



TRABALHO DE GRADUAÇÃO

ENGENHARIAS 2023

TÍTULO: ESTUDO COMPARATIVO DA UTILIZAÇÃO DE TELHA CERÂMICA CONVENCIONAL E TELHA FOTOVOLTAICA EM MORADIAS DE INTERESSE SOCIAL

Núbia de Moura Dias Sousa¹

Rita de Cássia Corrêa Franco Cruz¹

Elaine Alves de Melo²

Universidade São Francisco

nubiamouraeng@gmail.com e rita.cruz@mail.usf.edu.br

¹Alunas do Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco - Campus Swift

²Professora Orientadora do Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco - Campus Swift.

Resumo. Partiu-se de uma pesquisa geral sobre tipos de telhados a serem usados em habitações populares, que pudessem trazer benefícios ou inovação. Ao final dessa triagem, resolveu-se selecionar as telhas e/ou painéis fotovoltaicos como objeto de estudo. Com o intuito de prospectar possibilidades de economia de energia para famílias com menor renda, analisou-se os custos, características e benefícios da utilização da telha fotovoltaica em comparação com a telha cerâmica tradicional. As questões norteadoras desenvolveram-se em torno do custo do material na fase de implementação, na quantificação da necessidade média de energia elétrica para uma residência unifamiliar de pequeno porte e na quantidade de energia que poderia ser suprida, e a que custo/quantidade, pelas telhas fotovoltaicas. A expectativa seria de verificar se em algum tempo o dispêndio da implementação desse sistema (tido como caro e sofisticado) se reverteria em ganhos reais para os consumidores de moradias populares.

Palavras-chave: cerâmica, solar, fotovoltaica, moradias populares, telhados, sustentável, autogeração de energia, economia, vantagens, desvantagens

Introdução

A ONU (Organizações das Nações Unidas), por meio das discussões da Agenda 2030, está empenhada em divulgar a importância de se alcançar o desenvolvimento sustentável (FERREIRA, 2018) e para isso criou, em 2015, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), um apelo global para minimizar a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima e garantir que as pessoas, em todos os lugares, possam desfrutar de paz e prosperidade. (ONU, 2020).

Tendo em vista a defasagem social em que ainda se encontra o Brasil, como país enquadrado na categoria “em desenvolvimento”, torna-se premente acelerar a oferta de condições dignas de moradia às populações, independente de sua faixa de renda, e para alcançar essa infraestrutura, a Engenharia Civil há de percorrer vários temas e requisitos, indo desde o saneamento básico e água de qualidade, até as questões relacionadas à sustentabilidade (ODS 11) e universalização da energia elétrica, a ODS 7, a qual é tratada neste artigo, e que estabelece como meta, a ser atingida no prazo mencionado, a

disponibilização de energia renovável, moderna, sustentável, limpa, estável e de custo acessível a todos os segmentos da sociedade.

Por energia “confiável”, da definição trazida do documento original da ONU, segundo o IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, deve-se entender que se trata da percepção “sob a ótica do consumidor e seu grau de confiança no fornecimento de energia, incluindo a estabilidade do fornecimento de energia, que no Brasil é uma obrigação legal”, ou seja, baixa probabilidade de interrupções. (IPEA, 2019)

A energia elétrica, na sociedade pós-industrial, tornou-se de suma importância devido à criação de equipamentos dependentes desse fornecimento, que alimenta indústrias, serviços, comércio, telecomunicações, iluminação pública e privada, e substitui outros recursos tradicionalmente utilizados, já chegando aos veículos automotores elétricos. Se antes dependia-se de papel ou correio, agora depende-se de computadores baseados em eletricidade e de telefones celulares que necessitam ser recarregados. Tais necessidades geraram uma ampla e concentrada dependência desse recurso, o que precisa ser minimizado, e vem sendo pesquisado e implementado no Brasil e no mundo, por exemplo com biocombustíveis, energia eólica e solar.

Quanto ao âmbito doméstico, o consumo elétrico é essencial, dada a utilização de eletrodomésticos, nos quais se baseiam totalmente o funcionamento da casa atual e a dinâmica familiar.

Aproveitando mais um conceito pertinente do IPEA: “O acesso à eletricidade aborda questões críticas importantes em todas as dimensões do desenvolvimento sustentável, envolvendo uma ampla gama de impactos sociais e econômicos, incluindo a facilitação do desenvolvimento de atividades geradoras de renda baseadas no domicílio e o alívio da carga das tarefas domésticas” (IPEA, 2019).

Poder-se-ia ir além, e notar que o acesso à automação do lar inclusive toca a ODS 5, que versa sobre a igualdade de gênero, considerando que a liberação dessa mulher de uma parte do fardo do trabalho doméstico, raramente dividido com o homem, como é tradição, pode liberar-lhe tempo para se colocar no mercado produtivo com competitividade mais equitativa com relação a eles.

Nesta pesquisa, em seguida, tratou-se então de verificar qual a situação da distribuição e acesso à energia elétrica no Brasil, e segundo dados do IBGE (2022), obtidos novamente no site do IPEA, a universalização do acesso à energia elétrica no Brasil já foi atingida praticamente em todas as regiões, sendo que os estados que ainda demonstram algum atraso em relação ao macro panorama seriam o Acre, Minas Gerais e alguns estados das regiões norte e nordeste (IPEA, 2019). Como se pode observar no Gráfico 1 e Tabela 1.

Indicador 7.1.1 - Percentagem da população com acesso à eletricidade

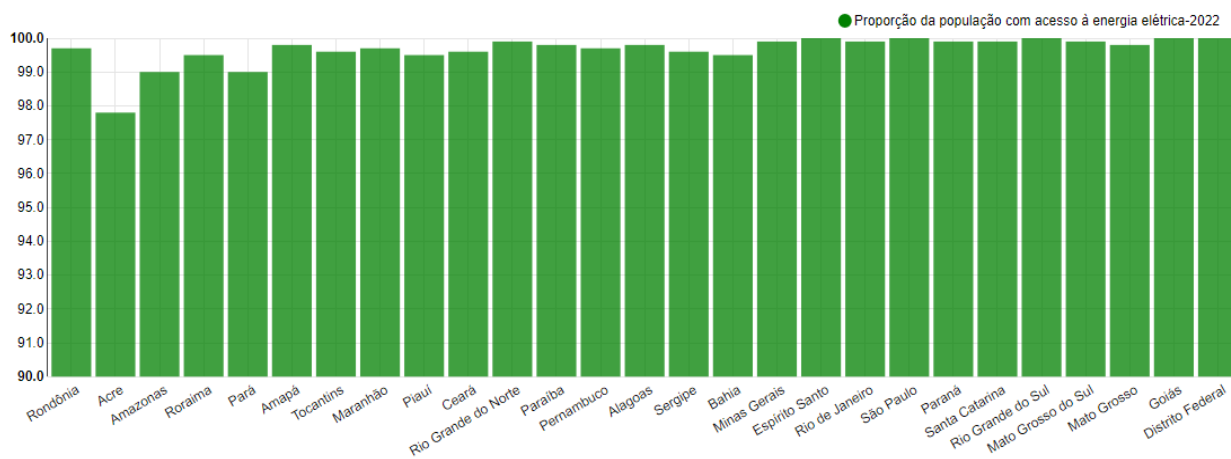


Gráfico 1. Percentagem da população com acesso à eletricidade. (Fonte: IPEA, 2019)

