

**FACULDADE FINOM DE PATOS DE MINAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

CAMILLA MAYARA GARCIA DA SILVA

CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS E ECONÔMICAS: estudo sobre alternativas de
uso da energia solar

PATOS DE MINAS – MG

2017

CAMILLA MAYARA GARCIA DA SILVA

CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS E ECONÔMICAS: estudo sobre
alternativas de uso da energia solar

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Civil da Faculdade Finom de Patos de
Minas, como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Orientadora: Prof.^a Msc. Vânia Cardoso
da Silva Morais.

Co-orientador: Esp. Diego Róger Borba
Amaral.

PATOS DE MINAS – MG

2017

CAMILLA MAYARA GARCIA DA SILVA

**CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS E ECONOMICAS: ESTUDO SOBRE
ALTERNATIVAS DE USO DA ENERGIA SOLAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Faculdade Finom de Patos de Minas, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Patos de Minas, 06 de Dezembro de 2017.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a MSc Vânia Cardoso da Silva Morais
Orientadora

Prof.^a Dr.^a Júnia Maria Clemente
Examinadora

Prof.^a Álisse Cristina da Silveira
Examinadora

AGRADECIMENTOS

A Deus por me dar a oportunidade de estar escrevendo este TCC, pois sem ele nada seria possível, aos meus pais por todo apoio, meus irmãos por toda ajuda, e meu noivo pela paciência. Agradeço também à faculdade, e aos professores pela atenção e ajuda constante.

E a todos que de alguma forma me ajudaram na concretização da minha formação, muito obrigada.

RESUMO

A energia solar é uma energia renovável que se torna cada vez mais influente no mundo das construções civis que prezam por uma economia no uso da energia elétrica e pela sustentabilidade. As placas solares são instrumento que favorecem a economia de energia e consequentemente a preservação do meio ambiente. Este estudo se caracteriza por uma revisão da literatura sobre construções sustentáveis e econômicas e estudo sobre alternativas de uso da energia solar com foco nos aquecedores e tetos solares através de pesquisa de campo *in locu* numa obra de construção civil onde se aplicou o sistema de iluminação solar em Patos de Minas. Os objetivos deste estudo foram apresentar através de pesquisa bibliográfica, e estudo em empresas a viabilidade econômica dos aquecedores solares e apresentar uma obra que usa o teto solar. Os resultados apontaram que é viável e econômico o uso desse tipo de energia, além de sustentável. Buscar incentivar o uso de alternativas sustentáveis é desenvolver tendências de construções que causem menos impacto ambiental com construções civis em harmonia com o meio ambiente.

Palavras-chave: Placas Solares. Energia renovável. Construções civis. Sustentabilidade. Viabilidade econômica.

LISTA DE FIGURAS

Quadro 1 – Pilares da construção sustentável.	11
Figura 1 – Aquecedor solar de uma placa.	14
Figura 2 – Esquema para montar um aquecedor solar em sua residência	15
Figura 3 – Sistema para gerar energia limpa e renovável	15
Figura 4 – Sistema de Aproveitamento de iluminação natural.	17
Figura 5 – Conta de energia da residência 2.	23
Figura 6 – Fachada da Igreja do Rosário	24
Figura 7 – Interior da Igreja do Rosário	26
Figura 8 – Interior da Igreja do Rosário e iluminação.	27
Figura 9 – Sistema de ar condicionado da Igreja do Rosário e iluminação.	28
Figura 10 – Instalação do sistema solar fotovoltaico da Igreja do Rosário.	29
Figura 11 – Aparelhos de ligações fotovoltaicos.	30
Figura 12 – Teto Solar Igreja do Rosário	31
Figura 13 – Consumo antes da instalação do equipamento fotovoltaico	31
Figura 14 – Consumo após a instalação do equipamento fotovoltaico	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Preços médios do Sistema de aquecimento Solar de água	22
Tabela 2 – Tabela de Consumo de Energia Elétrica - Chuveiros Elétricos - Edição 03/2016 do Inmetro.	21
Tabela 3 – Comparativo de economia nas contas de energia elétrica com e sem sistema de aquecimento solar de água	24

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	10
2.1	A CONSTRUÇÃO CIVIL E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	10
2.2	A SALUBRIDADE DOS EDIFÍCIOS E A UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS ECO – EFICIENTES: APLICAÇÃO DE MATERIAIS SUSTENTÁVEIS EM IMÓVEIS CONVENCIONAIS	12
2.2.1	Energia solar: o sistema de aquecimento solar de água	13
2.2.2	Energia solar: os tetos solares	16
3	METODOLOGIA	19
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1	VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA	20
4.2	ESTUDO DE CASO: PLACAS SOLARES NA IGREJA DO ROSÁRIO DE PATOS DE MINAS	24
5	CONCLUSÃO	34
	REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

Na atual conjuntura as condições de vida da humanidade cada vez mais degradam o meio ambiente, colocando em risco não só a espécie humana, mas milhares de vidas que habitam este planeta. Dessa maneira a preocupação com o meio ambiente e com as formas de preservação torna-se crescente.

Como resultado da ação humana, a construção civil degrada seriamente o meio, sendo uma das maiores causadoras de impacto ambiental. Este é o setor que mais consome materiais em todas as sociedades e com a transformação da matéria bruta, o transporte de materiais por longas distâncias a manutenção, a desmobilização e a demolição de construções após a etapa de construção são também responsáveis pelo consumo de parte significativa de energia, água e pela geração de poluentes (JONH et al., 2002).

Profissionais da construção civil têm buscado formas de minimizar os impactos ambientais provocados pela atividade, buscando meios mais sustentáveis de construir prédios, casas, apartamentos e tudo que diz respeito às edificações. Uma alternativa são as casas sustentáveis. Certo de que o impacto ambiental provocado pelas construções civis é grande por isso é relevante que as faculdades invistam em trabalhos que considerem o desenvolvimento sustentável. Desenvolver meios de tendências de construções que causem menor impacto e gerar cada vez mais tendências da construção civil em harmonia com o meio ambiente (KWAI, 2013).

A energia solar é uma opção sustentável, a conversão direta da energia solar em energia elétrica ocorre pelo efeito fotovoltaico, primeiramente observado por Edmond Becquerel, em 1839, que descobriu que certos materiais produzem pequenas quantidades de corrente elétrica quando expostos à luz. As células fotovoltaicas são feitas de um material semicondutor, geralmente é empregado o silício. A energia solar fotovoltaica é energia 100% silenciosa, não produz odor ou fumaça, esse tipo de energia é mais atraente, por não necessitar de gás, combustível e peças de reposição e tem uma vida útil muitas vezes superior a dos geradores citados anteriormente. Existe uma crescente demanda por fontes de energias alternativas, limpa, ou seja, não poluentes e com um baixo custo de produção e manutenção, porém poucos são os que conhecem e investem nestes

projetos, esse mercado só tende a crescer, trazendo grandes benefícios tanto para nós quanto para o meio ambiente. (DE SOUZA; DA SILVA, 2014).

