



**Universidade Federal de Santa Maria – UFSM**  
**Educação a Distância da UFSM – EAD**  
**Universidade Aberta do Brasil – UAB**

**Curso de Pós-Graduação em Eficiência Energética Aplicada  
aos Processos Produtivos  
Polo Camargo**

**DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DE UMA EDIFICAÇÃO COM  
PROPOSTAS VISANDO A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E A  
INSERÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO INTEGRADO E  
INTERLIGADO A REDE ELÉTRICA**

DACHERY, Joiris Manoela<sup>1</sup>

MINUSSI, João Paulo<sup>2</sup>

**RESUMO**

Neste trabalho é apresentado o resultado de um diagnóstico energético, que é uma estratégia de conservação de energia e efficientização energética. Para isso foi quantificado o consumo, eliminado o desperdício de energia elétrica e utilizado uma metodologia de sistematização de ações mais eficientes aplicada à edificação. A metodologia adotada consta de etapas como visita preliminar ao local, levantamento e análise de dados, estudo de alternativas para usos finais, determinação do potencial de conservação de energia elétrica, análise de viabilidade econômica das alternativas propostas e análise tarifária. Adicionalmente é apresentado um estudo de caso realizado em uma edificação, localizada em Xanxerê/SC, onde é realizada uma caracterização

---

<sup>1</sup> Pós-graduanda em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS

<sup>2</sup> PhD. Eng. Eletricista. Professor Orientador. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS

detalhada da edificação e seu consumo e assim propostos alguns hábitos de consumo e a adição de um sistema fotovoltaico on grid, que gera 11.900 kWh por ano, com tempo de retorno de aproximadamente 25 anos.

**Palavras-chave:** diagnóstico, energético, edificação.

## **ABSTRACT**

In this paper the result of an energetic diagnosis, which is a strategy of energy conservation and energy efficiency is presented. To this was quantified consumption, eliminated the waste of electricity and used a methodology for systematizing more efficient actions applied to the building. The methodology consists of steps like preliminary visit to the installation, survey and data analysis, study of alternatives for end uses, determining the potential for electricity conservation, economic viability analysis of alternative proposals, tariff analysis and studies of independent generation. Additionally, a case study in a building located in Xanxerê/SC, where a detailed characterization of the building and its consumption and thus proposed some measures of awareness and the addition of an on grid PV system that generates 11,900 kWh is performed is presented per year with payback time of approximately 25 years.

**Keywords:** diagnosis, energy, building.

## **1 INTRODUÇÃO**

Com o objetivo de minimizar os impactos ambientais como a emissão de CO<sub>2</sub> e de poluentes na atmosfera, além de garantir os benefícios sociais e econômicos ocasionados pelo uso da energia, as alternativas de eficiência energética e de geração renováveis vêm se destacando como uma proposta de suprimento mais responsável ambientalmente.

Embora esse assunto tenha ganhado repercussão mundial, não se trata de um tema novo, pois há anos engenheiros, economistas e executivos envolvidos com o sistema energético têm sido frequentemente solicitados a conservar energia e reduzir desperdícios nos mais variados níveis de produção e consumo. De fato, usar bem a energia é a forma mais inteligente de gerir

adequadamente as demandas e melhorar a produtividade em qualquer contexto, com benefícios ambientais e econômicos, tanto em escala local como para toda uma nação. O uso adequado da energia é uma das poucas alternativas para enfrentar racionalmente as expectativas de expansão de demanda.

O detalhamento das condições de utilização de energia numa edificação, permite conhecer onde, quando e como a energia está sendo utilizada, qual a eficiência dos equipamentos e onde se verificam desperdícios de energia, indicando soluções para as anomalias detectadas.

Este trabalho tem como meta apresentar um estudo de diagnóstico energético em uma edificação empresarial afim de abordar quantificação de consumo e eficiência energética. Análises criteriosas foram realizadas na edificação, preocupando-se em elaborar uma caracterização detalhada. Após a avaliação do diagnóstico serão mostradas medidas para aumentar a eficiência, com a finalidade de reduzir o custo com o consumo de energia elétrica.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Neste capítulo serão apresentados alguns conceitos relativos ao diagnóstico energético e medidas para otimização da eficiência energética.

### **2.1 Diagnóstico Energético**

O gerenciamento energético de uma edificação necessita do total conhecimento dos sistemas energéticos que a compõe, bem como dos hábitos de utilização da edificação e das formas de aquisição de energia. Desta forma, deve-se conhecer como a energia elétrica é consumida no local, analisando e acompanhando o custo e consumo em um longo período. Os dados mensais podem ser extraídos da fatura de energia elétrica, estes irão fornecer informações necessárias ao diagnóstico energético (GUILLIOD E CORDEIRO, 2000).

Segundo Neto (2010) o diagnóstico energético pode ser interpretado como uma radiografia ao desempenho energético de uma edificação

consumidora ou de um sistema isolado, como o sistema de ar comprimido ou o sistema de iluminação. Através dele, avaliam-se quanta energia é efetivamente consumida e de que forma essa energia é utilizada. Desta forma podem ser identificadas as áreas onde é prioritário atuar, modificando o sistema através de alternativas mais eficientes.

### 2.1.1 Conceitos

Para elaboração do diagnóstico e análise energética alguns conceitos devem ser fixados:

- Energia ativa: energia capaz de produzir trabalho. Unidade: kWh (quilowatt-hora).
- Energia reativa: energia solicitada por alguns equipamentos elétricos, necessária à manutenção dos fluxos magnéticos e que não produz trabalho. Unidade: kvarh (quilovoltamper-hora).
- Energia aparente: energia resultante da soma complexa das energias ativa (real) e reativa (imaginária). É aquela energia solicitada realmente pelo consumidor e portanto fornecida pela concessionária. Unidade: kVA.
- Potência: quantidade de energia solicitada na unidade de tempo. Unidade: kW (quilowatt).
- Carga instalada: soma da potência de todos os aparelhos instalados nas dependências da unidade consumidora que, em qualquer momento, deve ser atendida pela concessionária.
- Fator de carga: relação entre a demanda média e a demanda máxima ocorrida no período de tempo definido.
- Fator de potência (FP): relação entre potência ativa e potência aparente, e que pode ser obtida a partir de leituras nos respectivos aparelhos de medição. Pode ser calculada pela equação:  $FP = kW/kVA$ , cujos valores variam entre zero e um. Isto pode ser interpretado como um índice de eficiência para o consumidor, pois relacionando a potência ativa consumida pela carga com a potência aparente gerada para a carga, sendo igual a unidade significa que

toda a potência consumida em kW será igual a potência aparente entregue ao consumidor em kVA, ou seja a potência reativa gerada pela carga será nula.

- Tarifa de demanda: valor, em reais, do kW de demanda em determinado segmento horo-sazonal.
- Tarifa de consumo: valor, em reais, do kWh ou MWh de energia utilizada em determinado segmento horo-sazonal.
- Tarifa de ultrapassagem: tarifa a ser aplicada ao valor de demanda registrada que superar o valor da demanda contratada, respeitada a tolerância.
- Horário de ponta (HP): período definido pela concessionária, composto por três horas consecutivas, compreendidas entre 17 h e 22 h, exceção feita a sábados, domingos, terça-feira de Carnaval, Sexta Feira da Paixão, Corpus Christi, Finados e demais feriados definidos por lei federal: 1º de janeiro, 21 de abril, 1º de maio, 7 de setembro, 12 de outubro, 15 de novembro e 25 de dezembro. Neste intervalo a energia elétrica é mais cara.
- Horário fora de ponta (HFP): são as horas complementares às três horas consecutivas que compõem o horário de ponta, acrescidas da totalidade das horas dos sábados e domingos e dos onze feriados indicados acima. Neste intervalo a energia elétrica é mais barata.
- Curva de Carga do Sistema: a curva de carga do sistema elétrico para um dia típico apresenta o perfil de consumo em um gráfico.
- Período seco (S): é o período de 7 (sete) meses consecutivos, compreendendo os fornecimentos abrangidos pelas leituras de maio a novembro de cada ano.
- Período úmido (U): é o período de 5 (cinco) meses consecutivos, compreendendo os fornecimentos abrangidos pelas leituras de dezembro de um ano a abril do ano seguinte.
- Iluminância (E): é o quociente do fluxo luminoso incidente num elemento da superfície pela área deste elemento, ou seja, nível de iluminamento num ponto de uma superfície. Unidade: lux ( $\text{lm}/\text{m}^2$ ), lx.
- Eficiência luminosa: capacidade da fonte de luz em converter eletricidade em luminosidade. A eficiência luminosa é medida em

lumens/watt, quanto maior for essa relação maior será a eficiência da lâmpada.

