

Arquitetura e Urbanismo: Competência e Sintonia com os Novos Paradigmas do Mercado 3

Jeanine Mafra Migliorini
(Organizadora)

Arquitetura e Urbanismo: Competência e Sintonia com os Novos Paradigmas do Mercado 3

Jeanine Maфра Migliorini
(Organizadora)



2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Lorena Prestes

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^a Dr^a Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof^a Dr^a Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^a Dr^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^a Dr^a Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof^a Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof^a Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof^a Dr^a Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof^a Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Prof^a Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof^a Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof^a Dr^a Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Prof^a Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof^a Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco

Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
 Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
 Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
 Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
 Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
 Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
A772	Arquitetura e urbanismo [recurso eletrônico] : competência e sintonia com os novos paradigmas do mercado 3 / Organizadora Jeanine Mafra Migliorini. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-088-9 DOI 10.22533/at.ed.889202905 1. Arquitetura. 2. Planejamento urbano. 3. Urbanismo. I. Migliorini, Jeanine Mafra. <div style="text-align: right;">CDD 720</div>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Arquitetura é uma ciência abrangente, que envolve conhecimentos de diversas áreas. Estudar arquitetura é entrar em um vasto universo repleto de possibilidades; podemos abordar a questão técnica, quando tratamos dos métodos construtivos, do conforto ambiental, da ecoeficiência; ou ainda de questões sociais, da forma como os edifícios são ocupados, como o espaço construído pode interferir nas relações sociais.

Como ciência que acompanha os homens desde os primórdios da humanidade, a arquitetura tem histórias, memórias, erros, acertos e um futuro que pode ser construído com qualidade, através de pesquisas e estudos, como as realizadas neste livro, que se propõe a trazer à reflexão aspectos inerentes desta ciência.

Estas reflexões iniciam com uma temática tão necessária e urgente, a habitação de interesse social, tema incansável de debates que trazem à tona uma grande fragilidade do país; avançam por estudos acerca das tipologias de apartamentos, como elas se ressignificam ao longo do tempo, e seus espaços comuns; segue pela apresentação de estudos técnicos sobre conforto e geração de energia; abre-se espaço para a história da documentação e a memória urbana, entrando no debate sobre as cidades, sua sustentabilidade, e integra a essa discussão do urbano, o paisagismo, com sua interferência em espaços livres e fechados.

Tão variados como os assuntos deste livro são os interesses dos arquitetos e daqueles que estudam essa ciência. Não se faz arquitetura sem a técnica, sem o humano, o social, ou ainda a arte. Não se faz arquitetura sem o urbano, sem a paisagem. Tão vasto quanto essas possibilidades são seus meandros com outras ciências que oferecem aos leitores e pesquisadores reflexões sem fim.

Espero que se depare com elas! Boa leitura e ótimas reflexões!

Prof.^a Jeanine Maфра Migliorini

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL EM MADEIRA: CONJUNTO HABITACIONAL NO BAIRRO PEDRA 90, CUIABÁ/MT	
João Mário de Arruda Adrião José Manoel Henriques de Jesus DOI 10.22533/at.ed.8892029051	
CAPÍTULO 2	19
O SENTIDO DE LAR NA PRODUÇÃO DE HABITAÇÃO SOCIAL: ESTUDO NO TABOQUINHA	
Nayra Gomes Souza Ampuero Ana Klaudia de Almeida Viana Perdigão DOI 10.22533/at.ed.8892029052	
CAPÍTULO 3	32
CALIBRAÇÃO DE UM MODELO COMPUTACIONAL DE UMA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL MULTIFAMILIAR EM BELÉM-PA	
Kessily Medeiros Santos Eduardo Berenger de Carvalho Lobo Márcio Santos Barata DOI 10.22533/at.ed.8892029053	
CAPÍTULO 4	47
RENOVAÇÃO E REPRODUÇÃO DAS PLANTAS TIPO DE APARTAMENTOS EM JOÃO PESSOA	
Aline da Silva Carolino Marcio Cotrim Cunha Cristiana Maria Sobral Griz DOI 10.22533/at.ed.8892029054	
CAPÍTULO 5	60
CARACTERIZAÇÃO DE ITENS DE LAZER NOS MEZANINOS DE EDIFÍCIOS MULTIFAMILIARES ALTOS NA CIDADE DE MACEIÓ/AL/BR	
Alexandre Márcio Toledo Marta Cristina Cavalcante DOI 10.22533/at.ed.8892029055	
CAPÍTULO 6	73
AVALIAÇÃO DE LUZ NATURAL EM AMBIENTE DE SALA DE AULA: ESTUDO DE CASO NA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – RJ	
Alice Cristine Ferreira Dias de Oliveira Sylvia Meimaridou Rola DOI 10.22533/at.ed.8892029056	
CAPÍTULO 7	85
VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA GERAÇÃO DE ELETRICIDADE POR MEIO DE TELHAS FOTOVOLTAICAS APLICADAS A UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR EM BELO HORIZONTE-MG	
Ricardo Augusto dos Santos Horta Rodrigo de Mello Penna Raquel Diniz Oliveira DOI 10.22533/at.ed.8892029057	