Esta pesquisa teve como objetivos avaliar o uso de materiais na construção civil como alternativa sustentável, apresentando as técnicas construtivas utilizadas; mostrar o sistema de tetos solares e aquecedores solares bem como apresentar as vantagens que esse tipo de construção pode trazer, além de economizar e diminuir os impactos ambientais, podendo substituir materiais de casas convencionais.

A metodologia usada foi revisão da literatura sobre o sobre construções sustentáveis e econômicas e estudo sobre alternativas de uso da energia solar, e pesquisa de campo analisando a viabilidade econômica do aquecedor solar e mostrando *in locu* uma obra de construção civil onde se aplicou o sistema de iluminação solar.

Diante de grandes impactos ambientais causados pela construção civil, este estudo é importante por apresentar a viabilidade econômica do uso da energia solar e as possibilidades de se construir casas sustentáveis. Os resultados apontam que o investimento inicial é alto, durante a construção devido às medidas e equipamentos que são necessários, mas o retorno vem em um espaço de tempo relativamente curto.

2 FUNDAMENTAÇÃO TÉORICA

2.1 A CONSTRUÇÃO CIVIL E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Diante de todos os impactos ambientais resultantes da civilização humana, muitos estudos e conferências aconteceram para o debate destes e as possíveis medidas mitigadoras, tais como a II Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, Eco 92, a Rio +10, Rio + 20 e outras. Para Baldessar (2012) o resultado dessas ações em benefício da sustentabilidade, na área de construção civil é busca por uma arquitetura sustentável, desde o projeto até o sistema de avaliação ambiental de edificações, através de um longo processo a ser trabalhado.

Os critérios de sustentabilidade na arquitetura envolvem o entorno, os recursos naturais, a qualidade ambiental interna, a manutenção e os aspectos socioeconômicos. Os benefícios precisam estar concentrados em como minimizar gastos energéticos e aproveitar os recursos naturais, de modo a criar edificações mais sustentáveis. (BALDESSAR, 2012, p.28).

Nesse sentido, casas sustentáveis estão sendo cada vez mais utilizadas no mundo e no Brasil, elas podem ser mais econômicas além de minimizar o alto índice de degradação ambiental que ocorre diariamente no planeta.

Existe gradativa competitividade no mercado da construção civil que é submetida a instrumentos de comando de controle como legislações e normas. Dessa forma, a escolha de materiais de construção é um relevante campo da engenharia ambientalmente responsável, certo que comparando materiais entre si que cumprem a mesma função, vale avaliar sob a ótica ambiental, que aliado aos resultados de avaliação econômica e às preferências dos interessados, permitirá a tomada de decisão final sobre o material a utilizar (SOARES; SOUZA; PEREIRA, 2006). Diante do grave problema ambiental provocado pela construção civil e pela civilização, a casa ecológica é uma necessidade de sobrevivência para o ser humano. A casa ecológica, segundo Firmino (2004) é uma construção sustentável, na qual se utiliza eco materiais e soluções tecnológicas biocompatíveis e inteligentes, promovendo o bom uso e a economia de recursos finitos como a água e a energia elétrica, além de reduzir a poluição, melhorar a qualidade do ar no

ambiente interno, ter qualidade de segurança e conforto além da economia futuramente.

Na indústria da construção civil atualmente obter um produto que traga satisfação e funcionalidade para o proprietário da obra, que tenha condições de segurança, durabilidade, redução de deterioração no decorrer do seu ciclo de vida, compatibilidade econômica, estética com menor impacto ambiental possível, requer sensatez e conhecimento tecnológico dos intervenientes da construção para serem compatíveis às necessidades do homem de hoje e do futuro (SILVA, 2004).

A sustentabilidade pode ser definida como a preocupação em minimizar os impactos ambientais e a qualidade de vida fundamentada em três dimensões: dimensão econômica, dimensão social e dimensão ambiental, o “modelo de desenvolvimento sustentável deve estimular e salvaguardar a convivência harmoniosa e o equilíbrio entre estas três dimensões” (MATEUS, 2004, p. 9), ou seja, uma obra sustentável deve ser economicamente viável, socialmente justa e ambientalmente correta. Para esse autor, para se chegar à construção sustentável ou ecoeficiente, deve-se observar as responsabilidades da indústria da construção no que se refere ao conceito e aos objetivos da sustentabilidade, analisando as características da construção tradicional comparando-as com o critério sustentável para os materiais, produtos e os processos de construção. Nessa perspectiva o autor elenca alguns pilares que caracterizam a construção sustentável, conforme mostra o Quadro 1.

Quadro 1: Pilares da construção sustentável

Pilar	Característica
Economizar energia e água	Os edifícios devem ser concebidos de modo a se assegurar uma gestão eficiente dos consumos energéticos e de água
Assegurar a salubridade dos edifícios	Conforto ambiental no seu interior, através da introdução e maximização da iluminação e ventilação natural, onde for possível.
Maximizar a durabilidade dos edifícios	Utilizar tecnologias construtivas e materiais de construção que sejam duráveis, construções flexíveis que permitam o seu ajuste a novas utilizações.
Planear a conservação e a manutenção dos edifícios	Planear as intervenções de manutenção e reabilitação que permitem a dilatação do ciclo de vida das construções.
Utilizar materiais eco-eficientes	Todos os materiais que durante o ciclo de vida, desde a fase de extração até à devolução ao meio ambiente, possuem um baixo impacto ambiental.
Apresentar baixa massa de	Reduzir o peso das construções

construção	
Minimizar a produção de resíduos	A diminuição da produção de resíduos na fase de construção pode ser conseguida através da maximização da utilização de sistemas pré-fabricados, que só pode ser conseguida através da utilização dimensões padrão na fase de concepção
Ser econômica	A análise econômica de um sistema de construção deve ser efetuada durante as diversas fases do seu ciclo de vida: construção, utilização, manutenção e reabilitação, e demolição
Garantir condições dignas de higiene e segurança nos trabalhos de construção.	Escolha criteriosa dos materiais, produtos, sistemas construtivos e processos de construção, de modo a melhorar as condições de trabalho dos trabalhadores e a potenciar a diminuição dos riscos de acidente.

Fonte: Adaptado de Mateus (2004, p.13-17).

Seria ideal a presença de todos ou da maioria desses pilares numa construção dita sustentável, porém este tipo de construção já se diferencia de uma construção convencional somente com a presença de um desses pilares. Isso porque a opção por apenas um pilar já pode minimizar ou evitar um dano ambiental e/ ou reduzir ou evitar o consumo de um recurso natural.

Nesse estudo se priorizou um tipo de equipamento sustentável, o aquecedor solar que será descrito na próxima seção.

2.2 A SALUBRIDADE DOS EDIFÍCIOS E A UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS ECO – EFICIENTES: APLICAÇÃO DE MATERIAIS SUSTENTÁVEIS EM IMÓVEIS CONVENCIONAIS

Para Ganhão (2011) no âmbito da construção sustentável é preciso se ater a um conjunto de fatores como as condições climáticas do local onde os edifícios são construídos, a qualidade da envolvente (isolamento térmico, inércia térmica, vãos envidraçados, etc.) e a eficiência dos equipamentos utilizados. Assim as estratégias construtivas podem ser passivas ou ativas, sendo as soluções passivas o uso e controle dos fluxos naturais de energia que envolve o edifício (radiação solar e vento) e as soluções ativas conduzem à utilização racional da energia, tais como equipamentos que promovem o conforto e/ou a eficiência energética.