### 2.1.2 Tarifas

Em projetos de eficiência energética é fundamental o conhecimento de como a energia elétrica é cobrada, esses dados poderão fornecer informações preciosas sobre a contratação correta da energia, bem como sobre a análise de seu desempenho, subsidiando a tomada de decisões.

No Brasil, de acordo com o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL (2011) as unidades consumidoras são classificadas em dois grupos tarifários: Grupo A, que tem tarifa binômia (tensão acima de 2300 volts) e Grupo B, que tem tarifa monômia (tensão abaixo de 2300 volts). Há também a subdivisão destes grupos, de acordo com a atividade do consumidor.

O manual de Tarifação de Energia Elétrica da PROCEL (2011) destaca as tarifas do Grupo A, as quais são constituídas em três modalidades de fornecimento:

#### ▪ **Estrutura tarifária Convencional**

O enquadramento na estrutura tarifária Convencional exige um contrato específico com a concessionária, no qual se pactua um único valor da demanda pretendida pelo consumidor 'Demanda Contratada', independentemente da hora do dia (ponta ou fora de ponta) ou período do ano (seco ou úmido).

A fatura de energia elétrica desses consumidores é composta da soma de parcelas referentes ao consumo, demanda e, caso exista, demanda de ultrapassagem.

A parcela de consumo é calculada multiplicando-se o consumo medido pela Tarifa de Consumo. A parcela de demanda é calculada multiplicando-se a Tarifa de Demanda pela Demanda Contratada ou pela demanda medida (a maior delas), caso esta não ultrapasse em 10% a Demanda Contratada.

- **Estrutura tarifária horo-sazonal Verde**

Essa modalidade tarifária exige um contrato específico com a concessionária, no qual se pactua a demanda contratada, independentemente da hora do dia (ponta ou fora de ponta). Embora não seja explícita, a Resolução 456 permite que sejam contratados dois valores diferentes de demanda, um para o período seco e outro para o período úmido.

A fatura de energia elétrica desses consumidores é composta da soma de parcelas referentes ao consumo (na ponta e fora dela), demanda e ultrapassagem.

- **Estrutura tarifária horo-sazonal Azul**

Essa modalidade tarifária exige um contrato específico com a concessionária, no qual se pactua tanto o valor da demanda pretendida pelo consumidor no horário de ponta (Demanda Contratada na Ponta) quanto o valor pretendido nas horas fora de ponta (Demanda Contratada fora de Ponta). Embora não seja explícita, a Resolução 456 permite que sejam contratados valores diferentes para o período seco e para o período úmido.

A fatura de energia elétrica desses consumidores é composta pela soma de parcelas referentes ao consumo e demanda e, caso exista, ultrapassagem. Em todas as parcelas observa-se a diferenciação entre horas de ponta e horas fora de ponta.

## **2.2 Alternativas para Eficiência Energética**

Conservar energia é eliminar desperdícios, é usufruir da energia elétrica sem gastos desnecessários, através da utilização de eficiência energética e uso racional, buscando o máximo de desempenho com o mínimo de consumo.

A conservação de energia maximiza os benefícios dos investimentos já efetuados no sistema elétrico, reduz custos para o país e para o consumidor, contribui, decisivamente, para minorar os impactos ambientais, induz a modernização industrial, e, importantíssimo, enfatiza valores fundamentais,

especialmente em um país em desenvolvimento, que não pode desperdiçar seus recursos (MAGALHÃES, 2001).

A seguir constam algumas alternativas que foram consideradas para conservação de energia de uma edificação.

### 2.2.1 Iluminação

No quesito iluminação a relação entre quantidade e qualidade deve ser levada em consideração, bem como a fonte de luz, a produtividade exigida e a tarefa visual a ser executada (GUILLIOD E CORDEIRO, 2010).

Segundo os mesmo autores para escolha de uma lâmpada deve ser analisada a sua eficiência luminosa (lumens/watt). Existem diversos tipos de lâmpadas para as mais diversas utilizações, as mais utilizadas são as lâmpadas incandescentes e as fluorescentes (Tabela 1):

Lâmpadas incandescentes apresentam baixa luminosidade (média de 17 Lm/W) e vida útil curta. O fluxo luminoso decai consideravelmente ao longo de sua vida útil.

Lâmpadas fluorescentes têm eficiência luminosa de aproximadamente 68 Lm/W, estas podem ser compactas ou tubulares, as tubulares geralmente possuem maior potência.

Tabela 1 – Equivalência entre lâmpadas fluorescentes e incandescentes

<b>Lâmpada Fluorescente Compacta (W)</b>	<b>Lâmpada Incandescente (W)</b>
5	25
7	40
12	60
15	75
20	100

Fonte: Adaptado de Guilliod e Cordeiro, 2010.

## 2.2.2 Condicionamento térmico passivo

O condicionamento térmico passivo diz respeito ao uso de diversas estratégias de projeto que podem ser assumidas para reduzir o consumo de energia para fins de climatização de ambientes.

### 2.2.2.1 Ventilação natural

A ventilação natural pode proporcionar conforto térmico através da remoção de carga térmica e salubridade através da renovação de ar (ventilação higiênica).

A configuração do fluxo de ar no interior de uma construção é determinada por três fatores principais (EVANS, 1980):

- O tamanho e a localização das aberturas de entrada do ar na parede;
- O tipo e a configuração das aberturas usadas;
- A localização de outros componentes arquitetônicos nas proximidades das aberturas, tais como divisórias internas e painéis verticais ou horizontais adjacentes a elas (protetores solares e marquises, por exemplo).

### 2.2.2.2 Aquecimento Solar

O aquecimento solar aproveita o calor gerado pelo sol para o aquecimento interno das edificações. Para tanto, superfícies transparentes à radiação solar são necessárias, bem como elementos que capturem este calor e retardem sua liberação para o ambiente.

A penetração ou absorção da radiação solar nas edificações, denomina-se aquecimento solar passivo, através do aproveitamento da iluminação natural e do calor para aquecimento de ambientes as necessidades de iluminação e aquecimento ativo são reduzidas. Com técnicas de aberturas e utilização de alguns materiais um melhor aproveitamento da radiação solar pode ser feito, otimizando a eficiência energética (ANEEL, 2008).

### 2.2.3 Ar condicionado

Um significativo uso energético em edificações é o sistema de ar condicionado, os custos são elevados com o investimento inicial e ao longo do uso. Segundo Pinto (2009) a grande parte das instalações de ar condicionado é superdimensionada devido aos fatores de segurança adotados em projeto estabeleciam capacidades superior a demanda necessária. Com as mudanças tecnológicas e a conservação de energia, houve uma redução nas necessidades de renovação de ar, pois o uso pode variar com a época do ano e ao longo da jornada de trabalho, desta forma pode existir oportunidades de economia de energia no sistema de ar condicionado.

Para Pinto (2009) a otimização do consumo de energia nos sistemas de refrigeração deve seguir alguns procedimentos:

- Analisar a possibilidade de elevar os níveis de temperatura utilizados nos ambientes servidos por ar condicionado, em função da época do ano;
- Não usar ar condicionado em ambientes não ocupados;
- Verificar a relação BTU/h/W dos equipamentos de ar condicionado, procurando eliminar ou substituir aqueles em que esta relação é baixa;
- Verificar se não existem vazamentos de fluido refrigerante em torno de vedações, visores, tampas de válvulas, flanges, conexões, válvula de segurança de condensador e nas ligações da tubulação, válvulas e instrumentação;
- Observar as operações irregulares do compressor, como funcionamento contínuo ou paradas e partidas frequentes, os quais podem indicar operação ineficiente. Determinar a causa e, se necessário, corrigi-la.
- Verificar perdas em todas as juntas do compressor. Vedar, se necessário. Isolar os tubos. Ligações e válvulas de água quente e refrigerada nos locais não condicionados, para minimizar as perdas e a absorção de calor.