CAPÍTULO 8 101

O PROCESSO DE PROJETO DE EDIFÍCIO DE BALANÇO ENERGÉTICO NULO (ZEB) NUMA PERSPECTIVA TERMODINÂMICA

Roberta Carolina Assunção Faria

Thiago Montenegro Góes

Cláudia Naves David Amorim

Joára Cronemberger

Caio Frederico e Silva

DOI 10.22533/at.ed.8892029058

CAPÍTULO 9 121

ARQUITETURA E DOCUMENTAÇÃO: PRIMEIRAS AÇÕES NO ACERVO BAUMGART

Denise Vianna Nunes

Ivan Silvio de Lima Xavier

Oswaldo Luiz de Carvalho Souza

Roberto Possolo Jermann

Luiz Felipe Machado Coelho de Souza

DOI 10.22533/at.ed.8892029059

CAPÍTULO 10 132

FORQUETA: A MEMÓRIA DOS ESQUECIDOS

Doris Baldissera

Nicole Rosa

DOI 10.22533/at.ed.88920290510

CAPÍTULO 11 146

ECO-MODELOS E CIDADES SUSTENTÁVEIS

Mirelle Lourenço de Andrade

DOI 10.22533/at.ed.88920290511

CAPÍTULO 12 155

CENÁRIO URBANO E PAISAGÍSTICO DA PRAÇA INÁCIO LOPES MAGALHÃES E SEUS USOS PARA PROMOÇÃO DE QUALIDADE DE VIDA – CIDADE DE BOA VISTA/RORAIMA

Breno Matheus de Santana Veloso

Camilla Marcelle da Silva

Sued Trajano de Oliveira

Paulina Onofre Ramalho

DOI 10.22533/at.ed.88920290512

CAPÍTULO 13 166

O NATURAL E O CONSTRUÍDO :SISTEMAS VEGETADOS INTEGRADOS NA ARQUITETURA

Minéia Johann Scherer

Amanda Simonetti Pase

Janaína Redin

Luísa Berwanger

Thales Severo Alves

DOI 10.22533/at.ed.88920290513

CAPÍTULO 14	180
DESCARTE DE PODAS URBANAS E LIXO ORGÂNICO: UMA ANÁLISE SOBRE A VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UM PÁTIO DE COMPOSTAGEM EM DOURADOS, MS	
Talita Paz Agueiro	
Márcio de Melo Carlos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.88920290514	
SOBRE A ORGANIZADORA	186
ÍNDICE REMISSIVO	187

VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA GERAÇÃO DE ELETRICIDADE POR MEIO DE TELHAS FOTOVOLTAICAS APLICADAS A UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR EM BELO HORIZONTE-MG

Data de aceite: 28/05/2020
Data de submissão: 04/03/2020

Ricardo Augusto dos Santos Horta

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG).

Belo Horizonte-MG.

<<http://lattes.cnpq.br/8452587716755288>>

Rodrigo de Mello Penna

Graduando em Engenharia de Produção Civil no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG).

Belo Horizonte-MG.

<<http://lattes.cnpq.br/7126894954497926>>

Raquel Diniz Oliveira

PhD, Professora do Departamento de Engenharia Civil no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG).

Belo Horizonte-MG.

<<http://lattes.cnpq.br/0005625273834609>>

RESUMO: Um dos maiores desafios que envolvem a sociedade atual é a manutenção do ritmo de crescimento da economia sem gerar danos ao meio ambiente e à condição de vida dos habitantes. Neste cenário, considerando a importância do

setor energético e a relevância da utilização das fontes renováveis de energia, destaca-se a produção de energia elétrica por meio de sistemas fotovoltaicos. Dentre as tecnologias mais recentes que utilizam o efeito fotovoltaico, evidenciam-se as telhas fotovoltaicas. Neste contexto, realizou-se estudo de viabilidade técnica e econômica de sua aplicação em uma residência unifamiliar localizada em Belo Horizonte (MG), em comparação com a tecnologia de módulos fotovoltaicos, considerando-os conectados à rede elétrica da concessionária local. Os resultados indicaram que ambos os sistemas apresentam viabilidade técnica para o presente estudo de caso, uma vez que ambas as tecnologias se mostraram capazes de atender a 100% de sua necessidade energética. Contudo, apenas os módulos fotovoltaicos se mostraram viáveis quando avaliados sob o viés econômico. Tal fato pode estar relacionado ao elevado custo das telhas fotovoltaicas e à falta de subsídios e programas governamentais para incentivar o uso das tecnologias solares, e, conseqüentemente, reduzir os custos iniciais de investimento e aumentar o saldo positivo dos fluxos de caixa. Este trabalho apresenta, portanto, uma contribuição para a consolidação das telhas fotovoltaicas como alternativa sustentável na geração

de energia elétrica limpa, com redução das emissões de gases de efeito estufa, além de contribuir para a diversificação da matriz energética brasileira.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas fotovoltaicos; telhas fotovoltaicas, habitação unifamiliar.