Proporção da população com acesso à energia elétrica - 2017-2022

Brasil, Grande Região e UF	2017	2018	2019	2022
Brasil	99,8	99,7	99,8	99,8
Norte	98,8	98,8	98,8	99,1
Rondônia	99,9	99,8	99,9	99,7
Acre	95,9	96,3	97,0	97,8
Amazonas	98,7	98,3	98,4	99,0
Roraima	99,6	99,6	99,1	99,5
Pará	98,6	98,8	98,7	99,0
Amapá	99,4	100,0	99,6	99,8
Tocantins	99,5	98,9	99,3	99,6
Nordeste	99,6	99,5	99,6	99,7
Maranhão	99,5	99,4	99,4	99,7
Piauí	98,5	99,2	99,1	99,5
Ceará	99,9	99,9	99,8	99,6
Rio Grande do Norte	99,9	99,8	99,8	99,9
Paraíba	100,0	100,0	99,8	99,8
Pernambuco	99,9	99,4	99,8	99,7
Alagoas	99,8	99,6	99,7	99,8
Sergipe	99,9	99,6	99,5	99,6
Bahia	99,4	99,3	99,4	99,5
Sudeste	100,0	100,0	100,0	99,9
Minas Gerais	99,9	99,9	99,9	99,9
Espírito Santo	99,9	100,0	100,0	100,0
Rio de Janeiro	100,0	100,0	100,0	99,9
São Paulo	100,0	100,0	100,0	100,0

Sul	100,0	99,9	100,0	99,9
Paraná	100,0	99,9	100,0	99,9
Santa Catarina	100,0	100,0	99,9	99,9
Rio Grande do Sul	100,0	99,9	100,0	100,0
Centro-Oeste	99,8	99,9	99,9	100,0
Mato Grosso do Sul	99,9	100,0	100,0	99,9
Mato Grosso	99,8	99,9	100,0	99,8
Goiás	99,7	99,9	99,9	100,0
Distrito Federal	100,0	99,9	99,8	100,0
Fonte: IBGE, Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio				

Tabela 1: Distribuição de abastecimento de energia elétrica por estados brasileiros. (Fonte: IPEA, 2019)

Aspecto esse satisfeito, pondere-se que haver concessionária e fornecimento de energia disponível nos municípios pode não ser sinônimo de capacidade de compra do serviço por todos os consumidores, a depender de sua condição de empregabilidade e classe social. A conveniência aqui residiria em liberar as famílias da dependência do gasto com as concessionárias, a partir de uma construção que aproveite a energia solar, abundante no Brasil.

Considerando que as telhas e os painéis fotovoltaicos entraram no mercado, em anos recentes, como uma promissora alternativa de captação de energia luminosa natural e transformação em energia térmica ou elétrica, e com potencial para, da forma mais limpa e ecológica - e o melhor, “sem custo e sem conta” - resolver a necessidade de autoabastecimento de uma edificação, surge a ideia de implementar a inovação de forma generalizada na habitação de cunho social, se interessante.

Este trabalho tem como objetivos tecer um comparativo de uso e viabilidade entre a telha cerâmica tradicional e a telha fotovoltaica, tendo em mente atender ao ODS 7 da ONU.

A ideia é simular a substituição das telhas cerâmicas pelas telhas fotovoltaicas e verificar se o incremento do custo construtivo deste telhado alternativo poderá “pagar-se com vantagem” no futuro, considerando a possível economia dessa família ao tornar-se menos dependente da concessionária de energia elétrica. Será necessário verificar a efetividade da economia após determinado período para concluir sobre a viabilidade da alteração do material desses telhados para fins de moradias populares.

A justificativa desta pesquisa advém da expectativa de que as telhas fotovoltaicas possam vir a atender a demanda por energia barata para essa camada da população em situação de vulnerabilidade social, ao mesmo tempo em que se contribuiria com a sustentabilidade ambiental.

Levantamento Bibliográfico

Encontra-se o aspecto histórico relatado em Luiz, et al (2019): “Desde tempos ancestrais o homem ou seus antecessores primitivos sempre buscaram proteger a si e suas

famílias de alguma forma, de predadores, inimigos e do mau tempo, seja em cavernas, grutas, árvores, seja por meio de incipientes construções e sucessivas experimentações e melhoramentos, de que temos vestígios arqueológicos datados de eras antigas e com diferentes características e materiais construtivos. Não é possível saber com exatidão a data de quando as telhas começaram a ser difundidas ou quando foram denominadas como tal (TRINDADE, 2014, in Luiz, et al (2019)).

Tem-se conhecimento de que foram utilizados materiais nas coberturas, de forma primitiva, como palhas, sapés, fragmentos arbóreos, cascas, folhas, forragens, tiras de bambus, gramíneas e couro de animais e, posteriormente, houve o advento de materiais provenientes de placas de pedras lapidadas (como ardósia), barro, ou argila, mesclas experimentais e experiências com metais, principalmente alumínio e cobre (Luiz, et al., 2019).