#### 2.2.4 Energia Fotovoltaica

Radiação solar é um termo que define a energia vinda do sol através da propagação de ondas eletromagnéticas. A radiação que chega a qualquer ponto do topo da atmosfera é conhecida como "Constante Solar", essa constante é estimada em  $1.366 \text{ W/m}^2$ . Ao chegar à superfície da Terra, ela alcança no máximo  $1000 \text{ W/m}^2$ . Assim, se a eficiência de determinado módulo solar é de 10%, isso significa que ele será capaz de captar no máximo  $100 \text{ W/m}^2$ . Já o termo irradiação se refere à radiação captada em uma determinada área na superfície terrestre durante um determinado tempo, dado em  $\text{kWh/m}^2$  (AMÉRICA DO SOL, 2014).

Os sistemas fotovoltaicos são capazes de gerar energia elétrica através das chamadas células fotovoltaicas. As células fotovoltaicas são feitas de materiais capazes de transformar a radiação solar diretamente em energia elétrica através do chamado "efeito fotovoltaico". Hoje, o material mais difundido para este uso é o silício (NEOSOLAR, 2013).

Segundo a Eletrosul (2005) as células fotovoltaicas são fabricadas com material semicondutor, a partir de um processo conhecido como dopagem é obtido um material com elétrons livres "tipo N" (carga negativa) e falta de elétrons "tipo P" (carga positiva), os materiais são Fósforo e Boro, respectivamente.

A célula fotovoltaica se compõe de uma camada de material tipo P justaposta a uma camada de material tipo N que, ao serem unidas, forma-se um campo elétrico próximo a junção. A exposição à luz do sol permite que elétrons presentes na camada P consigam passar para a camada N, criando assim uma diferença de potencial nas extremidades do semicondutor. Através de conexão por fios entre as duas extremidades, haverá um fluxo de corrente elétrica, fazendo os elétrons retornarem para a camada P, reiniciando o processo e formando o Efeito Fotovoltaico (ELETROSUL, 2005).

A Eletrosul (2005) afirma que "uma célula fotovoltaica normalmente possui níveis baixos de tensão e corrente, da ordem de 0,7 volts e 3 ampères, respectivamente. Neste caso, várias células são conectadas em série e/ou

paralelo conforme os níveis de tensão e corrente desejados”. Estas células interligadas são montadas numa estrutura apropriada.

A montagem das células é feita em módulos fotovoltaicos, também se utilizam filmes flexíveis, com as mesmas características, ou até mesmo a incorporação das células em outros materiais, como o vidro. Estas formas de montagem variam conforme a necessidade, da eficiência, da disponibilidade e da arquitetura (NEOSOLAR, 2013).

O aproveitamento do módulo depende da irradiação solar incidente no local da edificação, por isso é de extrema importância medir os níveis de irradiação solar, verificando a melhor orientação e inclinação (ELETROSUL, 2005).

Quanto aos sistemas fotovoltaicos, estes podem ser divididos em dois grandes grupos: sistemas isolados (off-grid) e sistemas conectados à rede (grid-tie). Os sistemas isolados são aqueles que não se integram a rede elétrica e geralmente são utilizados em locais remotos ou onde o custo de acesso a rede é maior que o custo do próprio sistema. Normalmente estes sistemas utilizam bateria para armazenar a energia. Já os sistemas conectados à rede servem como qualquer outra forma de geração de energia que utilizamos a partir da rede elétrica e são utilizados como substitutos destas outras fontes de energia. Neste caso não há necessidade de armazenamento (NEOSOLAR, 2013).

A figura a seguir demonstra um esquema de sistema grid-tie – conectado à rede:

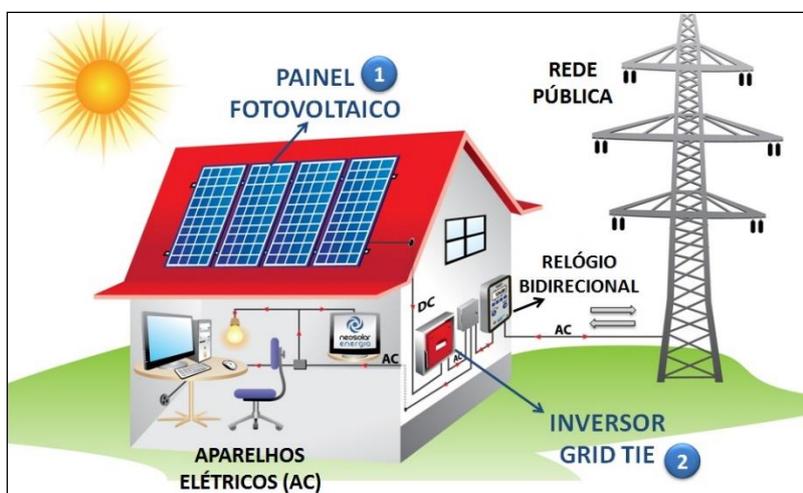


Figura 1 – Sistema fotovoltaico on grid.  
Fonte: NEOSOLAR, 2013.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo Geral**

Desenvolver um estudo sobre realização de um diagnóstico energético de uma edificação apresentando ações visando à eficiência energética e inserção de um sistema fotovoltaico integrado e conectado na rede elétrica.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- Levantar dados relevantes sobre o consumo energético da edificação;
- Quantificar o consumo de energia da edificação e analisá-la;
- Analisar a tarifa da edificação;
- Verificar o subgrupo de consumidor;
- Descrever formas de melhorar a eficiência energética da edificação;
- Inserir como medida de energia eficiente na edificação um sistema fotovoltaico integrado e conectado à rede elétrica.

### **4 METODOLOGIA**

A metodologia de diagnóstico energético adotada neste trabalho é baseada em Alvarez (2000), onde há uma divisão em etapas com fins organizacionais:

#### **4.1 Contato Inicial com a Edificação**

A primeira etapa do processo consistiu em uma visita/auditoria ao local, a fim de se obter uma visão macroscópica do objeto de avaliação e recolher as informações necessárias aos próximos passos.

#### **4.2 Levantamento de Dados**

Foram reunidas todas as informações relevantes sobre o consumo de energia. As contas de energia expedidas mensalmente pela concessionária apresentam dados de consumo, de demanda registrada e faturada, de fator de

carga, etc. Foi realizado o levantamento por inspeção que corresponde ao procedimento de obtenção de informações de caracterização do local, como número de usuários, características da ocupação, sistema de iluminação, ar condicionado, temperatura ambiente, etc. Não foi feita a medição direta através de equipamentos eletrônicos devido à não disponibilidade destes equipamentos.

### **4.3 Análise e Tratamento de Dados**

Nesta fase foi detalhado o perfil de consumo, determinando-se o consumo global de energia elétrica e o consumo desagregado em usos finais. A desagregação do consumo global facilita a determinação do potencial de conservação energética total da edificação.

Os indicadores do uso de energia elétrica retratam o perfil de consumo da edificação permitindo a determinação do potencial de conservação de energia através de comparação com valores típicos, os principais indicadores são fator de carga, consumo mensal por área útil, consumo mensal em iluminação por área iluminada, consumo mensal de ar condicionado por área, potência instalada em iluminação por área iluminada e por número de interruptores, consumo mensal por usuário equivalente, etc.

### **4.4 Estudo de Alternativas para os Usos Finais Identificados**

Implementação de ações que promovam melhoria da eficiência energética através de medidas de intervenção e os hábitos de consumo.