TECHNICAL AND ECONOMIC VIABILITY OF ELECTRICITY GENERATION THROUGH PHOTOVOLTAIC TILES APPLIED TO A UNIFAMILIARY RESIDENCE IN BELO HORIZONTE-MG

ABSTRACT: One of the biggest challenges in today's society is maintaining the pace of economic growth without damaging the environment and inhabitants living conditions. In this scenario, considering the renewable energy sources relevance and its importance on energy sector, we highlight the electricity generation through photovoltaic systems. Among the most recent technologies that use the photovoltaic effect, photovoltaic tiles can be evident. A technical and economic feasibility study of its application was carried out in a single-family residence located in Belo Horizonte (MG, Brazil), in comparison to photovoltaic panel technology, considering both system connected to the local grid. The results pointed out that both systems present technical feasibility to be applied in this case study, since the technologies were able to meet 100% of its energy needs. However, only photovoltaic panels were viable when evaluated under an economic bias. This may be due to the high photovoltaic tiles cost and also the lack of subsidies and government programs to encourage solar technologies adoption and, consequently, reduce initial investment costs as well as increase the positive cash flow balance. This work presents a contribution to the consolidation of photovoltaic tiles as a sustainable alternative in the generation of clean electric energy, with a reduction in greenhouse gas emissions, as well as contributes to Brazilian energy matrix diversification.

KEYWORDS: Photovoltaic systems; photovoltaic tiles, single family dwelling.

1 | INTRODUÇÃO

Conforme definição do Instituto para Desenvolvimento da Habitação Ecológica (IDHEA, 2015), a construção sustentável se caracteriza por ser um sistema construtivo capaz de proporcionar condições satisfatórias de conforto térmico, lumínico, acústico, entre outros aspectos recomendados para os usuários do espaço, juntamente com a preservação do meio ambiente, por meio de iniciativas que contribuam para a redução do consumo de energia, água e dos recursos naturais. Neste sentido, a utilização de materiais construtivos adequados às condições climáticas locais associadas ao uso de tecnologias e sistemas prediais eficientes pode contribuir para a melhoria da eficiência energética da edificação (LAMBERTS, 2014).

Segundo Costa e Prates (2005), o grande desafio da sociedade atual refere-se à concepção de novas tecnologias para diversificação da matriz energética mundial. O consumo descontrolado de fontes não renováveis de energia (petróleo, carvão, gás natural, etc.) tem acarretado na preocupação com o seu esgotamento, bem como na produção de danos crescentes ao meio ambiente por meio das emissões de gases de efeito estufa contribuindo

para o aquecimento global e mudanças climáticas (AL GORE JUNIOR, 2006).

A crise do petróleo da década de 1970 reforçou a preocupação acerca da indisponibilidade dos recursos energéticos no âmbito mundial. Entretanto, nesta época, soluções alternativas para a geração de energia eram incipientes e pouco acessíveis (PLANTIER, 2013). Posteriormente, verificou-se um gradativo aumento da participação das fontes renováveis de energia na matriz energética, especialmente nesta última década (NAKABAYASHI, 2014). Segundo o instituto de pesquisa *Bloomberg New Energy Finance* (BNEF), no ano de 2016, o volume mundial de investimentos em energia renovável foi, pela primeira vez, maior do que aqueles em fontes de energia de origem fóssil. Isto ocorreu porque, apesar dos preços mais baixos para as fontes de energia de origem fóssil, os investimentos em energia renovável, principalmente para sistemas fotovoltaicos e turbinas eólicas, tiveram um crescimento contínuo entre 2004 e 2015. Em termos quantitativos, os investimentos globais em energia renovável atingiram um montante de US\$ 329 bilhões em 2015, ultrapassando o volume de investimentos em fontes de energia de origem fóssil, que atingiram o patamar de US\$ 253 bilhões (PROCEL INFO, 2006a).

No Brasil, destaca-se o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), criado em 1985, para promover o uso eficiente da energia elétrica e combater o seu desperdício. Tendo sido posteriormente ampliada, tal iniciativa aplica-se aos equipamentos eletrodomésticos, edificações, iluminação pública, entre outros. Assim, como resultado, de 1986 a 2017, a economia de energia obtida foi de 128,6 bilhões de kWh (PROCELINFO, 2006b). Contudo, iniciativas brasileiras para estimular a adoção de fontes alternativas de geração de energia ainda são escassas. O objetivo nº1169 de promover o uso de sistemas e tecnologias de geração de energia renovável na matriz energética brasileira do Plano Plurianual da União para o período de 2016 a 2019 foi vetado por ato presidencial (BRASIL, 2016). No ano de 2015, foi aprovado pela Comissão de Serviços de Infraestrutura (CI), o Projeto de Lei nº371 que permite o uso do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS) para a aquisição e instalação de equipamentos de geração elétrica a partir de fontes hidráulica, solar, eólica ou de biomassa para residências. Esta medida poderá se aprovada, estimular o uso de recursos energéticos renováveis nas residências brasileiras (PROCEL INFO, 2006c). Cumpre destacar que a Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012 referente à micro e mini geração, bem como compensação de energia elétrica (ANEEL, 2012) definiu e possibilitou meios para a implantação dos sistemas fotovoltaicos em residências brasileiras.