Pensando na salubridade dos edifícios que proporciona a maximização da iluminação e ventilação natural e na utilização de materiais eco – eficientes que minimizam o impacto ambiental da construção, a utilização de fonte de energia renovável apresenta o sol como um componente fortíssimo. A energia inalada por ele, e também o calor é uma alternativa de energia mais forte para se enfrentar as

dificuldades que pode ocorrer futuramente com o meio ambiente. A energia solar é renovável não poluí, e não danifica o meio ambiente. Ela é a solução para áreas afastadas que não possuem energia, especialmente no Brasil, que se encontram bons índices de insolação em qualquer território (YAKOV, 2000). Uma solução passiva para o uso da energia solar é na construção do edifício, observar a orientação correta que o edifício deve ter em virtude do percurso solar, de maneira a permitir melhor aproveitamento da energia solar como fonte de conforto luminoso e térmico. (GANHÃO, 2011).

2.2.1 Energia solar: o sistema de aquecimento solar de água

Os sistemas solares para o aquecimento de água são sistemas de aquecimento termo acumuladores que utilizam a radiação solar para aquecer a água, fornecem água quente, sem qualquer custo adicional para além da aquisição do equipamento. (MATEUS, 2004). Como a fonte de energia destes sistemas é o sol, sua aplicação é indicada para área de grande incidência de sol. O uso da energia solar tem muitas vantagens positivas para o ambiente, possui alto índice de energia que não se compara com nenhum outro sistema que produz energia. Suas vantagens em uma construção são bastante viáveis, como o aquecimento da água com uso de aquecedores solares e a economia de energia com placas solares.

O setor residencial responde por 23 % do consumo nacional de energia e de acordo com manual de uma companhia de energia do Brasil o consumo do chuveiro elétrico é o segundo maior em uma residência, correspondendo a 25%, perdendo apenas para o refrigerador/freezer que corresponde a 30 %. Sua utilização atinge o horário de pico das 18:00 às 19:00 horas, correspondendo a 8,5 % da demanda nacional de energia neste horário (VARELLA,2004).

Estes dados apontam a importância da substituição da fonte térmica elétrica pela fonte solar, para a obtenção de água quente principalmente em tempo de racionamento de energia, ganhando contornos de imprescindibilidade uma vez que a opção hídrica brasileira para a geração de energia elétrica está praticamente com seus recursos exauridos. (SOUZA, 2002).

Os aquecedores solares são coletores solares. Para Ganhão (2011, p. 65), “um coletor solar é um dispositivo que converte a energia solar em energia térmica [...] um sistema constituído por um painel que recebe a luz do sol, um permutador

em que o fluido de aquecimento circula e um depósito em que a água quente é armazenada”.Eles são extremamente úteis para construções sustentáveis, devido chuveiro elétrico ser o maior consumidor de energia, assim, os tetos solares e aquecedores solares dentre outros meios de construções sustentáveis estão sendo cada vez mais utilizados, visando economia e sustentabilidade. A Figura 1 mostra um aquecedor solar básico com uma única placa.

Figura 1: Aquecedor solar de uma placa

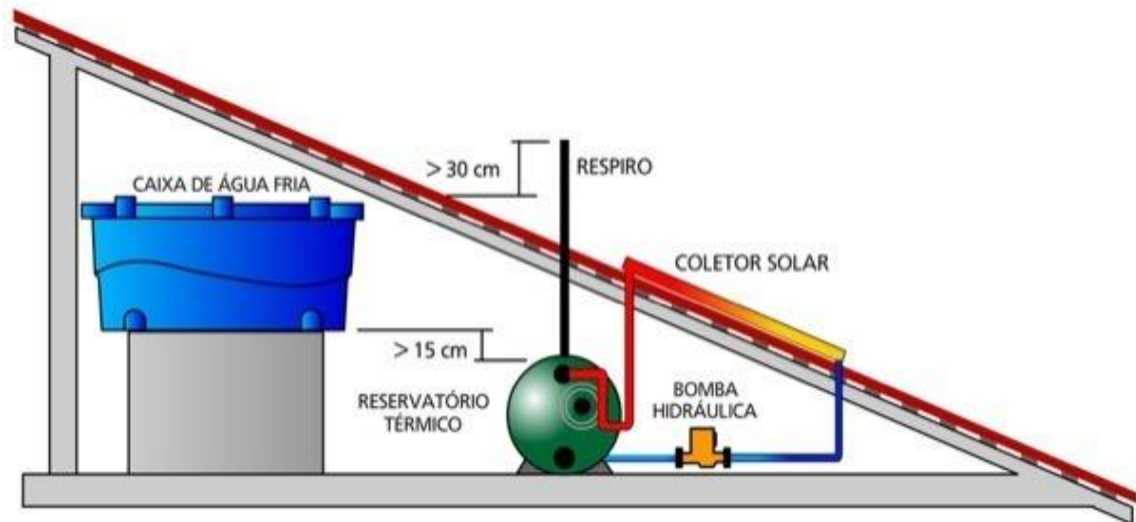


Fonte: Fontenelle (2017)

De acordo com Ganhão (2011), para se aumentar ao máximo a eficiência de um sistema de coletores solares térmicos deve-se ter em conta alguns pressupostos:

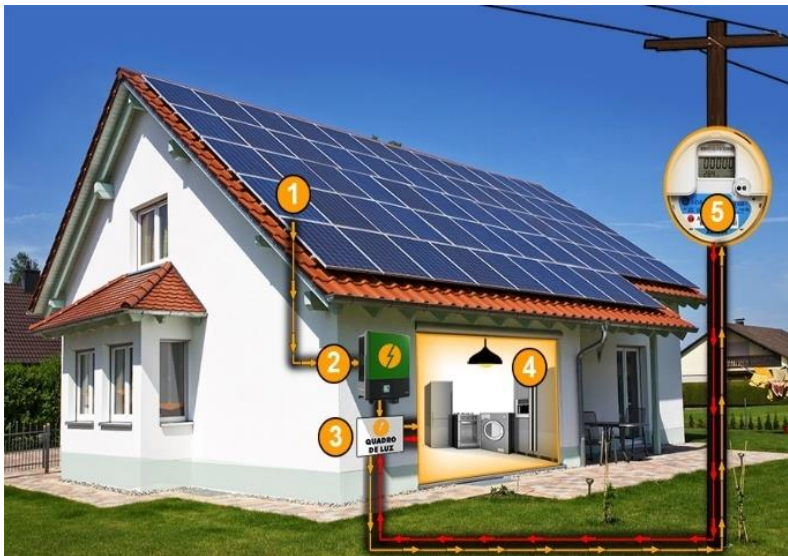
- Os coletores devem ficar orientados para Sul;
- O ângulo dos coletores relativamente à linha de horizonte deve ser o correspondente à latitude do local, sendo também aceitáveis ângulos mais baixos por razões arquitetônicas e para coletores usados apenas no Verão;
- As tubagens devem ser isoladas de forma a reduzir as perdas de calor desde o coletor até ao ponto de utilização;

Figura 2: Esquema para montar um aquecedor solar em sua residência



Fonte: (Fernando Ideias, 2017)

Figura 3: Sistema para gerar energia limpa e renovável



Fonte: Portal Solar (2017)

Os custos de aquisição, de operação e de manutenção, bem como a vida útil estimada de um sistema de aquecimento solar são fatores relevantes a serem observados na hora de se optar por um deste, entretanto a energia economizada com o sistema de aquecimento solar de água terá um impacto significativo na fatura energética durante anos, sendo um dos benefícios existentes na aquisição desses

sistemas, além da questão sustentável utilizando energias renováveis. (MATEUS, 2011).