As medidas de intervenção são mudanças relacionadas à tecnologia de sistemas como a melhora, substituição ou adição de equipamentos, na edificação analisada foi proposto a adição de sistema fotovoltaico interligado à rede. Para isso foi realizada uma simulação no site América do Sol.

O Simulador Solar é uma ferramenta digital que permite o cálculo da potência de um sistema fotovoltaico (gerador de eletricidade solar) para atender a necessidade energética anual de uma residência, um escritório ou uma indústria. Com o sistema, é possível saber quanto o imóvel deixaria de consumir de energia elétrica, além de o

proprietário ter uma noção de quanto espaço precisaria no telhado ou terreno para instalar os módulos solares (AMÉRICA DO SOL, 2014).

Para realizar a simulação foi utilizada a fatura de energia elétrica para completar com os dados de consumo em kWh e de gastos em reais, o endereço completo, a distribuidora de energia, entre outros.

Os hábitos de consumo têm a função de educar o consumidor ao uso racional da energia, neste caso foram abordados os sistemas de iluminação e climatização e o condicionamento térmico passivo, onde foi realizada pesquisa para tomada de decisões neste sentido.

Foi realizada medição de iluminância em um dos ambientes, a área foi dividida em uma malha de pontos equidistantes entre si e das paredes (células de 50 x 50 cm). Então, aplicou-se o método da medição direta da iluminação utilizando um aplicativo para smartphone de leitura direta em lux. A distância de medição foi de 0,80 m do piso. Após a realização das leituras dos valores, foi feita a média aritmética das leituras. Também foi realizada a medição teórica através do software Lumisoft, onde o tipo e número de luminárias são selecionados e as medidas da sala são lançadas.

#### **4.5 Determinação do Potencial de Conservação de Energia Elétrica**

Conforme o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel) coloca, a finalidade deste é de combater o desperdício, promover o uso eficiente e assim reduzir custos com investimentos setoriais na área energética. A adoção de um sistema fotovoltaico dimensionado corretamente suprimira toda a demanda que não é necessária da distribuidora. O dimensionamento e melhores informações deste sistema estão detalhados no capítulo seguinte.

#### **4.6 Análise da Viabilidade Econômica das Alternativas Propostas**

Para aplicação das medidas propostas de eficiência deve haver uma análise de viabilidade econômica, pois apesar de trazerem economia de energia podem ter um investimento inicial que não justifique o retorno.

Foi realizada o método de tempo de retorno (através de cálculo de *pay back*), para a alternativa de inserção de um gerador fotovoltaico na edificação.

#### **4.7 Análise Tarifária**

Tem como objetivo enquadrar o usuário na modalidade tarifária mais adequada para que seja minimizado o valor da conta de energia. Devem ser considerados os valores de demanda esperados caso sejam instaladas as medidas propostas através de simulações tarifárias.

A fatura de energia foi utilizada para obtenção de dados e também foi realizado o contato com a distribuidora de energia via telefone.

### **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A seguir são apresentados os resultados obtidos, conforme metodologia exposta, onde algumas observações em relação ao projeto também são colocadas.

#### **5.1 Caracterização da Edificação**

A edificação escolhida para este diagnóstico foi uma edificação empresarial de pequeno porte na cidade de Xanxerê – SC (Figura 2), as visitas foram realizadas de modo à identificar os equipamentos consumidores, conhecer a estrutura e também para coleta da documentação e informações relevantes.

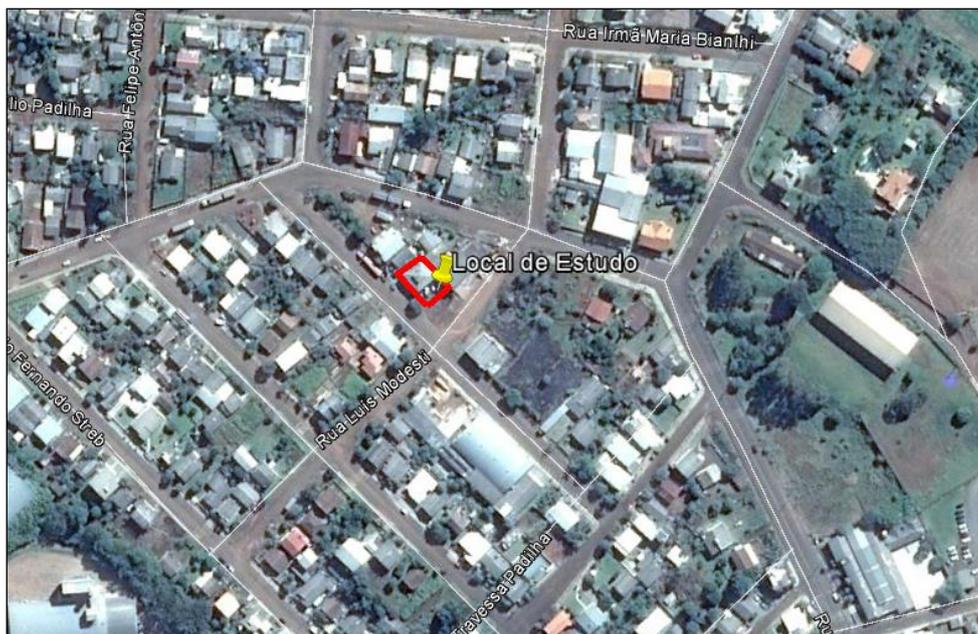


Figura 2 – Imagem de satélite do local de estudo.

Fonte: Google Earth, 2014.

As contas de energia expedidas mensalmente pela concessionária apresentaram dados de histórico de consumo de 1 (um) ano (agosto de 2013 à setembro de 2014). Conforme o gráfico abaixo (Figura 3), a média mensal de consumo da edificação é de 1.165 kWh.



Figura 3 – Histórico de consumo de energia elétrica da edificação.

Fonte: Autora, 2014.

Ainda com a fatura de energia, verificaram-se informações técnicas da unidade consumidora. A classificação é residencial, subgrupo B1, o medidor é monofásico e a tensão nominal é 220 V.

Através do levantamento por inspeção foi possível obter informações importantes:

Área total da edificação: 246,00 m<sup>2</sup>.

Nº de usuários: 22.

Característica da ocupação: a empresa trabalha com projetos (e a principal ferramenta de cada usuário é o computador) são 6 salas, divididas por setores (recepção, engenharia, projetos, ambiental, financeiro e direção) e a sala de reuniões, cada sala possui de 2 a 5 usuários.

Sistema de iluminação: em todas as salas as lâmpadas são fluorescentes tubulares, no banheiro e corredores são incandescentes.

Temperatura e climatização: em cada sala há um climatizador, exceto na recepção.

Para determinação da carga instalada (soma das potências nominais) dos equipamentos elétricos da edificação, estes foram divididos em grandes classes, segundo os seus usos finais:

- a) Climatização: Climatizadores.
- b) Iluminação: lâmpadas, reatores e respectivas luminárias.
- c) Copa: refrigeradores, microondas, bebedouro, etc.
- d) Informática: computadores, nobreaks, Impressoras, modems, etc.
- e) Comunicação: televisores, telefones e centrais telefônicas.
- f) Segurança: câmeras, centrais de alarmes, luminárias de emergência e centrais de vídeo de segurança.
- g) Outros: aquário, estufa de papel, etc.

Após a criação destas classes, foram elaboradas planilhas conforme a tabela 2, para aquisição de dados de acordo com cada grupo de equipamentos, prevendo a solicitação das informações relevantes à obtenção dos gráficos do perfil de consumo.

Tabela 2 – Equipamentos utilizados na edificação, suas potências e estimativas de consumo.