Considerando a importância do setor energético para a promoção de fontes renováveis, destaca-se a produção da energia elétrica proveniente da energia solar por meio do efeito fotovoltaico. Neste sistema, os fótons, que são partículas carreadoras de energia presentes na luz solar, incidem sobre uma superfície composta de células fotovoltaicas (normalmente feitas de silício ou outro material semicondutor). Nos extremos do material semicondutor surge uma diferença de potencial elétrico, responsável por colocar em movimento os elétrons da estrutura, produzindo corrente elétrica (NASCIMENTO, 2004). Por meio do efeito fotovoltaico, as células solares convertem diretamente a energia solar em energia elétrica de forma estática, silenciosa, não poluente e renovável (RÜTHER, 2004).

Dentre as tecnologias mais recentes que utilizam o efeito fotovoltaico destacam-se as telhas fotovoltaicas. Desenvolvida pelas empresas italianas Area Industrie Ceramiche e REM com o nome de “*Tegola Solare*”, tal sistema se propõe a substituir os pesados e espaçosos modelos dos módulos fotovoltaicos, e vêm adquirindo espaço no mercado internacional. Com o objetivo de intensificar os ganhos de eficiência e aprimorar o aspecto estético da edificação, a “*Tegola Solare*” é similar a uma telha cerâmica convencional, apresentando o diferencial de ser constituída de um conjunto de células fotovoltaicas (ECOD, [201-]).

2 | OBJETIVO

O objetivo deste estudo consiste em verificar se a tecnologia das telhas fotovoltaicas apresenta viabilidade técnica e econômica para ser implantada em uma residência unifamiliar simulada localizada em Belo Horizonte-MG.

3 | MÉTODO

O presente trabalho consiste em uma pesquisa aplicada, destinada à investigação da viabilidade técnica e econômica de telhas fotovoltaicas, em comparação com a tecnologia de módulos fotovoltaicos convencionais, aplicadas a uma edificação residencial para o atendimento integral da sua demanda de energia elétrica. Selecionou-se, como estudo de caso simulado, uma habitação unifamiliar, localizada em Belo Horizonte - MG. O método deste trabalho perpassou por sete etapas principais:

- I. Definição e caracterização do estudo de caso;
- II. Estimativa do consumo energético;
- III. Cálculo de Horas de Sol Pleno;
- IV. Definição do modelo e quantidade das telhas e módulos fotovoltaicos para atender à 100% da demanda energética;
- V. Dimensionamento dos inversores dos respectivos sistemas fotovoltaicos;
- VI. Análise da viabilidade técnica e econômica;
- VII. Conclusões e recomendações.

3.1 Definição e caracterização do estudo de caso

O estudo de caso simulado deste trabalho consiste em uma edificação residencial unifamiliar, composta por três membros, localizada em Belo Horizonte - MG. Para a seleção do número de membros adotou-se como base a média de moradores por domicílio no Brasil, sendo esta média de 3,0, segundo o censo demográfico de 2015, realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (VALOR ECONÔMICO, [201-]).

Quanto à dimensão da edificação, informações contidas na planta baixa da edificação

(Figura 1) indicaram uma área de 77m², composta por três quartos (sendo uma suíte para um casal, quarto de solteiro e escritório), dois banheiros, cozinha, sala de jantar, sala de estar, área de serviço e corredor. Na Figura 2 observa-se que a cobertura da edificação se constitui por um telhado, subdividido em duas águas para escoamento pluvial além de torre para abrigar o reservatório d'água. A área útil da cobertura foi de 97,2m², exclusiva a área ocupada pela caixa d'água. Para localidades no hemisfério sul, a região norte se mostra, de modo geral, como a mais indicada para implantar o sistema fotovoltaico, devido à maior incidência da radiação solar durante o dia, o que possibilitaria maior geração de energia fotovoltaica (SOLARVOLT, 2015). Desta forma, a área útil orientada a norte foi metade da área útil (48,6m²). A área de cobertura destinada a implantação do sistema fotovoltaico não coincide com a sua área de projeção em planta, mas sim com a sua área inclinada obtida pelo ângulo de inclinação ou caimento das telhas. Para o cálculo da área útil inclinada de cobertura voltada para o norte definido para a implantação do sistema fotovoltaico, tomou-se como base um caimento de 60%, capaz de promover o perfeito escoamento da água da chuva, o que equivale a um telhado de 27° de inclinação (Miranda Corrêa, [201-]). Desta forma a área útil inclinada a norte foi de 54,54m².