Quanto às definições preliminares, a cobertura ou cobrimento de uma edificação é a estrutura que arremata a parte superior da construção e tem como função a proteção e segurança do espaço interior e dos habitantes, bem como a preservação de seus objetos e das pessoas quanto a variações climáticas, intempéries e intrusões do meio externo. Ela desempenha notadamente um papel ligado ao conforto térmico, e a escolha dos materiais pode gerar uma economia maior nesse quesito ou, se inadequadas, levar a um dispêndio maior com consumo de energia pela necessidade de climatização artificial. É composta pelas telhas, estrutura para sustentação dessas telhas, estrutura principal de apoio, e sua função é a proteção da construção contra as intempéries (chuva, poeira, sol, ventos e temperaturas extremas), devendo obedecer aos aspectos de segurança, como risco baixo e aceitável de incêndio, desempenho estrutural, térmico e acústico, durabilidade e facilidade de manutenção. A parte da estrutura de um telhado é responsável por suportar a cobertura e parte do sistema de captação de água pluvial. (CALIL JR; MOLINA, 2010).”(DA SILVA, 2018)

Cada tipo de cobertura terá particularidades provenientes de seus materiais constitutivos, como níveis de (im)permeabilidade, resistência, durabilidade (níveis normais ou maresia), eficiência termo-acústica, conveniência de encaixes e montagem (eficiência anti-goteiras), pesos próprios (que podem exigir diferentes estruturas de sustentação), retenção de umidade e vulnerabilidade à ação biológica (fungos e mofo), requisitos de limpeza e manutenção, entre outros.

Chegando à atualidade da construção civil e do mercado de telhas brasileiro, encontram-se diferentes tipos de telhas, dentre os quais pode-se citar: as de fibrocimento, de PVC (Policloreto de Vinila), telhas “de plástico” (policarbonato ou polipropileno), de concreto, fibra de vidro (translúcidas), metálicas (em diferentes materiais, por exemplo, alumínio) e, em particular as gravilhadas (com uma liga de rocha e cerâmica), galvanizadas (zinco), as ecológicas (ex. fibra vegetal) e as recicladas (ex. a partir de plásticos, garrafas pet), de fibras vegetais, polipropileno, policarbonato, as de inspiração estrangeira - germânicas e shingle - e, finalmente, as telhas cerâmicas (também na variação de telhas esmaltadas) e, finalmente, as fotovoltaicas (Figura 1). Este projeto tratará principalmente das cerâmicas, de concreto e fotovoltaicas.



Figura 1 - Variedades de Telhas no Brasil. (Fonte: Próprio autor)

Quanto à energia solar no mundo, a China desponta na liderança, seguida por EUA, Japão e Alemanha. Quanto ao Brasil, o Jornal da USP noticiou recentemente que este emplacou a 8ª posição no ranking global da IRENA- Agência Internacional para as Energias Renováveis (em tradução livre)- em 2022. Com isso, a geração solar tornou-se a 2ª maior matriz elétrica nacional (USP, 2023). (Figura 2)

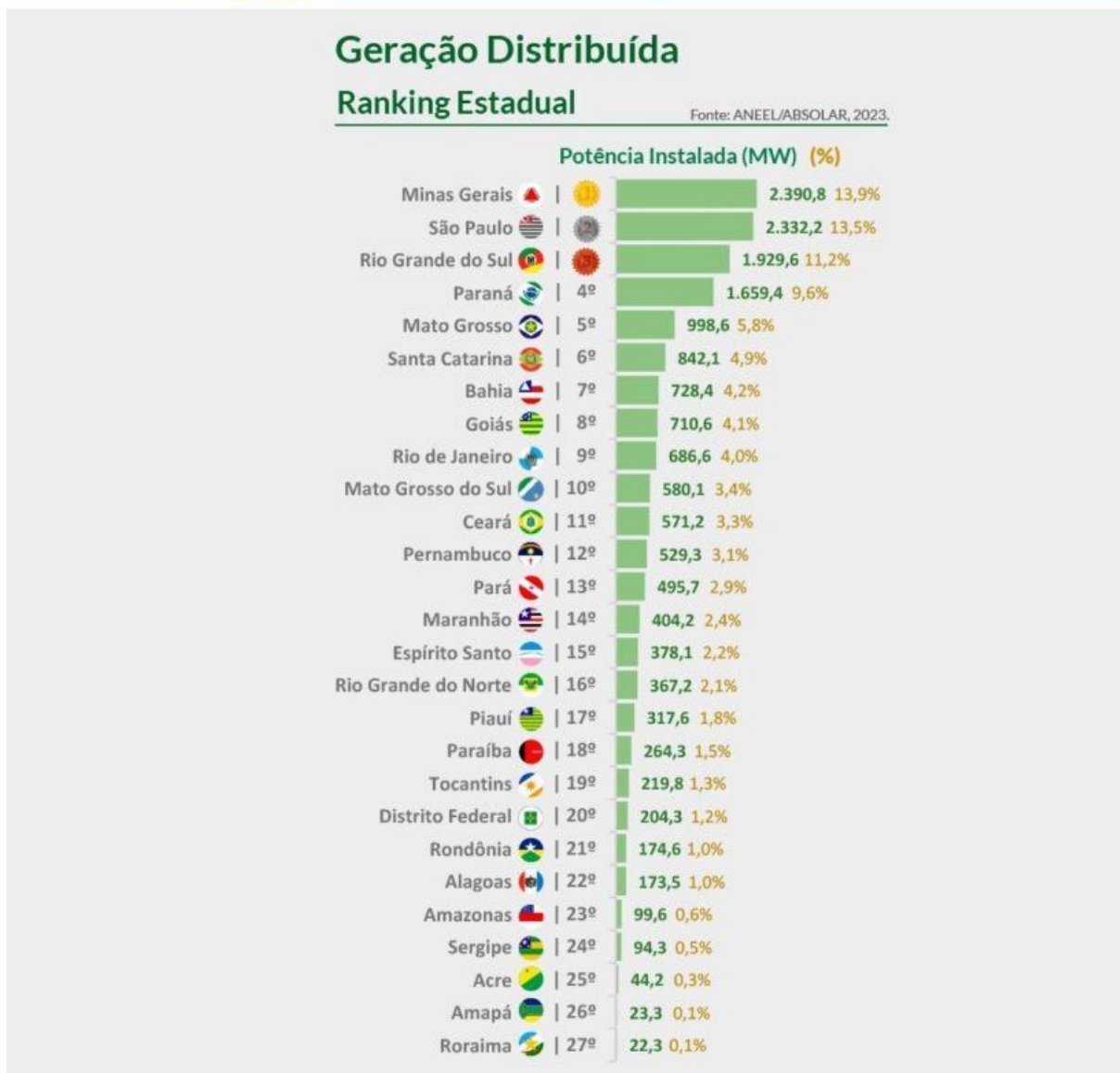
1. China: 392 GW
2. EUA: 111 GW
3. Japão: 78,8 GW
4. Alemanha: 66,5 GW
5. Índia: 62,8 GW
6. Austrália: 26,7 GW
7. Itália: 25 GW
8. **Brasil: 24 GW**
9. Holanda: 22,5 GW
10. Coreia do Sul: 20,9 GW