A energia produzida pelos painéis solares é dita energia fotovoltaica, ela resulta da conversão da luz solar em corrente elétrica, através de módulos ou placas construídos com fotocélulas “produzidas a partir de um material semicondutor, como silício cristalino, silício amorfo hidrogenado, arsenieto de gálio, telureto de cádmio e células CIGS (Cobre-Índio-Gálio-Selênio), utilizados nesse processo”. (CABRAL; VIEIRA, 2012, p.5).

O sistema funciona da seguinte maneira, durante o dia os painéis fotovoltaicos convertem a energia do sol em eletricidade, sendo que a produção de energia depende da área disponível no telhado e do nível de radiação da cidade. O inversor converte a energia solar para o formato a utilizar nas tomadas da construção, sem a necessidade de obras ou de alteração das instalações elétricas e a vantagem é que, se o consumidor não consumir toda a energia solar produzida, o excedente é injetado na rede e ele é remunerado com créditos para consumir energia da concessionária. (SOLARGRID, 2017).

2.2.2 Energia solar: os tetos solares

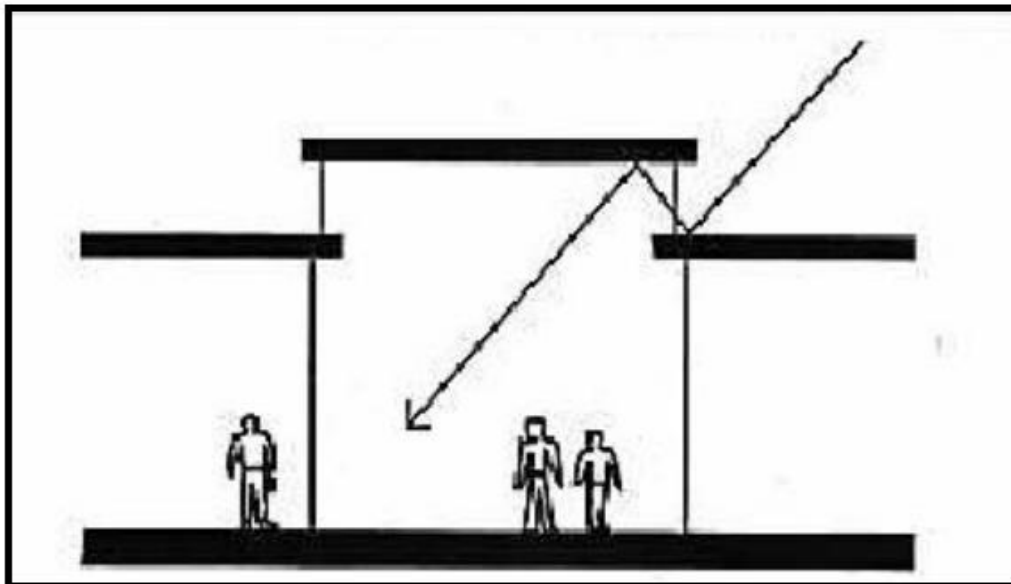
Diante da crise energética vivida pela sociedade atualmente, obriga a todos a utilização racional da energia, os sistemas de iluminação responsáveis tornam-se um dos principais alvos na busca da eficiência energética, buscando a luz natural gratuita como fator de contribuição para se obter um sistema energeticamente eficiente. (SOUSA, 2003). O autor afirma que a luz natural consiste em luz proveniente diretamente do Sol, luz difundida na atmosfera e luz refletida no entorno, sendo que sua magnitude e distribuição da luz no ambiente interno dependem da disponibilidade da luz natural, de obstruções externas, do tamanho, orientação, posição e detalhes de projeto das aberturas, das características óticas dos envidraçados, do tamanho e geometria do ambiente e da refletividade das superfícies internas.

Ghisi (1997) aponta que se pode alcançar um elevado potencial de economia de energia pode se a iluminação natural for utilizada como uma fonte de luz para iluminar os ambientes internos, mas a iluminação natural não resulta diretamente em economia de energia, isso só acontece quando a carga de iluminação artificial pode

ser reduzida através de sua utilização. Assim, um bom projeto de iluminação natural se aproveita e controla a luz disponível, maximizando suas vantagens e reduzindo suas desvantagens. Nesse sentido Sousa (2003) cita que uma das maneiras de minimizar o tempo de utilização do sistema de iluminação pelo aproveitamento da luz natural associados a controles automáticos onde os projetistas devem garantir em seus projetos a iluminação adequada ao desenvolvimento das tarefas visuais, evitando excessos e garantindo o uso mínimo de luz para a realização de tais tarefas durante o dia ou a noite.

Para se aproveitar a energia solar, os projetos arquitetônico e civil devem ser pensados, de modo que se analise as orientações adequadas do edifício em relação à trajetória solar, adotando aberturas dimensionadas para melhor aproveitar a iluminação natural. Também é preciso especificar materiais de qualidade tanto para a cobertura quanto para as vedações da fachada, considerando a ventilação. (VALENTE, 2009). Na Figura 4 está representado um esquema de aproveitamento de iluminação natural.

Figura 4 – Sistema de Aproveitamento de iluminação natural



Fonte: Gottfried (1996) apud Valente (2009, p.22)

O aproveitamento térmico e de iluminação natural denomina-se aproveitamento passivo de energia solar. Quanto ao aquecimento de ambientes, ele

ocorre através da absorção ou penetração da radiação solar nas edificações, reduzindo as necessidades de aquecimento e iluminação. Melhor aproveitamento térmico da radiação solar pode ser feito com o auxílio de técnicas mais sofisticadas de arquitetura e construção. Para a climatização passiva recomenda-se incorporar técnicas da arquitetura bioclimática, que são fachadas diferenciadas conforme a orientação, resfriamento evaporativo, sombreamento, incorporação da vegetação no isolamento da edificação, no resfriamento da edificação, através de vãos nas fachadas que permanecem abertos durante a noite, diminuindo assim, a massa térmica a ser esfriada ou refrigerada no dia seguinte além de dispositivos de proteção solar externos, verticais ou horizontais para minimizar a radiação solar direta no interior. ((MOGAWER; SOUZA, 2004).