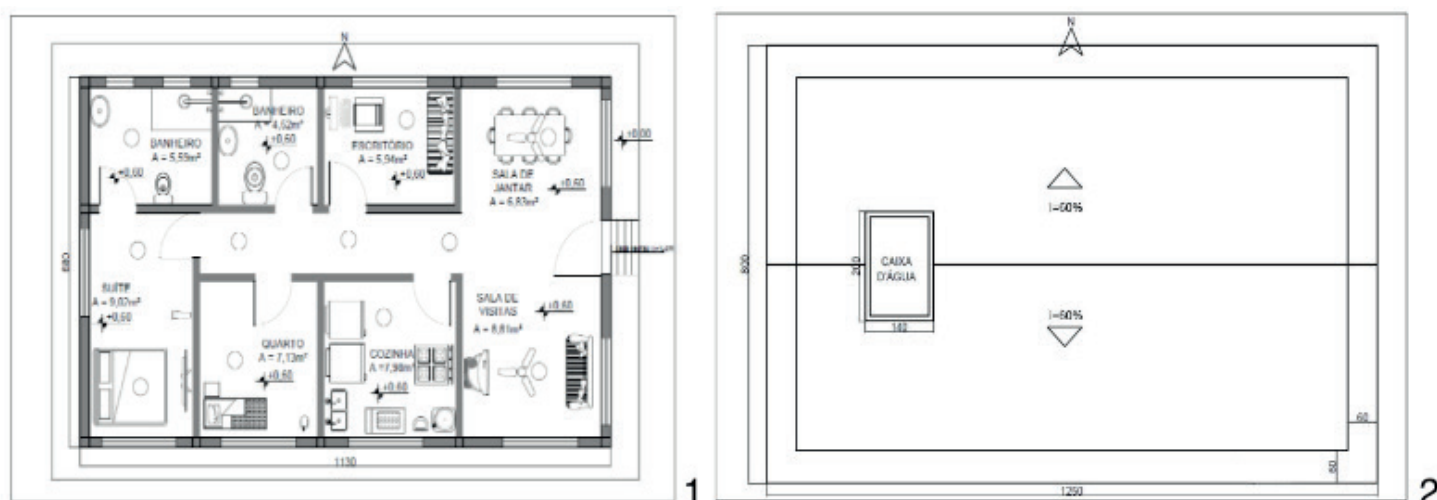


Figura 1 - Planta baixa da edificação. Figura 2 - Planta de cobertura da edificação.

Destaca-se que não foi necessária a realização do teste de carga sobre as ripas que promovem a sustentação dos equipamentos fotovoltaicos. Isto ocorre, pois, considerando a área equivalente das telhas coloniais em comparação com as telhas fotovoltaicas, o peso existente sobre a estrutura do telhado é maior no caso da instalação de telhas coloniais, o que atesta o fato da capacidade de carga da parte estrutural da cobertura ser suficiente, podendo os sistemas fotovoltaicos ser instalados com segurança.

3.2 Estimativa do consumo energético

O consumo energético mensal da edificação em estudo foi obtido por meio de estimativa utilizando o simulador de consumo energético residencial, disponibilizado no site da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG). Para o cálculo do consumo energético

residencial, considerou-se uma rotina de funcionamento em que os três membros permanecem em casa somente durante o turno da noite, totalizando 12 horas por dia, durante 30 dias. As quantidades e os tipos de cada equipamento foram baseados nos eletrodomésticos constantes na planta baixa da edificação deste estudo.

Em relação aos tempos de uso, considerou-se que a geladeira e o *freezer* possuem o ciclo de funcionamento do seu motor reduzido. Em pesquisa experimental, em um ciclo de 10 minutos, o funcionamento do motor de geladeira foi de 4 minutos sendo os 6 minutos restantes em *stand by* (ECONOMIZANDO ENERGIA, 2011). Sendo assim, o consumo de energia é da ordem de 40% das horas em um dia (9 horas e 36 minutos). Para o chuveiro elétrico, a frequência e a duração do uso de chuveiros para banho estão associadas a aspectos comportamentais. Desta forma, a sua duração pode ser mais curta ou prolongada, variando de 5 a 15 minutos (LNEC; ISA, 2001). Neste contexto, Barreto (2008) considerou um valor médio de 8 minutos de duração ao passo que outros autores adotaram como referência um tempo de banho mais prolongado de 15 minutos (AOYAMA; SOUZA; FERRERO, 2007; SILVA; SOUZA, 2012). Em relação aos demais equipamentos, foram considerados tempos de uso padrão, baseados na rotina de consumo informada por uma família com perfil semelhante ao estudo de caso.

