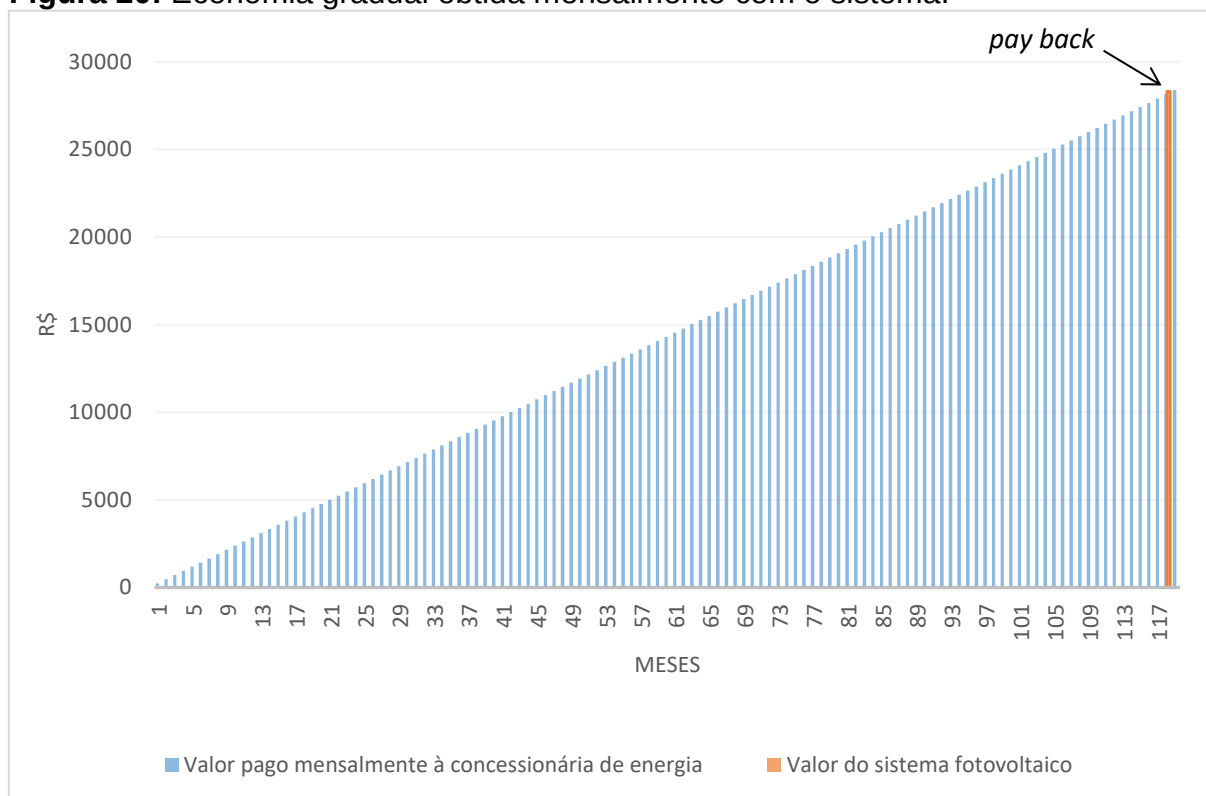
Tabela 03: Amortização mensal do investimento.