Equipamento	Qtde	Potência (W)	Dias de Uso/Mês	Horas de Uso/Dia	Consumo Médio Mensal (kWh)
<b>Climatização</b>					
Climatizador 12000 BTU	4	1130	15	2,5	169,50
Climatizador 18000 BTU	1	1850	15	2	55,50
<b>Iluminação</b>					
Lâmpada Fluorescente Tubular	36	12	22	8	76,03
Lâmpada Incandescente	8	60	22	2	21,12
<b>Informática</b>					
Monitor	17	40	22	8	119,68
Computador (CPU, teclado, mouse)	15	90	22	8	237,60
Servidor	1	150	30	24	108,00
Nobreak	6	160	22	8	168,96
Notebook	2	90	10	2	3,60
Estabilizador	2	100	22	8	35,20
Impressora	1	1100	22	0,5	12,1
Impressora	1	440	22	0,2	1,94
Modem	1	26	30	24	18,72
HUB	1	10	30	24	7,20
<b>Comunicação</b>					
Telefone	7	5	22	1	0,77
Central telefônica	1	45	30	24	32,4
TV	1	90	15	2	2,7
<b>Copa</b>					
Refrigerador	2	90	30	10	54
Microondas	2	1200	22	1	52,8
Bebedouro	1	350	30	3	5,25
Cafeteira	1	450	15	0,5	3,38
<b>Segurança</b>					
Câmera	8	6	30	24	34,56
Centrais de alarme	7	3,6	30	24	18,14
Central vídeo segurança	1	100	30	24	72
<b>Outros</b>					
Estufa para Papel	1	44	15	4	2,64
Aquário	1	120	30	24	86,4

Fonte: Autora, 2014.

Dentre os resultados finais, foi possível obter a carga instalada por classe de equipamentos (Figura 4) e apresentar o perfil de consumo energético mais próximo possível do real (Figura 5).

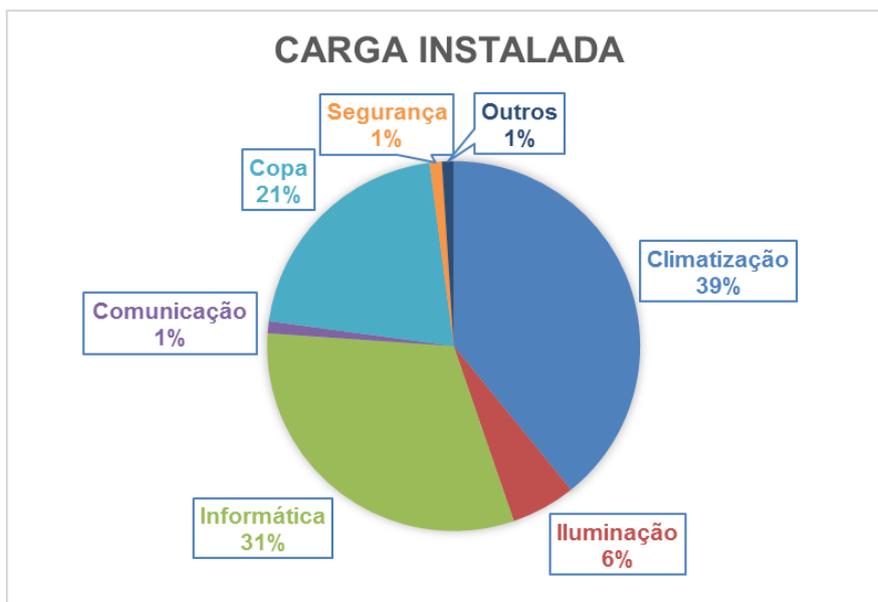


Figura 4 – Perfil da distribuição da carga instalada da edificação, por classe de equipamento.  
Fonte: Autora, 2014.

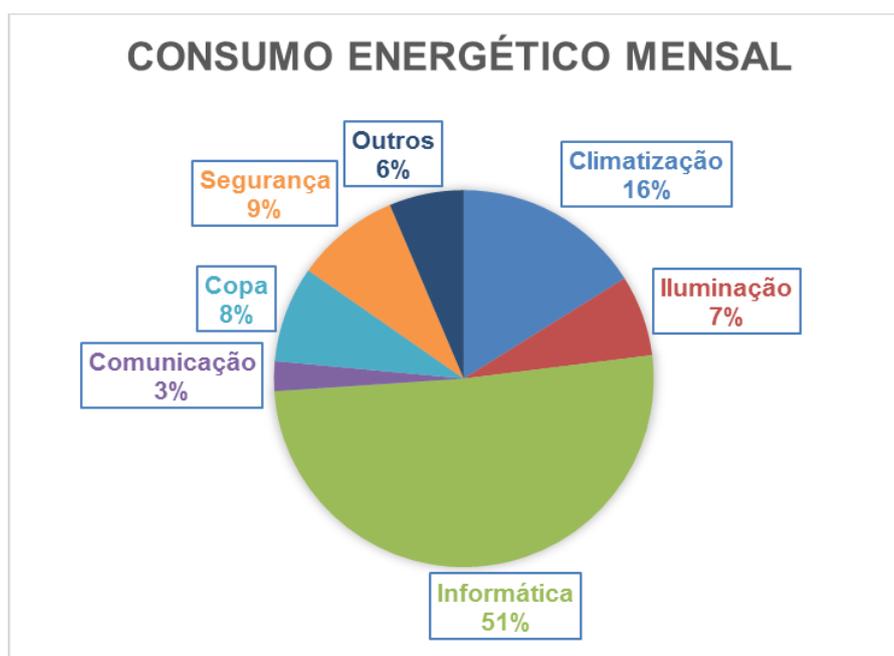


Figura 5 – Estimativa de consumo energético mensal da edificação, por classe de equipamento.  
Fonte: Autora, 2014.

Conforme o tratamento dos dados, verificou-se a que edificação tem um consumo médio mensal de 1.165 kWh e que a energia para os computadores é a mais utilizada, seguido da climatização. A seguir estão alguns indicadores que facilitam a visão de consumo global na edificação:

- Consumo mensal por área útil: 5,69 kWh/m<sup>2</sup>;
- Consumo mensal em iluminação por área iluminada: 0,39 kWh/m<sup>2</sup>;
- Consumo mensal de ar condicionado por área: 0,91 kWh/m<sup>2</sup>;
- Potência instalada em iluminação por área iluminada: 3,71 W/m<sup>2</sup>;
- Consumo mensal por usuário equivalente: 6,643 kWh/usuário.

## 5.2 Hábitos de Consumo

Para melhoria da eficiência energética nem sempre são necessários altos investimentos e grandes modificações, os hábitos de consumo têm a função de educar o consumidor ao uso racional e podem trazer um ganho significativo na conservação de energia.

No estudo de caso analisado foram propostas algumas medidas:

### 5.2.1 Iluminação

Para verificação da iluminância foram realizadas medidas em uma das salas (Figura 6) conforme metodologia exposta. A média das medições foi de 512 lux, estando dentro dos padrões estabelecidos pela norma NBR 8995-1, onde para escritório (ações: escrever, teclar, ler, processar dados) a iluminância deve ficar mantida em 500 lux.

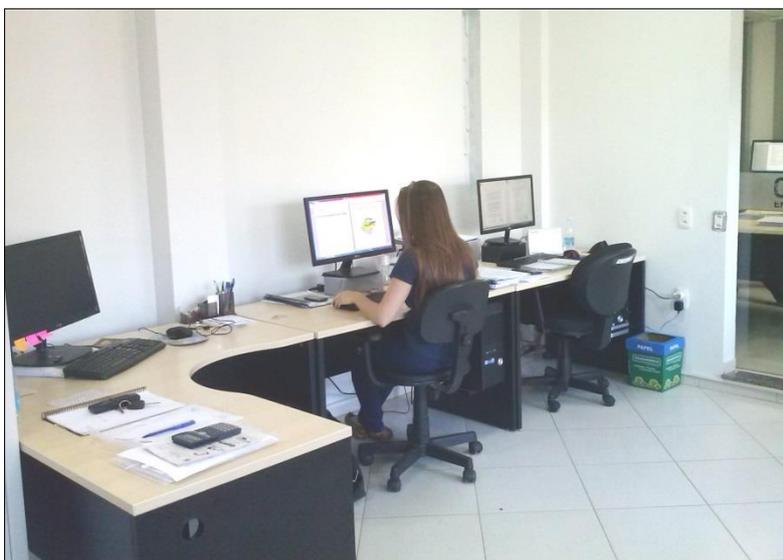


Figura 6 – Uma das salas da empresa, onde a iluminância foi medida.  
Fonte: Autora, 2014.