3.3 Simulação dados do consumo energético

Após a simulação de consumo energético calculou-se o número de horas de sol pleno (HSP) do local, a partir da radiação solar considerada para Belo Horizonte-MG, obtida por meio do Atlas Solarimétrico do Brasil (2000). Para uma melhor coerência da eficiência do aproveitamento da radiação solar da região, considerou-se a inclinação ideal do sistema fotovoltaico igual à latitude do local (Roaf *et al.* 2009). A partir dos valores de irradiação calculou-se as horas de sol pleno (HSP) por meio da Equação 1 (PINHO *et al.* 2014).

$$\text{HSP} = \frac{I(\text{kW}/\text{m}^2)}{1(\text{kW}/\text{m}^2)} \quad \text{(Equação 1)}$$

Sendo:

HSP, as Horas de Sol Pleno [horas/dia];

I, a Irradiação Média [kWh/m²/dia].

3.4 Definição do modelo e quantidade das telhas e módulos fotovoltaicos para demanda energética

Posteriormente à determinação do cenário da edificação, escolheu-se o sistema fotovoltaico conectado à rede (SFCR), para o sistema de telhas fotovoltaicas e módulos solares, pela possibilidade de injetar o excesso de energia produzida na rede pública, acumulando créditos energéticos (MARQUES *et al.*, 2016), e por dispensar o uso de baterias, reduzindo, seu custo de implantação (RÜTHER, 2004). Para o dimensionamento dos SFCR,

a escolha do modelo da telha fotovoltaica teve como critério o menor valor na relação preço/watt-pico. Da mesma forma, foi utilizado esse critério para a escolha do módulo fotovoltaico, analisando-se modelos presentes nas lojas virtuais MINHA CASA SOLAR e NEOSOLAR. A quantidade de módulos do sistema fotovoltaico foi definida para atender à 100% da demanda energética simulada neste trabalho. Dessa forma, utilizou-se da Equação 2 e Equação 3 (ZOMER, 2014) para encontrar a Equação 4, que relaciona a quantidade de módulos do sistema a ser analisado em função da quantidade de energia elétrica necessária para a suprir a demanda local.

$$P_{cc} = n.P_{nom} \quad \text{(Equação 2)}$$

Sendo:

P_{cc} , a Potência instalada em corrente contínua [kWp];

n , o Número de módulos fotovoltaicos a serem utilizados;

P_{nom} , a Potência nominal do módulo fotovoltaico escolhido [kWp].

A Equação 3 relaciona a geração solar fotovoltaica, mês a mês, pela potência instalada, HSP e pela Taxa de Desempenho de 0,75, valor que considera perdas típicas de inversores, circuitos elétricos e perdas no sistema por poluição (EPE, 2012).

$$E = HSP.P_{cc}.TD \quad \text{(Equação 3)}$$

Sendo:

E , a Geração solar fotovoltaica diária [kWh];

HSP, as Horas de Sol Pleno [horas/dia];

P_{cc} , a Potência instalada em corrente contínua [kWp];

TD, a taxa de Desempenho do sistema (considera inversor e conexões).

Como a geração solar fotovoltaica diária deve-se igualar com a energia elétrica necessária teremos com a Equação 4:

$$n = \frac{G}{HSP.P_{nom}.TD} \quad \text{(Equação 4)}$$

Sendo:

G , a Energia Elétrica demandada diária [kWh];

n , o Número de módulos fotovoltaicos a serem utilizados;

HSP, as Horas de Sol Pleno [horas/dia];

P_{nom} , a Potência nominal do módulo fotovoltaico escolhido [kWp];

TD, a taxa de Desempenho do sistema (considera inversor e conexões).

Destaca-se que fatores como correção do norte verdadeiro em relação ao norte

magnético e o sombreamento da caixa d'água sobre a instalação fotovoltaica não foram levados em consideração e podem ter influência nos resultados.

3.5 Dimensionamento dos inversores dos respectivos sistemas fotovoltaicos

A escolha dos inversores seguiu as recomendações técnicas do fornecedor encontradas no site da empresa Umbelino Monteiro de Portugal, referentes às telhas solares da marca SOLESIA. Para o SFCR de placas solares, seguiu-se a metodologia sugerida por Pinho *et al.* (2014) para a escolha dos inversores, que realizam a conversão energética de corrente alternada para corrente contínua, utilizando-se das equações 5, 6, 7, 8 e 9, considerando-se as características elétricas do gerador para evitar um superdimensionamento. Além disso, seguiram-se as recomendações de RÜTHER (2004) para a melhor configuração de *strings* para a potência instalada do sistema de telhas e de módulos fotovoltaicos.

$$P_{inv} = FDI \cdot P_{cc} \quad \text{(Equação 5)}$$

Sendo:

P_{inv} , a Potência nominal do inversor [kWp];

FDI, o Fator de Dimensionamento de inversores [adimensional];

P_{cc} , a Potência instalada dos módulos fotovoltaicos [kWp].

$$N < \frac{V_{i\max}}{V_{oc}} \quad \text{(Equação 6)}$$

Sendo:

N , o Número máximo de módulos associados em série em uma mesma *string*;

$V_{i\max}$, a Tensão máxima de entrada do inversor [V];