Mês	R\$	Mês	R\$	Mês	R\$	Mês	R\$
1	28074.53	31	20920.43	61	13766.33	91	6612.23
2	27836.06	32	20681.96	62	13527.86	92	6373.76
3	27597.59	33	20443.49	63	13289.39	93	6135.29
4	27359.12	34	20205.02	64	13050.92	94	5896.82
5	27120.65	35	19966.55	65	12812.45	95	5658.35
6	26882.18	36	19728.08	66	12573.98	96	5419.88
7	26643.71	37	19489.61	67	12335.51	97	5181.41
8	26405.24	38	19251.14	68	12097.04	98	4942.94
9	26166.77	39	19012.67	69	11858.57	99	4704.47
10	25928.30	40	18774.20	70	11620.10	100	4466.00
11	25689.83	41	18535.73	71	11381.63	101	4227.53
12	25451.36	42	18297.26	72	11143.16	102	3989.06
13	25212.89	43	18058.79	73	10904.69	103	3750.59
14	24974.42	44	17820.32	74	10666.22	104	3512.12
15	24735.95	45	17581.85	75	10427.75	105	3273.65
16	24497.48	46	17343.38	76	10189.28	106	3035.18
17	24259.01	47	17104.91	77	9950.81	107	2796.71
18	24020.54	48	16866.44	78	9712.34	108	2558.24
19	23782.07	49	16627.97	79	9473.87	109	2319.77
20	23543.60	50	16389.50	80	9235.40	110	2081.30
21	23305.13	51	16151.03	81	8996.93	111	1842.83
22	23066.66	52	15912.56	82	8758.46	112	1604.36
23	22828.19	53	15674.09	83	8519.99	113	1365.89
24	22589.72	54	15435.62	84	8281.52	114	1127.42
25	22351.25	55	15197.15	85	8043.05	115	888.95
26	22112.78	56	14958.68	86	7804.58	116	650.48
27	21874.31	57	14720.21	87	7566.11	117	412.01
28	21635.84	58	14481.74	88	7327.64	118	173.54
29	21397.37	59	14243.27	89	7089.17	119	-64.93
30	21158.90	60	14004.80	90	6850.70	120	-303.40

Fonte: Autor, 2016.

Com base nestes valores, o retorno do investimento (*pay-back*) realizado se dará no período de 118 meses e 22 dias, ou seja, 9 anos, 10 meses e 22 dias após a instalação do sistema. Também é possível visualizar a economia gradual obtida mensalmente com o sistema na Figura 20.

Figura 20: Economia gradual obtida mensalmente com o sistema.



Fonte: Autor, 2016.

Segundo a empresa SolarVolt a vida útil do sistema fotovoltaico ligado à rede de transmissão energética convencional é, em média, de 30 a 40 anos, considerando o sistema como um todo, sendo considerado por estudos que as placas fotovoltaicas garantem 90% de sua eficiência até o 12º ano e até 80% de eficiência no 25º ano. Isto faz com que, no período em que o investimento está sendo retornado ao investidor, os painéis ainda funcionam com 90% ou ainda mais de sua eficiência original, tornando o sistema viável e funcional durante o tempo de *pay-back* e ainda após o atingimento deste devido à longa vida útil dos mesmos.

CAPÍTULO 5

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo desenvolvido neste trabalho foi realizado para demonstrar a viabilidade econômica e a futura economia obtida na utilização residencial de sistemas renováveis de produção de energia, tornando assim a residência energeticamente autossustentável e independente da eletricidade fornecida pela concessionária.

Existem diversos sistemas fotovoltaicos disponíveis no mercado, neste objeto de estudo o utilizado foi um sistema em *Grid-Tie*, conectado à rede de energia elétrica convencional, com placas de silício policristalino (p-Si) devido ao menor custo deste tipo de sistema comparado aos outros existentes.

O sistema em *Off-Tie* é inviável economicamente devido à necessidade de utilização de baterias estacionárias, dispensáveis no sistema utilizado como objeto de estudo, que apresentam um custo elevado, o que aumenta o custo final do sistema comparado ao analisado e o torna inviável.

Além desta diferença, os diversos tipos de placas fotovoltaicas disponíveis atualmente não são facilmente encontrados no Brasil, a dificuldade de encontrá-los no mercado nacional faz-se necessário com que estas sejam importadas de fora do país ou trazidas de regiões distantes, deixando as mesmas mais caras comparadas às placas de silício policristalino (p-Si) devido ao seu custo de transporte.

O sistema dimensionado que ofereceu melhor custo neste trabalho apresentou um valor de R\$ 28.313,00 (vinte e oito mil, trezentos e treze reais) e quando comparado ao gasto mensal com energia elétrica estimada para residência em projeto de R\$ 238,47 (duzentos e trinta e oito reais e quarenta e sete centavos) nos proporciona um *pay-back*, ou seja, tempo necessário para que o investimento realizado no sistema seja pago pela economia obtida com produção própria de energia elétrica, é de aproximadamente 119 meses, ou 9 anos e 11 meses.