Figura 2. Ranking de produção energética entre países do mundo. - (Fonte HEIN, 2023)

Em consulta ao site da Absolar, pode-se conferir o ranking mundial (Top 10) da energia fotovoltaica, bem como o ranking interno brasileiro, com o potencial instalado de geração de energia solar por estado, sendo que Minas Gerais detém a primeira posição, com a maior capacidade solar instalada na geração distribuída, com 2.390,8 MW, seguido por São Paulo e Rio Grande do Sul. Acre, Roraima e Amapá ocupam as últimas posições (ABSOLAR, 2023). O atraso possivelmente se dê pelas restrições da cobertura florestal, menor ocupação demográfica e desenvolvimento econômico regional. (Figura 3)

Energia Solar Fotovoltaica no Brasil

Infográfico ABSOLAR



Atualizado em 07/02/2023 | nº 52



Figura 3. Infográfico do Ranking da energia solar no Brasil. (Fonte: ABSOLAR, 2023)

O grande benefício do aproveitamento da energia solar reside em ser uma forma de energia limpa, renovável, inesgotável e disponível, especialmente no Brasil, por suas características geográficas e climáticas.

O aquecimento solar já existe no Brasil desde a década de 70 e os painéis fotovoltaicos, para transformação de energia solar em elétrica, desde o início dos anos 2000.

Esses painéis têm como característica sua instalação sobre os telhados e são bastante potentes, por essa razão esse é o sistema mais amplamente utilizado até o momento.

Abaixo será apresentada uma descrição sumária dos principais tipos de telhas tratadas neste artigo, a saber: telhas de concreto, cerâmicas e fotovoltaicas.

1. Telhas de Concreto

Segundo Silva (2013), gerente de inovação e sustentabilidade da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), a telha de concreto é mais leve [que as demais], utiliza menos peças por metro quadrado, aumentando a produtividade da obra e agilizando a execução da cobertura, ainda sendo mais resistente e absorvendo menos água. (FONTANA e CARNIEL, 2022).

2. Telhas cerâmicas

São o tipo de telhas mais comum no Brasil, dada sua conveniência. São produzidas a partir da argila e possuem diferentes formatos. A coloração terracota é a mais comum, porém já se comercializa em outras cores com finalidades arquitetônico-estéticas. Elas possuem muitas vantagens, são duráveis e relativamente resistentes, principalmente ao fogo, ainda que nem tanto à ruptura; possuem bom isolamento termo-acústico, mas têm a desvantagem de serem pesadas, exigindo um corpo estrutural subjacente mais robusto, além de reterem umidade (mofo).

3. Telhas Fotovoltaicas

Há cerca de três anos foi veiculada pela imprensa a notícia de que a empresa Eternit lançaria, em 2021, as primeiras telhas fotovoltaicas brasileiras. Tidas como uma inovação um passo à frente dos painéis voltaicos, as telhas fotovoltaicas da marca são manufaturadas em concreto e com os módulos fotovoltaicos integrados às próprias telhas, denominadas BIG-F10 e Big F-11, da linha Tégula Solar, que segundo a empresa, foram testadas por três anos antes de serem disponibilizadas. A fabricante afirma que sua implementação possibilita o retorno sobre o investimento em um prazo estimado de 3 a 5 anos (ECOIA, 2021).

A telha fotovoltaica dessa linha vem nas dimensões de 36,5 x 47,5 cm e potência de 9,16 watts, com capacidade de geração média de energia de 1,15 kWh, e vida útil estimada em 20 anos, segundo o presidente do grupo (TÉGULA SOLAR, 2022).

Essas telhas têm uma moldura de concreto e acoplam as placas fotovoltaicas para captação de energia solar, substituindo os grandes painéis. O sistema ainda é considerado caro pela maior parte dos estudos comparativos percorridos na bibliografia, mas nela aponta-se algumas vantagens a médio e longo prazo no que concerne ao alívio do peso sobre estruturas e a economia que disso deriva, assim como a redução de consumo energético/despesas com concessionária de energia elétrica, autossuficiência e autonomia da moradia, sustentabilidade ambiental e estética. Os painéis solares são apontados como mais econômicos. Conforme **Khider e Lima (2021):**

"Nota-se outras vantagens do sistema de telhas fotovoltaicas em relação ao sistema de placas quando observa-se os aspectos técnico estrutural, ambiental e estético. Como o peso do sistema de telhas é menor, o telhado precisa de uma estrutura menos robusta, podendo ser mais barato e, em certos casos, a única solução de sistema. Com a redução de peso e uma estrutura menor, gasta-se menos madeiras, degradando-se menos o ambiente, reforçando mais um ponto positivo desta nova forma

Conclusões semelhantes foram reforçadas por Mansur, Santos e Rocha, (pág. 9 - itens 5 e 6), no entanto estes apontam que as telhas fotovoltaicas têm a vantagem de maior facilidade de instalação, fiação não aparente, resistência conferida por serem feitas de vidro temperado e facilidade de limpeza, o que contribui com sua eficiência operacional.

No Brasil a geração de energia solar através do sistema fotovoltaico é promissora, já que a maior parte de seu território se encontra entre os trópicos, e a incidência solar do local menos ensolarado no país pode gerar mais energia do que o ponto mais ensolarado na Alemanha (KHIDER E GENARO, 2021), por exemplo, porém aquele país está à frente no que diz respeito à produção de energia solar. (MARQUES et al, 2022)

A energia elétrica gerada pelas telhas fotovoltaicas parte do mesmo princípio do sistema de placas fotovoltaicas, que podem ser instaladas em cima do telhado ou mesmo à parte de residência, diferenciando-se em relação à maneira de instalação (como mencionado) e quesitos de instalação, devido ao peso das placas. (MARQUES et al, 2022)

A produção de energia solar é um meio de se alcançar a sustentabilidade nas construções, isso porque a construção civil é responsável por 40% da energia utilizada no mundo e, desde a crise hídrica em 2001, a preocupação com esse tema é presente no país. (KHIDER E GENARO, 2021).