V_{oc} , a Tensão de circuito aberto do módulo [V].

$$\frac{V_{iSPPM\min}}{V_{mp}} < N < \frac{V_{iSPPM\max}}{V_{mp}} \quad \text{(Equação 7)}$$

Sendo:

N , o Número máximo de módulos associados em série em uma mesma *string*;

$V_{iSPPM\min}$, a Tensão do Seguidor de Ponto de Potência - SPPM mínima [V];

$V_{iSPPM\max}$, a Tensão SPPM máxima [V];

V_{mp} , a Tensão na potência máxima do módulo [V].

$$n_s = \frac{I_{max}}{I_{sc}} \quad \text{(Equação 8)}$$

Sendo:

n_s , o Número de *strings* em paralelo admitido por um mesmo inversor ou uma mesma entrada de inversor;

I_{max} , a Corrente contínua máxima de entrada [A];

Isc, a Corrente de curto circuito do módulo [A].

$$P_{inv} = N.V_{mp}.I_{mp}.n_s.n_e.TD$$

(Equação 9)

Sendo:

P_{inv} , a Potência no inversor [W];

N, o Número de módulos em cada *string*;

V_{mp} , a Tensão do módulo fotovoltaico na potência máxima [V];

I_{mp} , a Corrente do módulo fotovoltaico na potência máxima [A];

n_s , o Número de *strings* em paralelo em um inversor;

n_e , o Número de entradas do inversor;

TD, a Taxa de desempenho.

3.6 Análise de viabilidade técnica e econômica

Para o cálculo do investimento na implantação do SFCR de telhas e de módulos fotovoltaicos, calculou-se a quantidade dos módulos, e seus respectivos inversores, como demonstrados na Equação 10. Os gastos com conexões, suportes e outros componentes da instalação do sistema, custo com a mão de obra de implantação e projetos envolvidos foram estimados na ordem de 31% do valor investido, baseado em estudo de mercado (IDEAL; AHKRJ, 2018).

$$I = 1,31.[(np.pp)+(ni.pi)]$$

(Equação 10)

Sendo:

I, o investimento inicial [R\$];

np, a Quantidade de módulos necessários;

pp, o Preço orçado dos módulos [R\$];

ni, a Quantidade de inversores necessários;

pi, o Preço orçado dos inversores [R\$].

O investimento nos sistemas fotovoltaicos tem como contrapartida os gastos anuais com operação e manutenção, sendo que estes custos representam as saídas de capital no fluxo de caixa. Para as atividades de operação e manutenção de sistemas fotovoltaicos, considera-se um gasto anual de 1% sobre o valor do sistema (NAKABAYASHI, 2015). Estes custos foram classificados como saídas de capital no cálculo do *payback* descontado dos sistemas fotovoltaicos instalados. No manual do fabricante de ambos os sistemas, telhas solares e módulos fotovoltaicos, consta que o equipamento opera com rendimento mínimo de 80% para até 25 anos de uso (SOLESLIA, 2015; SOLARVOLT, 2015). Assim, considerou-se, para efeito de depreciação, a vida útil de 25 anos para os módulos e telhas fotovoltaicas. Por outro lado, os inversores apresentam vida útil de 10 anos e dessa forma o investimento

inicial contabilizou a compra de duas vezes a quantidade de inversores necessária para atender o consumo energético mensal estipulado, para um cálculo mais preciso do fluxo de caixa de 25 anos.

Ademais, considerou-se neste estudo a tarifa aplicável a uma residência de padrão normal, conforme parâmetros estabelecidos pela CEMIG, localizada em área urbana. Nestas condições, existem quatro bandeiras tarifárias: verde, amarela, vermelha patamar 1 e vermelha patamar 2 (CEMIG, 2019). A variação das bandeiras tarifárias ocorre segundo as condições de geração de eletricidade, sendo o custo para a cor verde, o menor, para a amarela, intermediário e para a vermelha, o maior. Para efeito deste estudo utilizou-se a média das tarifas cobradas, equivalente a R\$ 0,65768/KWh. Sendo assim, para as entradas de capital, ano a ano, possibilitadas pelo investimento nos sistemas fotovoltaicos instalados, considerou-se o valor obtido pela multiplicação do custo médio da tarifa pelo consumo mensal por 12 meses.

A avaliação da viabilidade econômica de ambos SFCR pautou-se na análise do Fluxo de Caixa gerado para o tempo de vida útil do sistema (25 anos) e dos respectivos índices financeiros: Valor Presente Líquido (VPL), *Payback* descontado e Taxa Interna de Retorno (TIR). Para o cálculo destes índices, a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) considerada foi estipulada sobre o INCC (Índice Nacional da Construção Civil), sendo este o índice utilizado para aferir a evolução dos custos habitacionais no Brasil. Assim, considerando a variação nos últimos 12 meses (PORTAL BRASIL, 2020) estabeleceu-se um valor médio para a TMA de 3,9878% a.a.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da simulação de consumo energético estão registrados na Tabela 1, em que se totalizou um consumo residencial de 347,055 KWh/mês. Complementarmente à estimativa realizada pelo simulador, foi verificada a veracidade dos resultados, com os dados de uma conta de energia elétrica da CEMIG fornecida por uma família, com perfil de uma residência unifamiliar, de três membros, localizada em Belo Horizonte-MG, semelhante ao estudo de caso. Desta forma, verificou-se a adequação dos resultados gerados no simulador em comparação com a média do consumo real (347,17 KWh/mês) para 12 meses contados de março de 2017 até o mês de fevereiro de 2018.