Com a vida útil do sistema estimada em mais de 25 anos, podendo chegar até a 40 anos, pôde-se observar que o mesmo é viável em sua instalação, pagando-se em menos de 10 anos e ainda obtendo, em média, mais de 15 anos de produção

própria de eletricidade e praticamente independência da concessionária de energia da região (COPEL).

Portanto, para este projeto e com consumo estimado através de simulação, pode-se constatar a viabilidade econômica do sistema. O mesmo encontra-se cada vez mais popular e com o avanço da tecnologia e popularização deste, o preço de cada componente que o compõe tende a cair e baratear ainda mais valor final do sistema, podendo torná-lo cada vez mais viável e proporcionar uma maior economia do que a relatada neste trabalho.

Utilizando esta pesquisa é possível ver que a produção de energia sustentável não é mais algo tão longe da realidade e absurdamente caro como era alguns anos atrás. É possível ver, que como engenheiro, é possível oferecer a clientes a opção de instalação de sistemas geradores, demonstrando que, além de ajudar na preservação ambiental, este apresenta viabilidade econômica e futura economia referente ao pagamento de energia elétrica para concessionária local.

CAPÍTULO 6

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão para continuidade desta pesquisa, sugere-se a utilização de uma nova simulação de consumo, adicionando equipamentos, como aparelhos condicionadores de ar, e assim um novo estudo de dimensionamento do sistema e posterior análise econômica do mesmo.

Também há a possibilidade de analisar a utilização de outro tipo de sistema de energia renovável, como a eólica e assim também analisar a viabilidade de sua implantação para o mesmo projeto de residência utilizado como material de estudo neste trabalho.

Além dos supracitados também pode ser feita uma pesquisa e levantamento de custo para o mesmo projeto e simulação, porém utilizando outra tecnologia de placa fotovoltaica que não seja a de silício policristalino (p-Si), analisando o custo final do sistema, podendo comparar com os resultados aqui expostos ou analisar um estudo de viabilidade econômica para a utilização do sistema fotovoltaico com uma tecnologia diferente da aqui abordada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMÉRICA DO SOL. **No Mundo**. 2014. Disponível em:

<<http://americadosol.org/mercado-mundial/>>. Acesso em: 17 de maio 2016.

ANEEL. **ANEEL amplia possibilidades para micro e minigeração distribuída**.

Disponível em:

<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=8955&id_area=90>. Acesso em: 17 maio 2016.

ANEEL, **Energia Solar**. Disponível em:

<[http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar(3).pdf)>. Acesso em: 17 de maio de 2016.

BLANK, Leland; TARQUIN, Anthony. **Engenharia Econômica**. São Paulo: AMGH Editora Ltda., 2011. Disponível em: <<http://zip.net/bktv8T>>. Acesso em: 03 jun. 2016.

CBCS. **Desenvolvimento de benchmarks nacionais de consumo energético de edificações em operação**. São Paulo: CBCS, 2014. Disponível em:

<<http://zip.net/brtv7B>>. Acesso em: 17 maio 2016.

CBCS. **Eficiência energética no ambiente construído**. São Paulo: CBCS, 2015.

Disponível em: < <http://zip.net/bdtwBV> >. Acesso em: 17 de maio de 2016.

CEPEL. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro:

CEPEL, 2014. Disponível em: <<http://zip.net/bysK7f> >. Acesso em: 17 maio 2016.

COPEL, **Micro e Minigeração – Sistema de Compensação de Energia Elétrica**.

Disponível em:

<<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2Fdocs%2FB57635122BA32D4B03257B630044F656>>. Acesso em: 30 de maio de 2016.

COPEL, **Simulador**. Disponível em: <<https://www.copel.com/hpcopel/simulador/>>. Acesso em: 05 de agosto de 2016.