Lembrando também que o conceito de sustentabilidade na construção civil não visa à estética, mas ao uso consciente dos recursos naturais, preservando o conforto necessário da construção, e idealmente trazendo benefício financeiro para os proprietários e moradores dos imóveis. (SILVA et al., 2017)

Material e Métodos

O presente trabalho foi baseado em levantamento bibliográfico, realizado em sites e repositórios acadêmicos, bem como consulta a catálogos de fabricantes das telhas, conforme a bibliografia apresentada.

Como trabalho de campo houve contatos, conversas e visitas a algumas empresas de sistemas de telhados e painéis fotovoltaicos, além de um orçamento personalizado para a área de telhado proposta. O orçamento foi fornecido pela empresa Tégula, integrante do grupo Eternit, localizada na cidade de Atibaia-SP, com quarenta e cinco anos de mercado, líder na fabricação de telhas de concreto. As telhas fotovoltaicas da Tégula Solar são as primeiras telhas fotovoltaicas do país, sendo um produto patentado com tecnologia brasileira.

As especificações idealizadas foram para duas casas, para efeito comparativo. Ambas de alvenaria, de padrão popular, contendo, igualmente, 2 dormitórios, sala, cozinha, banheiro e lavanderia, com uma área construída de 42,79 m², estruturas metálicas para sustentação do telhado, telhado esse com 2 águas, e inclinação de 30% em ambas as águas, ou seja, padrão semelhante a uma casa modelo da CDHU- Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano (Figura 4). O beiral, para efeito de cálculos, foi assumido na extensão de 0,70m em todas as laterais. (Figura 5);



Figura 4. Planta baixa: Casas 1 e 2 (Fonte: PROJETO MOBILIANDO, 2020))

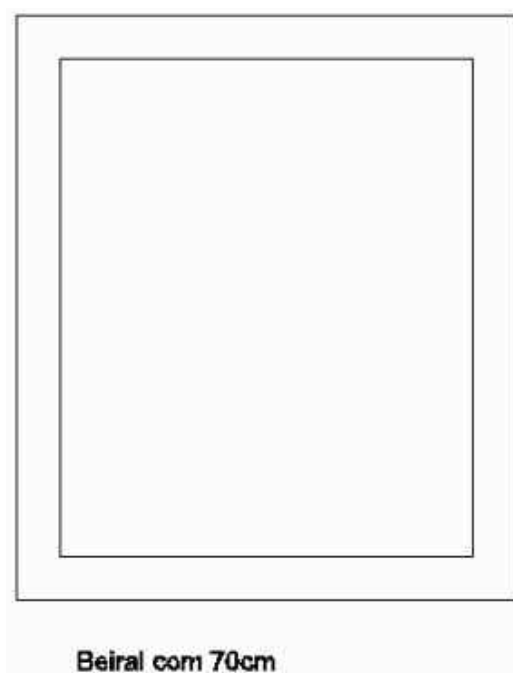


Figura 5. Representação do beiral (Fonte:LIMA, 2021)

Sobre a particularização de cada uma das duas casas:

- 1) Casa “tradicional”: completamente coberta por telhas cerâmicas e atendida por energia elétrica de concessionária;
- 2) Casa “sustentável”: idêntica à anterior, se não pelo fato de ser coberta por telhas fotovoltaicas, captando sua energia a partir da luz solar, sendo constituída de telhas fotovoltaicas (tendo as superfícies captadoras da insolação na face norte) e telhas de concreto convencionais complementares, já que as fotovoltaicas não podem ter cortes na instalação.

Para a análise da área do telhado, inicialmente considerou-se a área em planta, incorporando, para cada extremidade, um beiral de 0,7 metros, como já mencionado anteriormente. A partir dessa informação, juntamente com a seleção dos tipos de telhas escolhidas como objeto de estudo, foi possível realizar a correção da área em planta para a área inclinada.

A determinação do tipo de telha constitui uma etapa crucial a ser efetuada, antes mesmo do início dos cálculos para determinar a quantidade necessária, pois, dependendo do tipo de telha escolhido, existe uma inclinação mínima adequada para a instalação. Cada variedade de telha demanda uma inclinação específica, sendo que essas informações são geralmente disponibilizadas pelos fabricantes.

A empresa Tégula produz telhas de concreto convencionais e as telhas de concreto fotovoltaicas através da Tégula Solar. Dentre a variedade de telhas fabricadas existe a Telha Big e a telha Big fotovoltaica. São de fácil instalação e compatíveis entre si. As duas telhas apresentam o mesmo tamanho, sendo maiores do que as tradicionais telhas de cerâmica, por exemplo. As telhas fotovoltaicas apresentam alguns modelos, como o F-10 e o F-11, diferenciando entre si pela produção mensal de energia e a potência delas. Para o presente trabalho foi escolhida a telha Big F-11.

Isto posto, para as telhas de concreto Big convencional, da marca Tégula, e a telha de concreto Big F-11 da Tégula Solar é utilizada uma inclinação de 30% (TÉGULA, 2022). Já para a telha de cerâmica tipo portuguesa, é necessário saber a altura do telhado pois, para comprimentos de 0 a 3 metros, a inclinação mínima é de 30 % e, passando disso, acrescenta-se 2% no valor da inclinação (MORANDIN, 2018). No caso foi adotada a mesma inclinação da telha de concreto para a telha de cerâmica, 30%.

Tendo a inclinação de cada telha, utiliza-se o fator de correção para chegar ao valor da área inclinada, multiplicando-se um pelo outro. Como se pode ver na Tabela 2, o fator de correção para 30% de inclinação do telhado é de 1,044.

%	Graus	fator
30	16°42'	1,044
31	17°13'	1,047
32	17°44'	1,050
33	18°15'	1,053
34	18°46'	1,056
35	19°17'	1,059

Tabela 2: Fator de correção de acordo com a inclinação do telhado. (Fonte: TÉGULA, 2023)

Tendo-se o valor da área inclinada, é possível calcular a quantidade de telhas e, por conseguinte, os valores de cada uma. A quantidade de telhas é calculada multiplicando-se a quantidade de telhas por m² pela área inclinada e pelo fator de segurança, aqui foi utilizado 5%. Esse fator de segurança é usado para não correr o risco de haver perdas e faltar telhas na instalação. O rendimento por m² é dado pelo fabricante.

Para as telhas da marca Tégula utilizou-se um orçamento solicitado à empresa, no qual foi especificada a quantidade de telhas a serem utilizadas, tanto para a Tégula Big de concreto quanto para a Tégula Solar. A Tégula solar não tem como ser instalada sozinha, pois não pode ser cortada ou quebrada para a instalação. Então, a própria empresa orça de acordo com a metragem do projeto. No projeto passado pela empresa não foi especificado qual o norte,

porém a instalação das placas deve ser nessa direção.