A iluminância teórica foi estimada através do software Lumisoft, o modelo de luminária selecionado foi CCN08-S232 – 4 peças. As características do ambiente estão expostas a seguir:

Largura do ambiente: ..... 2,65 m

Comprimento do ambiente: ..... 4,95 m

Altura do ambiente: ..... 2,40 m

Plano de trabalho considerado: ..... 0,80 m

A iluminância teórica calculada pelo software foi 586,1 lux, a figura 7 mostra o croqui da sala gerado pelo programa.

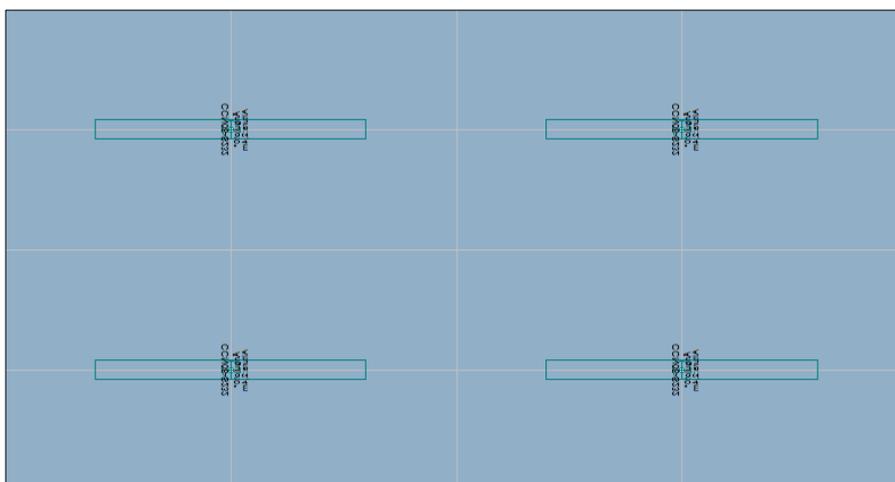


Figura 7 – Consumo energético mensal da edificação, por classe de equipamento.

Fonte: Lumisoft, 2014.

Desta forma, foram propostas apenas alguns hábitos de consumo para otimização de eficiência energética na iluminação:

- Manter limpas lâmpadas e luminárias para permitir a reflexão máxima da luz;
- Desligar luzes de compartimentos, quando não estiverem em uso, tais como: salas de reunião, WC's, iluminação externa, etc.;
- Ligar sistema de iluminação somente aonde não haja iluminação natural suficiente. O sistema de iluminação só deve ser ligado momentos antes do início do expediente;
- Usar preferencialmente luminárias abertas, retirando, quando possível, o protetor de acrílico, o que possibilita a redução de até

50% do número de lâmpadas sem perda da qualidade do iluminamento.

### 5.2.2 Ar condicionado

Conforme os hábitos de consumo citados no referencial bibliográfico, sugere-se a adoção ações para minimizar os desperdícios como analisar a possibilidade de elevar os níveis de temperatura utilizados nos ambientes em função da época do ano, não ligar o climatizador em ambientes não ocupados e manter as portas e janelas fechadas quando o ar está sendo condicionado.

Foi realizado a inspeção visual dos climatizadores e os mesmos apresentaram boas condições (sem vazamentos de fluido, compressor funcionando normalmente, sem danos físicos) isso se deve ao fato da boa conservação e também de todos terem menos de 3 anos de vida.

### 5.2.3 Condicionamento térmico passivo

Algumas estratégias de condicionamento passivo são sugeridas como hábitos de consumo.

#### 5.2.3.1 Ventilação Natural

Em Xanxerê - SC os ventos predominantes são Nordeste o ano todo, o vento frio indesejável vem do Sul. Foi sugerido que as janelas no sentido Nordeste fiquem abertas durante a manhã no verão, assim a ventilação natural pode baixar a temperatura e expulsar o ar úmido e impuro dos espaços interiores, sem o consumo de energia convencional.

A figura 8 mostra a orientação da edificação.

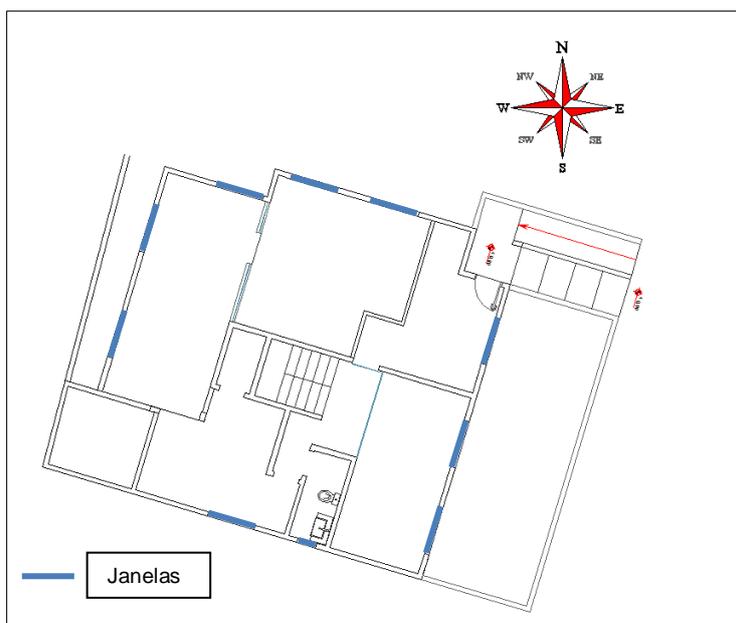


Figura 8 – Planta com a orientação da edificação.  
Fonte: Autora, 2014.

#### 5.2.3.2 Aquecimento Solar

No inverno a sugestão é que as janelas no sentido sul fiquem com as cortinas fechadas e as demais com as cortinas abertas, para entrada de calor através dos raios solares, aproveitando inclusive a iluminação natural.

### 5.3 Medidas de Intervenção

As medidas de intervenção correspondem à mudanças relacionadas ao sistema interno de geração de energia, neste caso foi avaliado a possibilidade de adoção de um gerador fotovoltaico.

#### 5.3.1 Energia Fotovoltaica

Como medida de intervenção principal foi sugerido a instalação de um sistema fotovoltaico integrado e conectado à rede elétrica. A simulação correu através do simulador América do Sol.

##### 5.3.1.1 Resumo da Simulação

Com base nos dados de consumo elétrico informados e na radiação solar do local selecionado, um sistema fotovoltaico de cerca de **9,0 kWp** de

potência instalada atenderia sua necessidade energética. O sistema proposto geraria em média **11,90 MWh** por ano.

Esse é um número aproximado e foi calculado para abastecer 100% da demanda elétrica descontando um consumo mínimo da rede elétrica que corresponde ao custo de disponibilidade.

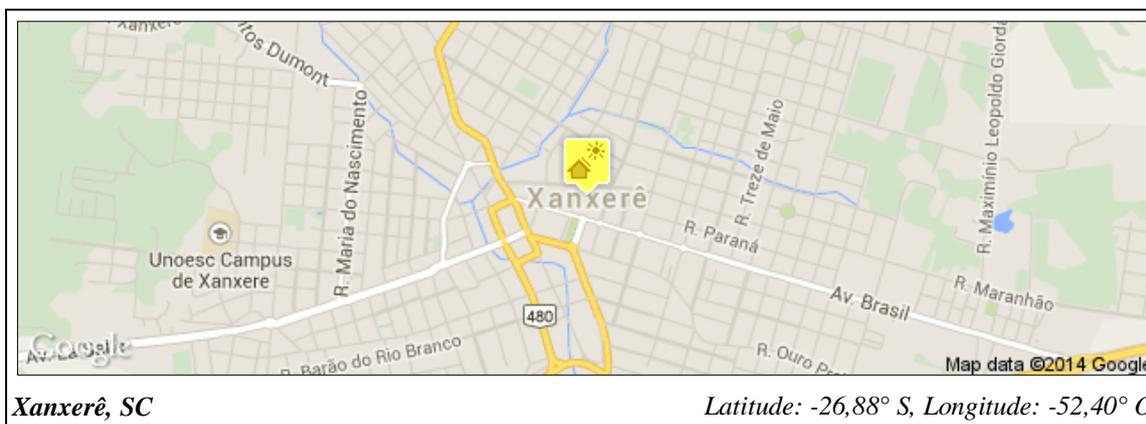


Figura 9 – Localização específica da edificação.  
Fonte: América do Sol, 2014.