ENDEAVOR, **Payback, ou melhor: quando você terá seu dinheiro de volta**. Disponível em: <<https://endeavor.org.br/payback/>>. Acesso em: 22 de maio de 2016.

EPE, **Consumo mensal de energia elétrica por classe (regiões e subsistemas) – 2004-2015**. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/mercado/Paginas/Consumomensaldeenergiael%C3%A9trica porclasse\(regi%C3%B5esesubsistemas\)%E2%80%932011-2012.aspx](http://www.epe.gov.br/mercado/Paginas/Consumomensaldeenergiael%C3%A9trica%20porclasse(regi%C3%B5esesubsistemas)%E2%80%932011-2012.aspx)>. Acesso em: 17 de maio de 2016.

EPIA, **Solar Market Report & Membership Directory**. Disponível em: <http://www.solarpowereurope.org/index.php?elD=tx_nawsecuredl&u=0&g=0&t=1466110418&hash=7c10747a2002de159cf1ec92c2334f2232838359&file=fileadmin/user_upload/documents/Publications/SPE16_Members_Directory_250416_high_res.pdf>. Acesso em: 17 de maio de 2016.

FAPESP, **Um futuro com energia sustentável: iluminando o caminho**. Disponível em: <<http://www.fapesp.br/publicacoes/energia.pdf>>. Acesso em: 17 de maio de 2016.

IDEAL, **Como funciona Eletricidade Solar**. Disponível em: <<http://www.selosolar.com.br/eletricidade-solar/>>. Acesso em: 17 de maio de 2016.

IDEAL, **Eletricidade Solar**. Disponível em: <http://www.americadosol.org/wp-content/uploads/2012/04/CARTILHA_FINAL_web.pdf>. Acesso em: 17 de maio de 2016.

IPEA, **Petróleo: da crise aos carros flex**. 2010. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&view=article&id=2321:catid=28&Itemid=23>. Acesso em: 01 de abril de 2016.

MAMEDE, Liciane. **Construção civil é a maior fonte geradora de lixo, diz especialista**. 2006. Disponível em:

<<http://www.akatu.org.br/Temas/Residuos/Posts/Construcao-civil-e-a-maior-fonte-geradora-de-lixo-diz-especialista>>. Acesso em: 17 maio 2016.

MCT, **Fator Médio Mensal (tCO₂/MWh)**. Disponível em:

<<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/321144.html>>. Acesso em: 17 de maio de 2016.

MINAYO, M.C.; LAKATOS, E. M., **Conceitos Em Pesquisa Científica**. Disponível em: <<http://www.webartigos.com/artigos/conceitos-em-pesquisa-cientifica/10409/>>. Acesso em: 22 de maio de 2016.

MEADOWS, Donella H. et al. **The Limits to Growth**. New York: Universe Books, 1972. Disponível em: <<http://zip.net/bmtv0R>>. Acesso em: 17 maio 2016.

ONU, **Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento – Agenda 21**. 1995. Disponível em:

<<http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/agenda21.pdf>>. Acesso em: 15 de abril de 2016.

ONU, **Declaração da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano – 1972**. 1972. Disponível em:

<http://www.apambiente.pt/_zdata/Políticas/DesenvolvimentoSustentavel/1972_Declaracao_Estocolmo.pdf>. Acesso em: 17 de maio de 2016.

ONU, **Relatório de Brundtland – Our Common Future**. 1987. Disponível em:

<<https://ambiente.files.wordpress.com/2011/03/brundtland-report-our-common-future.pdf>>. Acesso em: 01 de abril de 2016.

PORTAL SOLAR, **Simulador Solar**. Disponível em:

<<http://www.portalsolar.com.br/calculo-solar>>. Acesso em: 20 de agosto de 2016.

SCHENINI, P. C.; BAGNATI, A. M. Z.; CARDOSO, A. C. F. **Gestão de resíduos da Construção civil**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, 2004, Florianópolis: UFSC, 2004.