No sistema de iluminação devem-se observar as fachadas e coberturas, devem analisando as áreas das janelas, se existem proteções solares, o tipo de vidro que irá ser utilizado, o clima da região, os revestimentos externos (cores escuras absorvem calor). Tanto para ventilação como iluminação, a utilização de pés direitos mais altos colaboram com um melhor aproveitamento da claridade e da entrada dos ventos. (VALENTE, 2009).

3 METODOLOGIA

Neste estudo se realizou uma pesquisa exploratória e descritiva (GIL, 2002), na qual após levantamento bibliográfico com enfoque em construções sustentáveis em vista da energia solar, observando a economia e viabilidade de aquecedores e tetos solares e apontando as vantagens da adoção dessas técnicas sustentáveis na construção civil.

Para análise dos aquecedores solares, foi feita uma abordagem quantitativa. Na qual se trabalhou com variáveis como custo de equipamentos e impacto econômico sobre o valor da conta de energia se usando o sistema de aquecimento solar de água.

E no caso do teto solar, foi feito um estudo de caso na Igreja Nossa Senhora do Rosário em Patos de Minas, onde ocorreu visita de campo e entrevista com o responsável, sobre o funcionamento do sistema de iluminação com o teto solar.

Sobremaneira, estão descritas o uso da energia solar em duas vertentes, a análise de viabilidade econômica do sistema de aquecimento solar de água e os possíveis benefícios do sistema de iluminação solar.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA

O estudo da viabilidade econômica foi feito primeiro um estudo comparativo do valor do equipamento, em diferentes empresas atendendo à públicos específicos. Os equipamentos básicos do sistema de aquecimento solar de água pesquisados, se caracterizam em um reservatório (Boiler Nível/Desnível) que permite não exige caixa d'água pode estar praticamente no mesmo "nível" do reservatório de água, observando-se apenas uma altura de 15cm acima do boiler. O kit conta ainda com um coletor solar de alta eficiência térmica, com placas que variam de um metro a um metro e meio. Cada m² placa (módulo fotovoltaicos) é capaz de aquecer 100 litros de água, a ser armazenado no reservatório térmico.

A Tabela 1 abaixo apresenta os resultados dos dados coletados em outubro de 2017, onde foi feita pesquisa em três empresas, sendo uma de Uberlândia e duas de São Paulo, que atendem o país todo. Os dados contidos no quadro abaixo consideram o consumo máximo de água quente indicado na Norma ABNT NBR 15.569, que trata do Sistema de aquecimento solar de água em circuito direto, nesse caso, o sistema possui alta pressão (grande vazão de água).

Tabela 1- Preços médios do Sistema de aquecimento Solar de água

Empresa	Tipo de aquecedor	Capacidade de de água aquecida	Quantidade de pessoas que atende	Caracterização do uso	Valor
Solaresol	Acoplado – coletor e reservatório (reservatório, coletor-1 placa 2x1)	200 litros	3 pessoas	Água quente em 1 chuveiro (com média de 10 minutos o banho). Com o baixo máximo de água quente.	R\$1.880,06
Solaresol	Kit aquecimento solar(reservatório e coletor-2placas).	300 litros	3 pessoas	Água quente em 1 chuveiro (com média de 10 minutos o banho)	R\$2.173,00

				e pia da cozinha. Com o consumo baixo de água quente.	
Lifesol	Kit Aquecimento Solar (reservatório e coletor-placas). 7	1000 litros	12 pessoas	Água quente em 1 chuveiro (com média de 10 minutos o banho), pia do banheiro, ducha higiênica e pia da cozinha. Com o consumo máximo de água quente.	R\$7.412,05
Leroy Merlim	Kit Aquecimento Solar (reservatório e coletor-placas). 5	400 litros	5 pessoas	Água quente em 1 chuveiro (com média de 10 minutos o banho), pia do banheiro, ducha higiênica e pia da cozinha. Com o consumo máximo de água quente.	R\$3.878,00

Fonte: A autora (2017)

A partir do orçamento do equipamento, foi feita a análise da viabilidade comparando economia de energia de duas residências familiares, levando-se em conta a água quente apenas num chuveiro elétrico.

Os cálculos da residência 1 foram feitos pela empresa Solar Grid, a partir dos dados a ela apresentados. Tal residência se caracteriza como: residência de 100 metros quadrados, com potência do projeto 1,68kwp, (Watt-pico- é a unidade de medida utilizada para painéis fotovoltaicos e significa a potência em W fornecida por um painel em condições específicas e reproduzidas em laboratório -STC. É a potência máxima que um painel pode fornecer em condições ideais),o equipamento com 6 módulos fotovoltaicos, com geração estimada de 221 KWh\mês e percentual de energia solar de 82%. No caso 1 a empresa já enviou os cálculos prontos.

Já a residência 2 foi orçada a partir das orientações presentes no site Indústria hoje” e dos cálculos do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia –Inmetro. A residência de uma família de Patos de Minas se caracteriza

como: residência de 67m² de área construída, com potência do projeto 1,68 kw, o equipamento com 4 módulos fotovoltaicos, com geração estimada de 221 KWh\mês e percentual de energia solar de 90%. Nesse caso, se pesquisou o consumo de energia do chuveiro, segundo a classificação do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia –Inmetro. A última edição da Tabela foi em 2016, sendo a cor verde para os modelos de menor consumo caminhando para a vermelha a de maior consumo, conforme Tabela 2.

Tabela 2: Tabela de Consumo de Energia Elétrica - Chuveiros Elétricos - Edição 03/2016 do Inmetro

CLASSES DE POTENCIA	POTENCIA (W)	UTILIZAÇÃO
A	P ≤ 2.400	PREFERENCIALMENTE, REGIÃO DE CLIMAS MAIS QUENTES, COMO A REGIÃO NORTE
B	2.400 > P ≤ 3.500	
C	3.500 > P ≤ 4.600	
D	4.600 > P ≤ 5.700	PREFERENCIALMENTE, REGIÃO DE CLIMAS MÉDIOS A QUENTES, COMO AS REGIÕES NORDESTE E CENTRO-OESTE
E	5.700 > P ≤ 6.800	
F	6.800 > P ≤ 7.900	PREFERENCIALMENTE, REGIÃO DE CLIMAS MAIS FRIOS, COMO AS REGIÕES SUL E SUDESTE
G	P > 7.900	

Fonte: Inmetro (2016)

Baseada nestes dados, calculou-se o consumo de energia do chuveiro, verificando na tabela do Inmetro a potência máxima do chuveiro elétrico. Nesse caso, o chuveiro da residência é da marca L., modelo 4 temperaturas ducha advanced turbo multitemperaturas os valores foram tirados da tabela para a região sudeste:

Potência (w) = 7500 KWh/mês é igual a uma potência de 7,5kw/h. E se utiliza a seguinte fórmula matemática:

Fórmula: Consumo em Kw = Potencia (w) x tempo (h) / 1000

$$\frac{\text{Potência do Equipamento (w)} \times \text{Número de horas utilizadas (h)} \times \text{Número de dias de uso no mês}}{\text{dividido por 1000}}$$

Na residência mora uma família de 5 pessoas, 2 adultos e 3 crianças, com 5 banhos diários com média de 5 minutos cada, totalizando 25 minutos diários, para cálculo se consultou o valor do Kwh na conta de energia de outubro com tarifa = R\$ 0,78 Kwh. Conforme Figura 1.