O orçamento foi feito com base em um consumo médio de 15 kW/hora. As telhas Tégula solar são vendidas com o kit de instalação, não sendo passado o preço separadamente. Como os valores variam de acordo com o tipo de acabamento da telha, e isso não foi especificado para o orçamento, tem-se que, em média, o valor da telha Big de concreto convencional é de R\$4,00 (quatro reais).

Os valores e informações das telhas de cerâmica tipo Portuguesa foram obtidos através de uma cerâmica localizada em Itú, interior de São Paulo.

Lembrando que foram orçados os valores de telhas, nada além disso.

Com todos os dados em mãos, foram feitas as comparações entre o telhado feito com as telhas cerâmicas tipo portuguesa e o telhado feito com as telhas de concreto (Big convencional e Big solar F-11) em relação a tamanho, peso, resistência, quantidade por metro quadrado, valor de compra, consumo de energia elétrica e o retorno sobre o investimento.

Resultados e Discussão

Na Tabela 3 tem-se os dados iniciais de área em planta, inclinação, fator de correção e área inclinada.

Área em planta	63,09 m²
Inclinação utilizada	30%
Fator de correção	1,044
Área inclinada	65,86 m²

Tabela 3: Dados iniciais (Fonte: Próprio autor)

Seguindo pelas quantidades por metro quadrado, tamanho, resistência e valor de compra para cada tipo de telha. (Tabela 4)

	Quantidade	Tamanho	Carga de Ruptura	Peso (Kg/m ²)	Valor de Compra	Produção de energia
Telha Cerâmica Portuguesa	16 und/ m ²	0,41m x 0,237m 0,0971 m ²	130 Kgf	41,6	R\$ 3,00 até 100 unidades R\$ 1,35 o milheiro Portanto, para a quantidade utilizada será o valor total de R\$ 1512,00	-
Telha de concreto Big	7,5 und/ m ² (376 unidades)	47,5 cm x 36,5 cm 0,1733 m ²	≥ 200 Kgf	40,9	R\$ 4,00/ und (R\$ 1.504,00)	-
Telha de concreto solar Big F-11	7,5m ² (168 unidades)	47,5 cm x 36,5 cm 0,1733 m ²	≥ 200 Kgf	40,9	R\$ 11,638,00	168 kWh/mês

Tabela 4: Características de cada telha estudada. (Fonte: Próprio autor)

Com esses dados vê-se, analisando a quantidade de telhas por metro quadrado, que a telha de concreto é melhor, já que em um metro a quantidade é menor comparada à telha de cerâmica (Gráfico 2). Esse dado pode ser comprovado quando analisada também a questão do tamanho da telha (Gráfico 3), sendo a telha de concreto 78% maior do que a telha de cerâmica. Em relação à quantidade por metro quadrado, não foi feita a diferenciação entre a telha de concreto Big convencional e a fotovoltaica, dado o fato de possuírem o mesmo tamanho e rendimento, sendo compatíveis entre si.

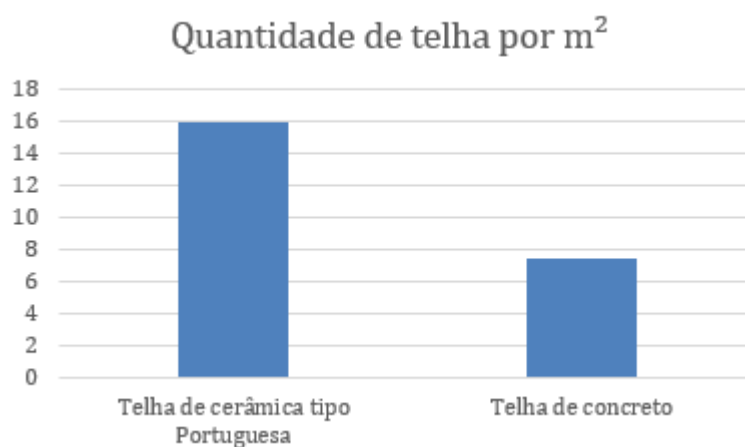


Gráfico 2: Comparativo entre a quantidade de telhas de cerâmica tipo portuguesa e tipo

concreto (Fonte: Próprio autor)

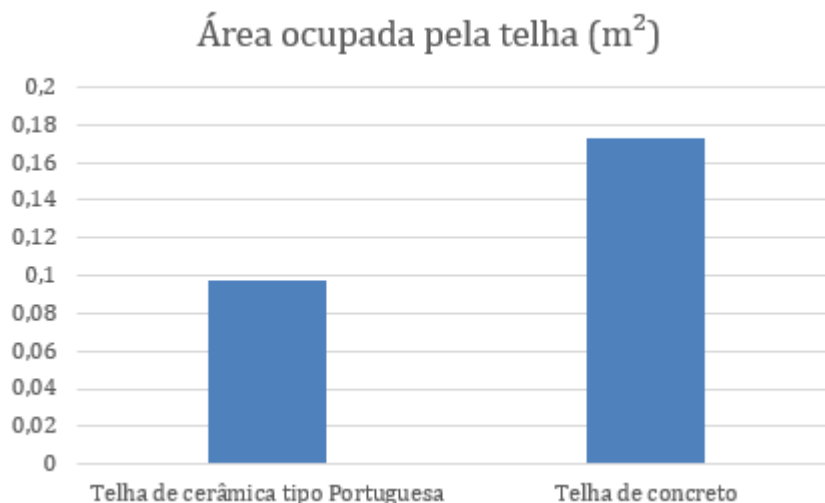


Gráfico 3: Comparativo entre área ocupada por cada telha (cerâmica tipo portuguesa e telha de concreto). (Fonte: Próprio autor)

A carga de ruptura como sabido e comentado é menor nas telhas de cerâmica do que nas telhas de concreto o que, pode-se verificar comparando os valores de Kgf de cada uma.

Outro dado importante a ser analisado é o valor de compra das telhas. Aqui, a situação se inverte já que, apesar de utilizar menos quantidade de telhas de concreto e ocuparem uma maior área no telhado, possuem um valor mais elevado. (Gráfico 4).