REN21, **Renewables 2014, Global Status Report**. 2014. Disponível em: <http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR/2014/GSR2014_full%20report_low%20res.pdf>. Acesso em: 17 de maio de 2016.

REN21, **The First Decade: 2004-2014**. 2014. Disponível em: <http://www.ren21.net/Portals/0/documents/activities/Topical%20Reports/REN21_10yr.pdf>. Acesso em: 17 de maio de 2016.

RÜTHER, R., **Edifícios Solares Fotovoltaicos**. Florianópolis: UFSC, 2004. Disponível em: <<http://fotovoltaica.ufsc.br/sistemas/livros/livro-edificios-solares-fotovoltaicos.pdf>>. Acesso em: 22 de maio de 2016.

SESC, **Conceito de Sustentabilidade**. Disponível em: <<https://sustentabilidade.sescsp.org.br/conceito-de-sustentabilidade>>. Acesso em: 01 de abril de 2016.

UFSC, **Casa eficiente**. 2006. Disponível em: <<http://fotovoltaica.ufsc.br/sistemas/fotov/blog/2014/10/04/casa-eficiente/>>. Acesso em: 17 de maio de 2016.

ANEXO I

Consumo médio simulado através do *site* da COPEL

Simulador de Consumo
*Verificar os valores no site

Cozinha

Item:	Unidades:	Potência em Watts:	Tempo de uso:	Período:	kWh por mês:	Custo por mês (R\$):
Exaustor	1	170	240	Minutos/Dia	20,40	R\$ 13,17
Geladeira	1	130	1440	Minutos/Dia	93,60	R\$ 60,41
Lâmpada Fluorescente	1	9	300	Minutos/Dia	1,35	R\$ 0,87
Microondas	1	1200	20	Minutos/Dia	12,00	R\$ 7,75
TOTAL:					127,35	R\$ 82,20

Quarto

Item:	Unidades:	Potência em Watts:	Tempo de uso:	Período:	kWh por mês:	Custo por mês (R\$):
Computador	1	300	180	Minutos/Dia	27,00	R\$ 17,43
Lâmpada Fluorescente	1	9	300	Minutos/Dia	1,35	R\$ 0,87
Televisor	1	100	110	Minutos/Dia	5,50	R\$ 3,55
Ventilador	1	120	480	Minutos/Dia	28,80	R\$ 18,59
TOTAL:					62,65	R\$ 40,44

Quarto

Item:	Unidades:	Potência em Watts:	Tempo de uso:	Período:	kWh por mês:	Custo por mês (R\$):
Computador	1	300	180	Minutos/Dia	27,00	R\$ 17,43
Lâmpada Fluorescente	1	9	300	Minutos/Dia	1,35	R\$ 0,87
Ventilador	1	120	480	Minutos/Dia	28,80	R\$ 18,59
TOTAL:					57,15	R\$ 36,89

Banheiro

Item:	Unidades:	Potência em Watts:	Tempo de uso:	Período:	kWh por mês:	Custo por mês (R\$):
Chuveiro	1	3500	10	Minutos/Dia	17,50	R\$ 11,30
Lâmpada Fluorescente	1	9	300	Minutos/Dia	1,35	R\$ 0,87
TOTAL:					18,85	R\$ 12,17

Sala

Item:	Unidades:	Potência em Watts:	Tempo de uso:	Período:	kWh por mês:	Custo por mês (R\$):
Lâmpada Fluorescente	1	9	300	Minutos/Dia	1,35	R\$ 0,87
Televisor	1	100	110	Minutos/Dia	5,50	R\$ 3,55
TV a cabo	1	80	540	Minutos/Dia	21,60	R\$ 13,94
Ventilador	1	120	480	Minutos/Dia	28,80	R\$ 18,59
Telefone sem fio	1	100	60	Minutos/Dia	3,00	R\$ 1,94
TOTAL:					60,25	R\$ 38,89