Figura 5: Conta de energia da residência 2:

CEMIG Companhia Saneamento de Minas Gerais

Multa Fiscal - Conta de Energia Elétrica
Série UT - Nº: 001033404
Controlador: 01.031.945008A004/0148

Endereço: [REDACTED] Estado: MG CEP: 38701-828

Medidor Nº: AMH181227807

Período de Medição: 22/06 a 21/07/2017

Letra Anterior	Letra Atual	Constante do Medidor	Consumo
1088	1207	1	108

VALORES FATURADOS

Descrição	Quantidade	Tarifa	Valor (R\$)
Energia Elétrica kWh	108	0,7800014	84,24
ENCARGOS/COBRANÇAS			11,87
Multa 2% conta de 06/2017 sobre R\$ 102,11 (TARIFAS APLICADAS sem impostos)		0,51714000	2,08
Bandeira Vermelha			1,47
Bandeira Amarela			2,30

RESERVADO AO FISCO
090B.C1D2.A84F.50BF.E581.A39A.0E12.3202

ICMS	FASEF	COFINS
R\$ 20,80	R\$ 0,58	R\$ 7,70

VENCIMENTO 11/10/2017 **VALOR A PAGAR R\$ 96,93**

Descrição	Valor
Consumo	84,24
Encargos	11,87
Multa	2,08
Bandeira Vermelha	1,47
Bandeira Amarela	2,30
Total	101,96

DEBITOS

Mês/Ano	Valor	Prec. Conta
JUL/2017	R\$107,04	100,00%
AGO/2017	R\$119,32	99,70%

Fonte: A autora (2017)

Assim: A potência máxima do chuveiro elétrico = 7500Watts ou 7,5 Kw
Banhos por dia = 5 x 5 min cada = 25 Min por dia, sendo dias por mês = 30 Dias

Realizando o cálculo:

$$\text{Kwh} = \frac{7500\text{watts} \times 0,41\text{h} \times 30\text{ dias}}{1000} = 93,75\text{kWh/mês}$$

Fórmula: Consumo em R\$ = Consumo KWh/Mês x Tarifa

O consumo em R\$ = 93,75 x 0,78 = R\$ 73,12. Os cálculos apontam o consumo delimitando o tempo de uso do chuveiro, com o sistema de aquecimento

de água a economia na conta teria uma redução de 73,9% do valor por mês, que seria de apenas R\$25,80. Assim, a redução da conta seria significativa, visto que equipamentos com resistência são os que mais pesam na conta.

Nesse sentido o Quadro 1 mostra a economia na conta de energia das duas residências.

Tabela 3 - Comparativo de economia nas contas de energia elétrica com e sem sistema de aquecimento solar de água

Residências	Conta de luz anual sem a placa solar (R\$)	Sua conta de Luz Anual com a placa solar (R\$)	Economia anual de consumo (R\$)	Economia anual em consumo percentual
Residência 1	2.916,00	540,00	2.316,00	79,43%
Residência 2	1.368,33	357,14	1.011,19	73,9%

Fonte: A autora (2017)

Os dados apontam que o impacto sobre a conta de energia considerando o uso do chuveiro é grande. A instalação do sistema pode ter um custo elevado, porém com o passar do tempo pode gerar uma economia muito grande, além de estar ajudando na sustentabilidade do planeta. Nesse sentido, para tornar possível a inserção da energia solar fotovoltaica “na sociedade como um todo, é preciso que se criem políticas de incentivos, subsidiando os custos elevados desta tecnologia, uma vez que seu valor dificulta sua viabilidade”. (CARLA; VIEIRA, 2012, p.8-9). Esse subsídio pode vir, por exemplo com redução da carga tributária sobre o equipamento.

4.2 ESTUDODE CASO: PLACAS SOLARES NA IGREJA DO ROSÁRIO DE PATOS DE MINAS

A obra visitada é uma obra de cunho histórico e social, trata-se da A Igreja do Rosário de Patos de Minas. A Igreja está localizada em Patos de Minas-MG, na Avenida Paracatu, Bairro Rosário em Patos de Minas. Ela é sinônimo de beleza e recebe vários fiéis patenses e visitantes. Na Igreja são feitos casamentos, batizados, celebrações de missas, novenas dentre outras atividades. Na Figura 6 a fachada da Igreja após a reforma.

Figura 6 – Fachada da Igreja do Rosário



Foto: A autora (2017)

Em 1920, foi demolida a pequena capela existente e, aos 14 de agosto de 1926, foi lançada a pedra fundamental da atual Igreja, pelo Cônego Manoel Fleury Curado. Aos 21 de Janeiro de 1929 a Igreja foi benzida e confiada ao culto. Em 1937 a Igreja foi confiada aos frades capuchinhos na pessoa do Frei Odorico. Nela celebravam-se missas, batizados e faziam-se encomendações. Nessa época existia um só movimento, os Vicentinos. Substituindo o Frei Odorico, assumiu a capela o Pe. João Maria Valim que além de dar assistência aos vicentinos, fundou a associação dos Rosarianos, que se reuniam no primeiro domingo de cada mês para a reza do Rosário e estudo das necessidades da Igreja, a pia União de Maria e catecismo das crianças. Realizavam as festas de São João e N. Sra. do Rosário. Aos 16 de março de 1948, capela foi elevada a Paróquia Nossa Senhora do Rosário pelo Bispo Dom Alexandre Gonçalves do Amaral. Assim, Pe. Clovis assumindo a nova Paróquia fundou a cruzada infantil e o Apostolado da Oração.

Recentemente foram feitos vários arrecadamentos, através de dízimos e doações, essa ajuda foi para ajudar na reforma da igreja. A reconstrução da Igreja

do Rosário se iniciou em 20 de maio de 2014, e terminou em meados de 2015, foram gastos cerca de 3 milhões para sua reforma. Nas Figura 7 e 8 o interior da Igreja do Rosário com sistema de iluminação.

Figura 7 – Interior da Igreja do Rosário



Fonte: A autora (2017)

A Igreja tem capacidade para mais de 700 pessoas, o piso é em granito e os vitrais são todos coloridos, conta também com ar condicionado e teto solar. A Igreja do Rosário é um cartão postal da cidade de Patos de Minas, recebe muitas visitas diariamente, por isso a importância de mantê-la sempre em boas condições.

Figura 8 – Interior da Igreja do Rosário e iluminação



Fonte: A autora (2017)

Parte Interna na Igreja do Rosário, com ar condicionado em todas as partes da Igreja, as lâmpadas que direcionam a energia se espalha por todo teto da igreja. A Igreja possui ar condicionado conforme Figura 9, devido principalmente ao seu consumia muita energia, com o uso do teto solar esse valor alto diminuiu significativamente, devido a essa economia na conta devemos repensar quando formos construir, não só economicamente, mas também sustentavelmente.