A simulação considera que os módulos fotovoltaicos instalados estariam voltados para o Norte e com uma inclinação ótima, a qual corresponde à latitude da localização escolhida (Figura 9).

As características do sistema estão apresentadas na tabela 3 a seguir:

Tabela 3 – Características do sistema proposto.

<b>Sistema Fotovoltaico</b>	
Capacidade do sistema (Potência)	9,0 kWp
Área ocupada pelo sistema	de 60 a 74 m <sup>2</sup>
Inclinação aproximada dos módulos	27°
Radiação sobre os módulos	142.772 kWh
Rendimento anual	1.322 kWh/kWp
Emissões de CO2 evitadas	3.467 kg/a

Fonte: América do Sol, 2014.

### 5.3.1.2 Consumo elétrico detalhado

A geração solar é estimada segundo a radiação mensal média da localidade. A Tabela 4 demonstra o valor de consumo da rede e geração dos módulos. Na Figura 10 é apresentado a simulação de como ficaria o consumo

elétrico com um sistema fotovoltaico conectado à rede. A área cinza mostra uma estimativa de quanta eletricidade será fornecida pela rede elétrica, enquanto a área amarela mostra o quanto seria gerado pelo sistema fotovoltaico.

Tabela 4 – Consumo e geração anual.

<b>Consumo Elétrico Anual</b>	
<b>Consumo Total</b>	<b>13,99 MWh</b>
Consumo da rede elétrica	2,15 MWh
Geração fotovoltaica	11,90 MWh

Fonte: América do Sol, 2014.

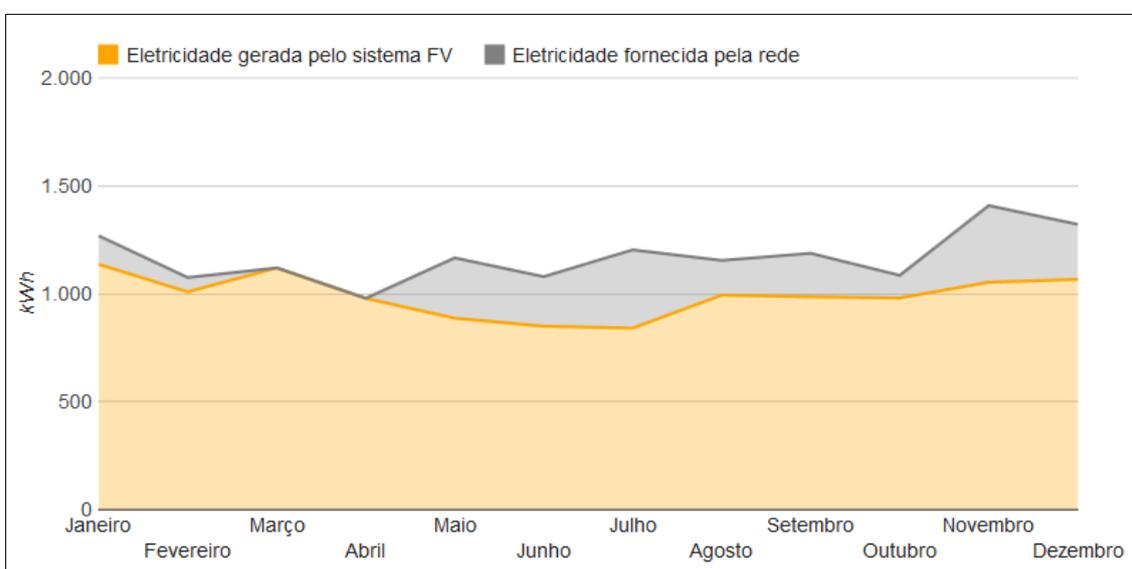


Figura 10 – Eletricidade gerada pelo sistema fotovoltaico (amarelo) e fornecida pela rede (cinza).

Fonte: América do Sol, 2014.

Os meses de março e abril demonstram créditos, estes créditos irão aparecer somente quando o sistema gerar mais energia do que consumiu no mês. Isso está previsto na resolução normativa 482/2012 da ANEEL, que criou o sistema de compensação de energia. Esses créditos serão usados para compensar o consumo da rede nos meses subsequentes.

### 5.3.1.3 Fatura de Energia

O gráfico abaixo (Figura 11) mostra a redução na conta de luz com a instalação de um sistema fotovoltaico. Pode ser comparado o quanto em kWh é

pago atualmente à distribuidora pelo consumo de eletricidade vindo da rede (barras cinzas) e quanto passaria a ser pago, em kWh, se fosse instalado o sistema fotovoltaico na edificação (barras amarelas). A conta de luz variará de acordo com a geração elétrica mensal do sistema fotovoltaico. Com excedentes convertidos em créditos para faturas nos próximos meses.

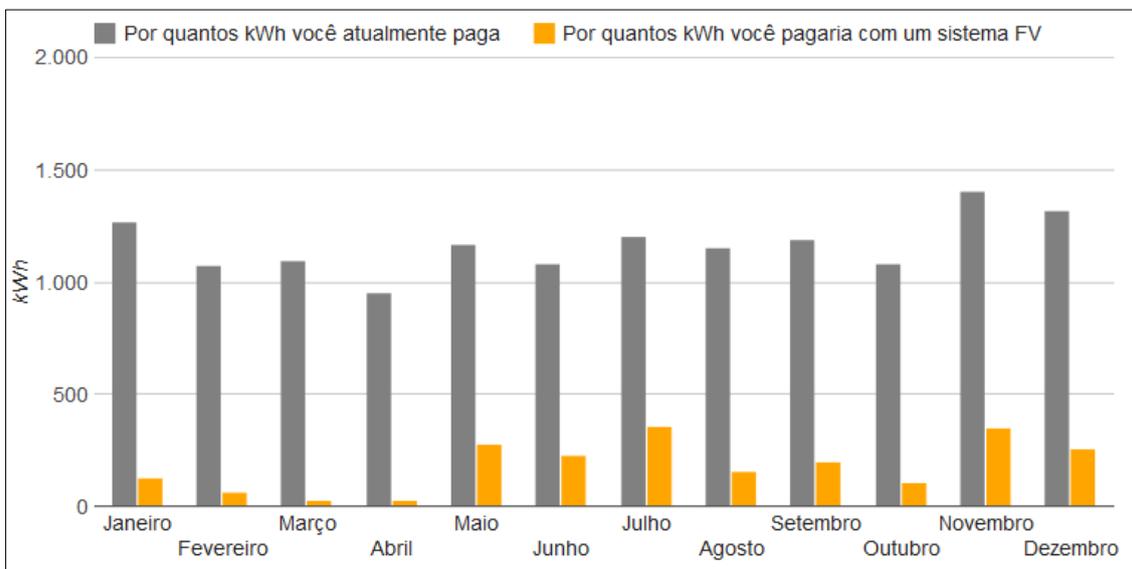


Figura 11 – Quantidade de energia paga atualmente para concessionária (cinza) e quantidade paga com o gerador FV (amarelo).

Fonte: América do Sol, 2014.

Lembrando que a fatura de energia nunca seria igual a zero, pois consumidores residenciais e de propriedades rurais (Grupo B) devem pagar, mensalmente, pelo menos o custo de disponibilidade. A conexão da edificação com a rede é **monofásica**. Portanto, o custo de disponibilidade é um valor em reais que equivale a **30 kWh**. Mesmo que não tenha sido utilizado energia da rede, a concessionária cumpriu com a obrigação de oferecer a infraestrutura necessária para levá-la até a edificação, razão pela qual existe esse custo mínimo.