Lavanderia

Item:	Unidades:	Potência em Watts:	Tempo de uso:	Período:	kWh por mês:	Custo por mês (R\$):
Ferro Elétrico	1	1000	60	Minutos/Dia	30,00	R\$ 19,36
Lâmpada Fluorescente	1	9	300	Minutos/Dia	1,35	R\$ 0,87
Máquina de lavar	1	350	60	Minutos/Dia	10,50	R\$ 6,78
TOTAL:					41,85	R\$ 27,01

Garagem

Item:	Unidades:	Potência em Watts:	Tempo de uso:	Período:	kWh por mês:	Custo por mês (R\$):
Lâmpada Fluorescente	1	9	300	Minutos/Dia	1,35	R\$ 0,87
TOTAL:					1,35	R\$ 0,87

Resultado da Simulação - tarifa com data de: 24/06/2016

Soma total dos aparelhos elétricos adicionados em cada cômodo

Consumo aproximado da conta de luz: Valor aproximado:

369,45 kWh

R\$ 238,47

ANEXO II

Orçamento do sistema fotovoltaico pela Empresa 01

Produto: **SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO**

MODELO: **SOLAR SE**

POTÊNCIA: **3,12 kWp.**

GERAÇÃO DE ENERGIA ANO: **4.986 kWh/Ano**

Local de Instalação	Módulos Fotovoltaicos (unid)	Peso (Kg)	Área de ocupação (m²)	Geração Estimada (kWh/mês)
Telhado	12	264	24	415 kWh/mês

VALORES DA SOLUÇÃO COMPLETA	
Sistema Fotovoltaico Completo	R\$ 28.313,00
Taxa de deslocamento e hospedagem da equipe técnica	Incluso

ANEXO III

Orçamento do sistema fotovoltaico pela Empresa 02

ORÇAMENTO DE VENDA

São Paulo, 21/Aug/2016

DADOS DO CLIENTE

Nome: Caique Bruno Alves da Silva

Cidade: CASCABEL / PR

Email: caique_brunosilva@hotmail.com

Telefone: (45) 8811-7538

ITEM	DESCRIÇÃO	VALOR TOTAL
1	Gerador de Energia Solar 3,12 kWp - 12 painéis - até 440 kWh/mês ¹	R\$ 28.639,55

¹ ITENS INCLUSOS NESTA PROPOSTA:15x Cabo solar Prysmian Afumex 4mm² Preto 1kV

3x Jogo de conexão para perfis Thesan Universal Medium

PAINEL: 12x PAINEL Solar Fotovoltaico 260Wp - Canadian CSI CS6P-260P - BR

INVERSOR: 1x Inversor Fronius Galvo 2.0-1 (2.000W)

1x Quadro Elétrico Fotovoltaico (Stringbox), 2 string IP65 25A 1000V

2x Conector MC4 (par)

15x Cabo solar Prysmian Afumex 4mm² Vermelho 1kV

4x Kit de montagem Thesan para telhado metálico e fibrocimento inclinado - 4 painéis fotovoltaicos

- Suporte para Fixação

- Material de Instalação

- Mão de Obra de Instalação

- Projeto e Regularização

- Sistema de Monitoramento de Dados

ANEXO IV

Orçamento do sistema fotovoltaico pela Empresa 03

ITEM	DESCRIÇÃO	PREÇOS
MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	Inclui 12 (doze) módulos fotovoltaicos ref/marca Canadian Solar 260 Wp (peso aproximado 14,3 kg/m ²) e 01 inversor(es) de frequência marca/modelo FRONIUS GALVO 2.0	29.225,82
	Inclui kit de fixação em alumínio (trilhos).	
	Inclui cabos solares, Quadros de proteção CC/CA, miscelâneas e demais materiais necessários para a perfeita instalação do sistema.	
SERVIÇOS TÉCNICOS	Inclui mão de obra para a perfeita instalação e funcionamento do Sistema.	
	Inclui elaboração dos projetos necessários à instalação e conexão do sistema a rede da Concessionária Local.	
	Inclui aprovação dos projetos junto a Concessionária Local.	
TOTAL	Vinte e nove mil duzentos e vinte e cinco reais e oitenta e dois centavos.	

Inclusos de todos os impostos