Figura 9 – Sistema de ar condicionado da Igreja do Rosário e iluminação



Foto: A autora (2017)

Em entrevista com o Pároco da Igreja, Padre G. M. de A., ele descreveu sobre o grande gasto com energia que a igreja estava tendo com a implantação de aparelhos de ar condicionado a energia. Com o aumento no consumo a equipe gestora da Igreja resolveu adquirir placas para o teto solar. Segundo o padre, a conta de energia que girava em torno de 3 mil reais/ mês, com o teto solar diminuiu quase 100%, passando a ser de a vir 80 reais.

O responsável pela obra foi o engenheiro E. J. M. e a empresa que instalou o equipamento foi Sol-Luz Energias Renováveis, o engenheiro disse que foi essencial

colocar o teto solar devido a economia e a sustentabilidade. O teto solar colocado foi o fotovoltaico. Antes de ser instalado é preciso medir o espaço do telhado, e colocado com face mais próximo do norte, é bom não obter sombras. Para cada kwp instalado precisa-se de 7m², deve-se ter em mente também a porcentagem que deseja reduzir na sua conta de energia, no caso da igreja do rosário a economia foi de quase 100%. O tamanho dos painéis fotovoltaicos varia, podendo ser de 170 watts ou 240 watts, dentre outros tamanhos que existem. O que mais importa para geração de energia e a potência total dos painéis fotovoltaicos instalados. A Figura 6 abaixo mostra a instalação do Sistema na Igreja do Rosário. A instalação foi feita no ano de 2015.

Figura 10 - Instalação do sistema solar fotovoltaico da Igreja do Rosário



Fonte: Sol-luz energias Renováveis (2015)

O equipamento usado consistiu nos painéis e aparelhos de ligação. Na Figura 7 alguns desses aparelhos.

Figura 11 - Aparelhos de ligações fotovoltaicos



Fonte: Sol-luz energias Renováveis (2015)

Os controladores de cargas funcionam como válvulas eles são responsáveis no intuito de evitar cargas e sobrecargas nas baterias, os Inversores são o cérebro do sistema que são um tipo de transformadores da energia e baterias funcionam como armazenamento da energia para se utilizar quando não houver sol. Os painéis solares são os principais, pois servem para dimensionar a energia solar para o sistema.

Na Figura 12 estão as placas instaladas no teto da Igreja.

Figura 12 – Teto Solar Igreja do Rosário



Foto: Sol-luz energias Renováveis (2015)

Nas Figuras 13 e 14 estão os gráficos comparativos de consumo de energia na Igreja do Rosário, cedidos pela empresa Sol-Luz Energias Renováveis

Figura 13 – Consumo antes da instalação do equipamento fotovoltaicos

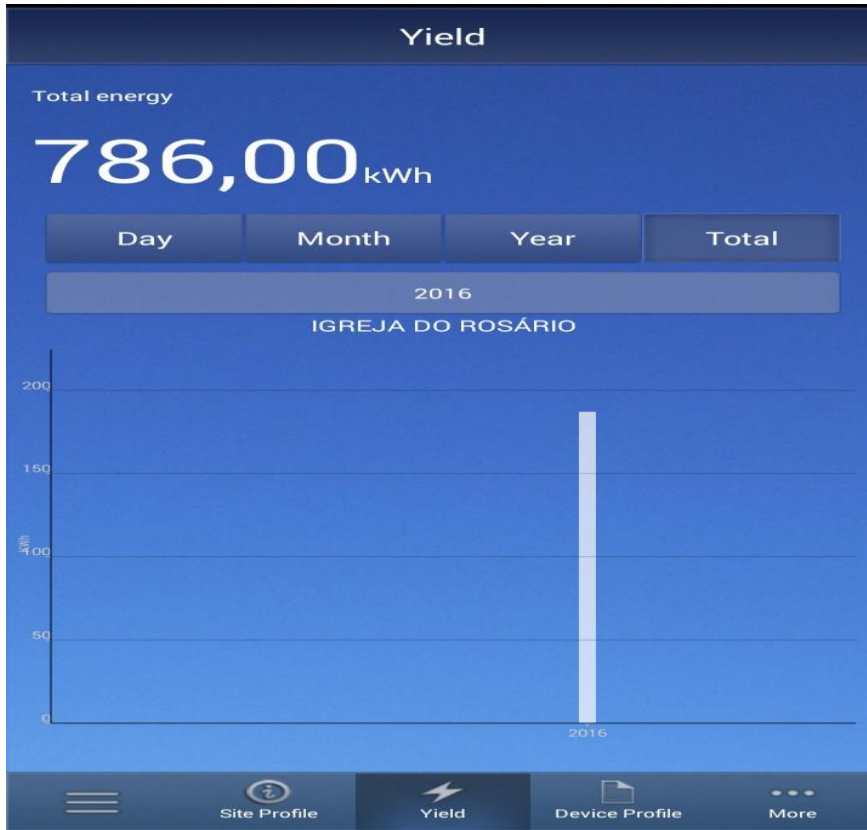


Foto: Sol-luz energias Renováveis (2016)

Figura 14 – Consumo após a instalação do equipamento fotovoltaicos

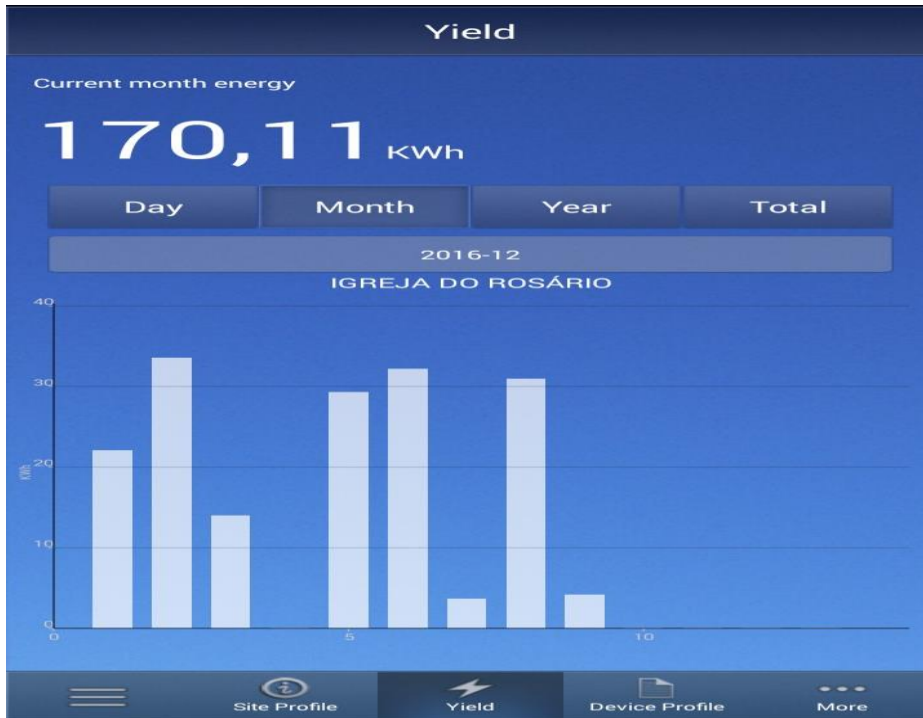


Foto: Sol-luz energias Renováveis (2016)

Os gráficos mostrados nas Figuras 8 e 9 mostram um o quanto foi diminuído o consumo de energia elétrica na igreja do rosário, o rendimento do teto solar diminuiu a energia claramente, no primeiro mostra que se gastava em média um consumo de 786 kwh, e no segundo, com algum tempo do uso o consumo diminuiu para 170,11kwh.