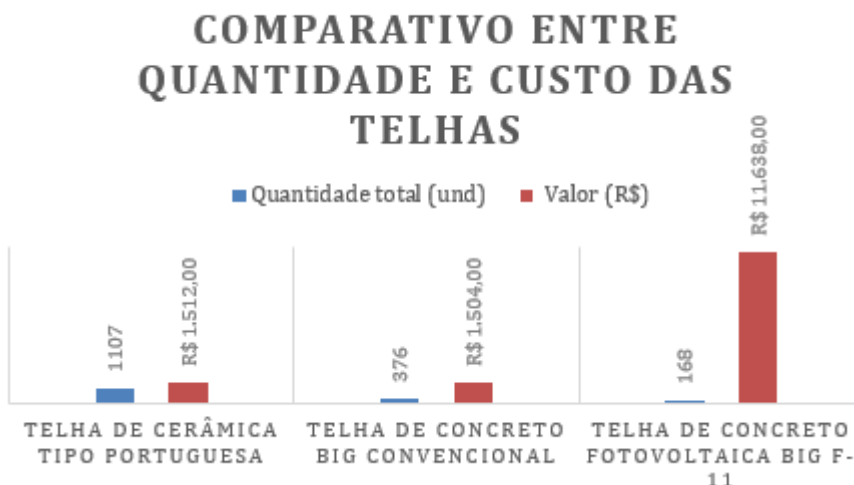


Gráfico 4: Comparativo entre a quantidade e custo das telhas. (Fonte: Próprio autor)

As telhas fotovoltaicas, apesar de consumirem uma quantidade bem menor da quantidade total possuem o valor mais elevado, pois são vendidas com o kit de instalação completo, não dando para diferenciar, assim, o valor entre telhas e equipamentos. Pode-se ter uma ideia do valor unitário da telha sabendo que o micro inversor utilizado para a instalação da parte fotovoltaica custa, em média, 36% do valor do orçamento. Sendo assim,

possivelmente o valor total das telhas seria R\$4.189,68 (R\$24,93 cada unidade).

Por último, fala-se então da produção e consumo energético. Sabe-se, através de estudos do perfil de consumo de energia elétrica entre os moradores das casas construídas pela CDHU, que o consumo médio seria de 140 kWh por mês. Placas solares instaladas nesse mesmo tipo de residência têm capacidade de produção de 80 kWh/mês e a economia pode ser ainda mais potencializada utilizando lâmpadas de LED (10 kWh/ mês). (PORTAL CDHU, 2023) As telhas Tégula Solar possuem basicamente a produção de 1Kwh/telha instalada na residência. Sendo assim, no estudo apresentado, geram 168 kWh/mês. Número maior do que a tradicional placa solar instalada em casas entregues pela CDHU. Nos dois casos os moradores passam a pagar a taxa mínima cobrada pela distribuidora, já que a ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica – não permite que o consumidor fique isento do pagamento total à distribuidora de energia de sua região.

Sabendo da produção e consumo energético, consegue-se verificar o valor cobrado (Tabela 5) e economizado no pagamento do consumo de energia. Para isso tomou-se como base o valor cobrado na cidade de Campinas- SP, pela distribuidora CPFL Paulista, a partir de 08 de abril de 2023 (CPFL, 2023).

	TUSD (R\$ 0,37/ kWh)	TE – Bandeira Verde (R\$ 0,31/ kWh)	Tarifa Total Cobrada
140 kWh – Telha cerâmica	R\$ 51,80 mensal	R\$ 43,40 mensal	R\$ 92,50
168 kWh – Telha fotovoltaica	R\$ 18,50 mensal	R\$ 15,50 mensal	R\$ 34,00

Tabela 5: Valor cobrado pelo consumo mensal. (Fonte: Próprio autor)

Por esses dados, vê-se que a tarifa total cobrada em um consumo de 140 kWh e também pela residência, que gera 168 kWh através da energia fotovoltaica, são valores muito discrepantes entre si. Apesar de a produção de energia suprir a quantidade consumida pela RESOLUÇÃO NORMATIVA ANEEL Nº 1.000, DE 7 DE DEZEMBRO DE 2021 (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL, 2021), nenhum consumidor pode deixar de pagar a taxa mínima da distribuidora mesmo que não utilize o serviço oferecido, sendo esse o valor demonstrado na tabela. A TUSD é a quantidade cobrada pelo consumo do uso do sistema de distribuição e a TE é o valor cobrado pelo consumo da energia.

A diferença entre as duas cobranças é de R\$58,50, uma redução/ diferença de 63,24%.

Isso posto, há então de se considerar o retorno sobre o investimento, o chamado payback, que é o tempo necessário para o retorno do valor investido em relação à instalação das fotovoltaicas. Para realizar esse cálculo, é dividido o valor do investimento, pelo produto da quantidade de energia gerada, pelo valor da tarifa cobrada, durante um ano (Equação 1).

Equação 1.

$$ROI = \frac{\text{Valor do investimento}}{(\text{energia gerada} \times \text{valor da tarifa cobrada} \times 12 \text{ meses})}$$

Então, o tempo necessário para retorno do sistema analisado é de 8 anos e 5 meses. Um tempo consideravelmente maior do que o projetado pela própria empresa fabricante das telhas fotovoltaicas como mencionado anteriormente.

Conclusões

Após estabelecidas as hipóteses e os cálculos tendo sido efetuados, concluiu-se que é possível e viável a utilização das telhas fotovoltaicas em casas populares, no entanto, não é a melhor alternativa. O retorno sobre o investimento (ROI) ocorrerá efetivamente, conforme a expectativa, porém o tempo de cerca de 8 anos e cinco meses não foi considerado razoável, e constatou-se que é superior ao prometido pela fabricante (3 a 5 anos).

Por essa razão, e como a conclusão principal deste artigo, considerando que o custo de um painel fotovoltaico é apenas ligeiramente maior que o das telhas fotovoltaicas, e que o primeiro gera uma quantidade extremamente aumentada de energia em relação às telhas, a melhor opção ainda seria mesmo optar pelo painel fotovoltaico, instalado sobre o telhado na face norte, e não pelas telhas fotovoltaicas, no projeto em discussão.

É possível que, com o amadurecimento tecnológico superveniente, produção em maior escala, expansão da fabricação desse sistema de telhas, com novos fabricantes (concorrência de mercado), que este venha a ser barateado e viabilizado para um retorno em tempo menor no futuro, justificando sua implementação.