#### 5.3.1.4 Configuração do Sistema

Para análise de payback foi realizado contato com grupo Neosolar Energia solicitando orçamento e escolhendo modelo de módulos e inversores eficientes, as características dos equipamentos escolhidos podem ser visualizados na tabela 5 e figura 12.

Tabela 5 – Características do equipamentos do gerador fotovoltaico.

<b>PAINEL</b>	Painel Solar Fotovoltaico Yingli YL245P 29b (245Wp)	<b>TOLERÂNCIA:</b>	0/+5W
<b>POTÊNCIA</b>	245 Wp	<b>EFICIÊNCIA CÉLULA:</b>	-
<b>PESO</b>	19,1 Kg	<b>EFICIÊNCIA PAINEL:</b>	15,00%
<b>DIMENSÕES</b>	1.650x990x40mm	<b>V<sub>m</sub> (V):</b>	30,2 V
<b>TIPO</b>	Policristalino	<b>I<sub>m</sub> (A):</b>	8,11 A
<b>GARANTIA</b>	10 anos contra defeito de fabricação e 25 anos contra perda de 20% da produção.		
<b>INVERSOR</b>	Inversor SMA Sunny Boy SB 2100TL	<b>EFIC. MAX/EUR:</b>	96,0%/95,2%
<b>MAX POT CC</b>	2.200 W	<b>V MAX/MIN/START:</b>	600/125/150 V <sub>cc</sub>
<b>MAX POT CA</b>	1.950 VA	<b>V MAX/MIN MPPT:</b>	200/480 V <sub>cc</sub>
<b>PESO</b>	16 Kg	<b>V NOM CA:</b>	160 - 260 V
<b>DIMENSÕES</b>	440x339x214mm	<b>FREQUÊNCIA:</b>	50/60
<b>GARANTIA</b>	5 anos contra defeito de fabricação. Vida útil estimada de 10 a 15 anos.		

Fonte: Neosolar, 2014.



Figura 12 – Consumo energético mensal da edificação, por classe de equipamento.

Fonte: Neosolar, 2014.

Os itens inclusos na proposta estão descritos a seguir e o valor total destes é apresentado na tabela 6.

- 36 Painéis Fotovoltaicos: Yingli YL245P 29b (245Wp);
- 5 Inversores SMA Sunny Boy SB 2100TL;
- Suporte para fixação dos painéis;
- Material elétrico necessário para instalação do sistema (disjuntores, conectores, eletrodutos, etc.);
- Serviço de instalação do sistema;

- Projeto elétrico e regularização do sistema junto a distribuidora de energia.

Tabela 6 – Valor do Gerador.

DESCRIÇÃO	VALOR TOTAL
Gerador Fotovoltaico 9,0 kWp	R\$ 126.847,00

#### 5.3.1.5 Tempo de Retorno - Pay Back

O sistema gerará aproximadamente 11.900 kWh por ano. O valor da tarifa é de R\$ 0,43/kWh. Portanto tem-se uma economia de R\$ 5.117,00 por ano.

O tempo de retorno é de aproximadamente 25 anos para o valor do investimento.

## 6 OBSERVAÇÕES E RECOMENDAÇÕES

O potencial de conservação de energia elétrica não foi quantificado para os hábitos de consumo (passivos), pois ficou inviável de realizar esse cálculo de forma que ficasse próximo do real. Seria necessário um tempo hábil para aplicação das medidas e posterior comparação. A recomendação para trabalhos futuros é que seja feita essa análise para determinação deste potencial.

A tarifa não pôde ser alterada pois o seu medidor é monofásico, ficando restrita à tensão 220 V. A recomendação para trabalhos futuros é que se analise a possível instalação de um medidor trifásico e possível enquadramento nas tarifas horo-sazonal verde e azul.

Outras medidas para eficiência podem ser avaliadas em estudos posteriores, como dutos de luz, mini aerogeradores e sistema de iluminação com sensores.

## 7 CONCLUSÕES

Através das análises realizadas, o consumo energético da edificação se mostrou bem distribuído, foi verificado um consumo médio de 1.165 kWh/mês e um sistema de iluminação dentro do exigido pela normativa. Foram sugeridas medidas para efficientização do sistema de climatização, relacionadas ao consumo eficiente do ar condicionado e aos sistemas passivos.

Um sistema fotovoltaico conectado à rede foi dimensionado, com uma potência de 9 kWp, onde este supriria a demanda energética da edificação, com um tempo de retorno de 25 anos, se tornando um sistema aplicável, uma vez que os módulos têm 25 anos de garantia contra perda de 20% da produção.

É importante salientar a necessidade de mudança na questão energética no Brasil: a adoção de uma matriz cada vez mais diversificada e focada na adoção mais intensa de fontes renováveis, que promovam a geração de empregos e maior desenvolvimento de tecnologias adaptadas às nossas condições técnicas, sociais e ambientais. Não podemos perder a oportunidade histórica e ficar para trás dentre os países que procuram soluções para os desafios atuais e futuros que atingem a sociedade e o mundo que vivemos.

## 8 REFERÊNCIAS

AMERICA DO SOL. **Simulador Solar**. 2014. Disponível em: <<http://www.americadosol.org/simulador-solar/>>. Acesso em 13/10/2014.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Brasília: ANEEL, 2008. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/biblioteca/EdicaoLivros2009atlas.cfm>>. Acesso em: 14 jun. 2014.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução 456

ALVAREZ, A. L. M. **Metodologia de Diagnóstico Energético** - GEPEA - Grupo de Energia do Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas da Escola Politécnica da USP. São Paulo – SP. 2000

EFILUX – Comércio de Produtos e Iluminação Ltda. **Tecnologia de iluminação residencial**. São Paulo. SP. 2013. Disponível em: <<http://www.efilux.com.br/tecnologia.html>>. Acesso em: 11/06/2014.

ELETROSUL - Centrais Elétricas S.A. **Energia Solar Fotovoltaica. Florianópolis, SC**. 2005. Disponível em: <<http://www.eletrosul.gov.br/home/conteudo.php?cd=1151>>. Acesso em 10/06/2014.

EVANS, J. M. **Housing climate and comfort**. London: Architectural Press, 1980.

NETO, J. V. T. **Diagnóstico Energético em uma Unidade de Separação de Gases** Recife, Maio de 2010.

GUILLIOD, S. D; CORDEIRO, M. L. R. **Manual do Pré-Diagnóstico Energético - Autodiagnóstico na Área de Prédios Públicos**. Rio de Janeiro, RJ: [s.n.]; dezembro/2010. Disponível em: <[http://www.orcamentofederal.gov.br/eficiencia-do-gasto/Manual\\_Pre-Diagnostico\\_Energetico\\_Projeto\\_Eficiencia\\_Energetica\\_Predio\\_Publicos.pdf](http://www.orcamentofederal.gov.br/eficiencia-do-gasto/Manual_Pre-Diagnostico_Energetico_Projeto_Eficiencia_Energetica_Predio_Publicos.pdf)>. Acesso em: 11/06/2014.

NBR 8995-1. **ABNT NBR ISO 8995-1-2013**. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/159026629/ABNT-NBR-ISO-8995-1-2013>>. Acesso em: 13/10/2014.

NEOSOLAR Energia. **Energia solar fotovoltaica**. São Paulo, SP. 2013. Disponível em: <<http://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/energia-solar-fotovoltaica>>. Acesso em 08/06/2014.

MAGALHÃES, L. C. PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. **Orientações gerais para conservação de energia elétrica em prédios públicos**. 1ª Edição. Rio de Janeiro, RJ. 2001.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Energia Solar**. Brasília, DF. [200-]. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/energia/energias-renovaveis/energia-solar>>. Acesso em 08/06/2014.

PINTO, P. M. M. **Diagnóstico Energético em um Prédio Comercial**. Rio de Janeiro, RJ. 2009.

PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. **Manual da tarifação de Energia Elétrica**. Rio de Janeiro, RJ. 2011.