5 CONCLUSÃO

A utilização de fontes alternativas de energia como a energia solar através de aquecedor solar e sistema de iluminação minimizam impactos ambientais por reduzir o consumo de energia elétrica.

A partir da análise criteriosa da disponibilidade de luz solar pode se ter um melhor aproveitamento da claridade, equilibrando o uso da energia como a iluminação e satisfazendo os usuários. Assim, este estudo mostrou que dentre muitas possibilidades de diminuir o consumo da energia elétrica o que mais está sendo utilizado ultimamente é o uso da energia solar, não só como forma econômica, mas também como forma de construção sustentável.

Foi possível perceber que o investimento inicial às vezes é alto para se adquirir tanto o sistema de aquecedor de água, quanto o de iluminação é financeiramente viável e ecologicamente sustentável. Os benefícios em relação às placas e aos aquecedores convencionais apresentam praticamente o mesmo potencial. O uso deste tipo de aquecimento deve ser cada vez mais incentivado, usado e popularizado entre todos, seja de alta ou baixa renda.

Nos dois casos apresentados, o uso de energias renováveis mostrou economia, podendo abaixar a conta de energia consideravelmente, com isso o estudo confirmou que esse tipo de energia renovável é um grande investimento, se gasta muito na construção, pois o custo do teto solar é parcialmente alto, porém com o tempo esse custo se transformará em lucro, e economia diária.

REFERÊNCIAS

ÂNGULO, Sérgio Cirelli; ZORDAN, Sérgio Edurado; JOHN, Vanderley Moacyr. **Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil**. São Paulo: SP, 2001.

ARAÚJO, M. A. A moderna construção sustentável. **IDHEA - Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica**, 2008.

BALDESSAR, S. M. N. **Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada**. UFPR, PPGE. Curitiba, 2012.

CABRAL, I.; VIEIRA, R. Viabilidade econômica x viabilidade ambiental do uso de energia fotovoltaica no caso brasileiro: uma abordagem no período recente.. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 2012, Goiânia, **Anais...** Goiânia: Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais – IBEAS, 2012.

CASAGRANDE JR, Eloy Fassi. Princípios e Parâmetros para a Construção Sustentável. **Universidade Feevale. Novo Hamburgo, RS**.

JOHN, V. M.; SATO, N. M. N.; AGOPYAN, V.; SJÖSTRÖM, C. Durabilidade e Sustentabilidade: desafios para a construção civil brasileira. In: WORKSHOP SOBRE DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES, 2., São José dos Campos, 2002. **Anais...** São José dos Campos, 2002.

DA SILVA MATEUS, R. F. M. **Novas tecnologias construtivas com vista à sustentabilidade da construção**. 2004. Tese de Doutorado. Universidade do Minho.

DE SOUZA, J. A. A.; DA SILVA FILHO, P. V.. Energia solar uma opção sustentável. **ANAIS**, v. 1, n. 1, p. 296, 2014

FIRMINO, A. A Casa Ecológica: inovação e desenvolvimento sustentável. **Revista Geoinova**, n. 10, 2004.

FONTENELLE, C. Fotos. EPTV. PORTAL G1. In: **Aquecedor solar em 300 casas deve gerar economia de energia de 30%**. Disponível em:< <http://g1.globo.com/sp/sao-carlos-regiao/noticia/2014/04/aquecedor-solar-em-300-casas-deve-gerar-economia-de-energia-de-30-rio-claro.html>> Acessado em out. 2017.

GANHÃO, A. M. G. D. **Construção Sustentável - Propostas de melhoria da eficiência energética em edifícios de habitação**. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil – Perfil de Construção. Lisboa: Faculdade de ciências e tecnologia. Universidade de Lisboa., 2011, 150 p.

GHISI, E. **Desenvolvimento de uma metodologia para retrofit em sistemas de iluminação**: estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFSC, 1997.

JOHN, V. M.; SATO, N. M. N.; AGOPYAN, V.; SJÖSTRÖM, C. Durabilidade e Sustentabilidade: desafios para a construção civil brasileira. In: **WORKSHOP SOBRE DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES**, v.2, 2001.

JORNAL PATOS EM DESTAQUE. Disponível em:< <https://www.patosemdestaque.com.br/noticias/?n=quAv4s5JoU>. > Acessado em out. 2017

KWA, L. L. **Tecnologias, conceitos e propostas de materiais de construção sustentável do centro de vivências da UNESP, Rio Claro/SP**. Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Ambiental. Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista, 2013, 70 p.

LUSA, Daiane. Análise da viabilidade do sistema de coletores solares térmicos como alternativa para redução dos gastos com energia em habitações de interesse social. 2015.

MACEDO NETO, M. C. et al. Aplicação de materiais alternativos para o uso da energia solar. **HOLOS**, v. 4, 2014.

MATEUS, R. Novas Tecnologias Construtivas Com Vista à Sustentabilidade da Construção. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho.2004.

MOGAWER, T.; SOUZA, T. M.. Sistema solar de aquecimento de água para residências populares. **Proceedings of the 5th Encontro de Energia no Meio Rural**, 2004.

NEOSOLAR. <https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica-e-seus-componentes>

PORTAL SOLAR. Disponível em:< <https://www.portalsolar.com.br/sistema-fotovoltaico--como-funciona.html>. > Acessado em out. 2017

SOARES, Sebastião Roberto; SOUZA, DM de; PEREIRA, Sibeli Warmiling. A avaliação do ciclo de vida no contexto da construção civil. **Coletânea Habitare**, v. 7, p. 96-127, 2006.

SOLARGRID, empresa. **Como funciona?** Disponível em <<https://www.solargrid.com.br/>> Acessado em Nov. 2017.

SOL LUZ ENERGIAS RENOVAVEIS. Disponível em:< www.solluzenergias.com.br > Acessado em out. 2017

SOLTSTAR. ENERGIA SOLAR VOTOVALTICA. Disponível em:<
<http://www.vaicomtudo.com/preco-para-colocar-aquecedor-solar.html>> Acessado em
out. 2017.

SOUZA, Marcos Barros de et al. Potencialidade de aproveitamento da luz natural através da utilização de sistemas automáticos de controle para economia de energia elétrica. 2003.

WOELZ, Augustin T. Aquecedor solar de baixo custo (ASBC): uma alternativa custo-efetiva. **Proceedings of the 4th Encontro de Energia no Meio Rural**, 2002.

YACOV, T., ZEMEL, A., Long-term perspective on the development of solar energy, *Solar Energy*, 68: (5), 379-392, 2000.

VALENTE, J. P. **Certificações na construção civil: comparativo entre leed e HQE**. Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil. Rio de Janeiro: Escola Politécnica. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009, 70 p.