Referências Bibliográficas

ABSOLAR. **Absolar**. São Paulo: Absolar, 2023. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/noticia/ranking-da-energia-solar-veja-estados-com-maior-potencia/>. Acesso em: 15 out. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL (Brasil). 08/12/2021. RESOLUÇÃO NORMATIVA ANEEL Nº 1.000, DE 7 DE DEZEMBRO DE 2021(*), [S. l.], 2020. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20211000.html>. Acesso em: 14 nov. 2023.

CPFL. CPFL. In: **Taxas e Tarifas**. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://servicosonline.cpf.com.br/agencia-webapp/#/taxas-tarifas/localizar-distribuidora>. Acesso em: 14 nov. 2023.

DA SILVA, C. A. M.. **COMPARATIVO DE CUSTO ENTRE TELHADOS COLONIAIS E DE FIBROCIMENTO: Habitação de interesse social no Município de Cruzília-MG**. Engenharia Civil EAD., [s. l.], 28 out. 2018. Disponível em: <http://repositorio.unis.edu.br/bitstream/prefix/621/1/Carlos%20Alexandre.pdf>. Acesso em: 18 set. 2023.

ECO.A. Ecoa Uol. [S.l.]. Uol, 2021. Disponível em: <https://www.uol.com.br/ecoa/ultimas-noticias/2021/09/20/brasil-desenvolve-sua-primeira-telh-a-de-concreto-que-capta-energia-solar.htm>. Acesso em: 28 set. 2023.

FERREIRA, T. C.. **Impactos e desafios da construção civil brasileira para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. 2018. Dissertação (Mestrado em Administração de Organizações) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto,

Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2018. doi:10.11606/D.96.2018.tde-22102018-093936. Acesso em: 2023-09-19.

FONTANA, L; CARNIEL, M. M.. Projeto comparativo de uma estrutura de cobertura com telha de concreto e telha Shingle. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2022. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/30071>. Acessado em 10 set 2023

HEIN, H. Canal Solar. Brasil: Canal Solar, 2023. Disponível em: <https://jornal.usp.br/radio-usp/brasil-entra-no-ranking-dos-dez-paises-com-maior-producao-de-energia-solar/#:~:text=O%20Brasil%20est%C3%A1%20em%208%C2%BA,tipo%20de%20energia%20no%20mundo>. Acesso em: 12 out. 2023.

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. IPEA. Brasil: GOV, 2019. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/ods/ods7.html>. Acesso em: 16 out. 2023.

KHIDER,, A. A. D. P.; GENARO, F. F. D. S. **Comparação de custos entre sistema de placas e telhas fotovoltaicas em residências unifamiliares de médio padrão.** 2021. TCC (Graduação) - Curso de Escola de Engenharia, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiás, 2021. Disponível em: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/handle/123456789/2033>. acesso em: 1 nov. 2023.

LIMA, E. COBERTURAS. In: COBERTURAS. [S. l.: s. n.], 2021. Disponível em: <https://drb-m.org/cad/9coberturas.htm>. Acesso em: 12 set. 2023.

LUIZ, N. F.; CECCHIN, D.; AZEVEDO, A. R. G., ALEXANDRE, J., SOUSA, F. A. **Varietades de Telhas Encontradas no Mercado.** 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Biosistemas (PGEb) – UFF- Niterói, RJ, Brasil). Disponível em https://www.researchgate.net/publication/334212900_VARIETADES_DE_TELHAS_ENCONTRADAS_NO_MERCADO

MARQUES, W. et al. O SOL NASCE PARA TODOS: SUSTENTABILIDADE MEDIANTE TELHAS FOTOVOLTAICAS DE CONCRETO. 2022. v. 14, TCC (Graduação) - Curso de Engenharia, Revista de Engenharia e Tecnologia, Goiás, 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/360300863_O_SOL_NASCE_PARA_TODOS_SUSTENTABILIDADE_MEDIANTE_TELHAS_FOTOVOLTAICAS_DE_CONCRETO. acesso em: 1 nov. 2023.

MORANDIN. Morandin: Produtos cerâmicos. In: Telha Romana. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://telhasmorandin.com.br/index.php/telha-romana/>. Acesso em: 12 out. 2023.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. ONU. Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil. In: ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. ONU. **Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil.** [S. l.], 2020. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 18 set. 2023.

PORTAL CDHU. CDHU. In: Placas Fotovoltaicas equipam 12 mil unidades da CDHU. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.cdhu.sp.gov.br/-/placas-fotovoltaicas-equipam-12-mil-unidades-da-cdhu#:~:text=>

Estudos%20sobre%20o%20perfil%20do,de%20140%20kWh%20por%20m%C3%AAs.
Acesso em: 3 out. 2023.

PROJETO MOBILIANDO (Brasil). Planta tipo CDHU. In: Planta tipo CDHU. [S. l.], 1 jan. 2020. Disponível em: <https://projetomobiliando.com.br/construtoras/cdhu>. Acesso em: 12 set. 2023.

SILVA, D. H. D. *et al.* **Construção Sustentável na Engenharia Civil**. 2017. v. 4, TCC (Graduação) - Curso de Engenharia, Ciências Exatas e Tecnológicas, Alagoas, 2017. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/fitsexatas/article/view/5204/2559>. acesso em: 1 nov. 2023.

TÉGULA. Tégula: A marca que concretiza sonhos. In: CATÁLOGO DE PRODUTOS. [S. l.], 2022. Disponível em: https://www.tegula.com.br/2020/wp-content/uploads/2020/02/TEG00321_Novo-Cat%C3%A1logo-de-produtos-Tegula_F-1-1-1.pdf. Acesso em: 28 set. 2023.

TÉGULA. Tégula: A marca que concretiza sonhos. In: Folheto Técnico Tradição, Double S e Plana. [S. l.], 2023. Disponível em: https://www.tegula.com.br/2020/wp-content/uploads/2020/02/TEG00822_Folheto-T%C3%A9cnico-Tradi%C3%A7%C3%A3o-Double-S-e-Plana_WEB.pdf. Acesso em: 26 out. 2023.

TÉGULA SOLAR. **Tégula Solar**. [S.l.]. Tégua Solar, 2022. Catálogo técnico. Disponível em: <https://www.tegulasolar.com.br/>. Acesso em: 8 nov. 2023.

USP. **Jornal da USP**. Brasil: USP, 2023. Disponível em: <https://jornal.usp.br/radio-usp/brasil-entra-no-ranking-dos-dez-paises-com-maior-producao-de-energia-solar/#:~:text=O%20Brasil%20est%C3%A1%20em%208%C2%BA,tipo%20de%20energia%20no%20mundo>. Acesso em: 24 out. 2023.