Equipamento	Quantidade	Potência	Dias de uso	Tempo de uso	Total KWh/mês
Carregador de celular	3	15 W	Dia/mês 30	4 Hr 0 min	5,4
Chuveiro	2	4400 W	Dia/mês 30	0 Hr e 22 min	96,8
Computador	1	200 W	Dia/mês 30	2 Hr e 0 min	12
Ferro de passar	1	1000 W	Dia/mês 30	0 Hr e 3 min	1,5
Fogão elétrico	1	1500 W	Dia/mês 30	0 Hr e 30 min	22,5

Freezer	1	170 W	Dia/mês 30	9 Hr e 36 min	48,96
Geladeira	1	190 W	Dia/mês 30	9 Hr e 36 min	54,72
Lâmpada Fluorescente, 40W	12	40 W	Dia/mês 30	5 Hr e 0 min	72
Lavadora de roupas	1	1000 W	Dia/mês 30	0 Hr e 20 min	4
Liquidificador	1	300 W	Dia/mês 30	0 Hr 5 min	0,75
Micro-ondas	1	1500 W	Dia/mês 30	0 Hr e 5 min	3,75
Sanduicheira	1	750 W	Dia/mês 30	0 Hr e 5 min	1,875
Televisão	2	150 W	Dia/mês 30	2 Hr 0 min	18
Ventilador	2	80 W	Dia/mês 30	Hr 1 e 30 min	4,8
Total					347,055

Tabela 1 - Simulação do consumo residencial.

A partir da radiação solar global diária, média anual de 4,44kWh/m², para a região de Belo Horizonte – MG, de acordo com Atlas Solarimétrico do Brasil, (2000), encontrou-se um HSP de 4,44 horas/dia. O modelo de telha fotovoltaica escolhido foi da marca SOLESIA fabricada pela empresa Umbelino Monteiro de Portugal, pela ausência de fornecedores nacionais, custo benefício e garantia de 25 anos. Segundo o fornecedor, cada unidade apresenta uma potência nominal de 90W com um peso de 12 Kg, Já para o modelo dos módulos fotovoltaicos, escolheu-se o módulo solar fotovoltaico de 265W Canadian Solar - CS6K-265P com as dimensões de (1662 x 996 x 8,5 mm), por apresentar menor relação custo por Watt (R\$/W), potência nominal de 265W e eficiência de 16,1% de acordo com especificações do fabricante. Com tais especificações foi possível encontrar a quantidade total de 38 telhas fotovoltaicas ou 13 módulos fotovoltaicos para suprir a demanda de consumo energético do apartamento.

Dando continuidade ao dimensionamento, para a quantidade de telhas fotovoltaicas calculada o fornecedor recomenda a instalação de 1 inversor Inversor SMA Sunny MiniCentral SMC 7000HV-11. Para as placas fotovoltaicas, sob as condições para o dimensionamento de inversores, escolheu-se a instalação de 1 inversor do modelo Grid-Tie 3,0kW (Sem Wi-fi) B&B Power - SF3000TL, com potência individual do equipamento de 2,968W.

Os módulos fotovoltaicos apresentaram viabilidade técnica para o presente estudo visto que a área necessária para suprir integralmente a demanda energética da residência foi de 21,10m², valor equivalente a 38,69% da área útil inclinada de cobertura voltada para o norte, que é de 54,54m². Se considerarmos todo o telhado, os módulos fotovoltaicos ocupam 21,27% de sua área útil. O sistema de telhas fotovoltaicas também apresentou viabilidade técnica, visto que a área necessária para suprir todo o consumo energético da habitação foi de 23,98m², valor equivalente a 43,97% da área útil inclinada de cobertura voltada para o norte. Assim, as telhas fotovoltaicas ocupam 24,67% da área total de cobertura, valor mais expressivo em comparação com aqueles obtidos para os módulos, podendo apresentar uma

interferência maior no volume do telhado como um todo.

Contudo, cumpre destacar que as telhas solares se adaptam melhor à cobertura da edificação do que os módulos fotovoltaicos, pelo fato de serem mais leves, além de não apresentarem fiação aparente e não havendo a necessidade de suportes especiais para a sua sustentação, características que facilitam a sua instalação.

Os valores para cálculo do investimento inicial para os dois SFCR dimensionados estão resumidos na Tabela 2 e 3, sendo que a área superficial modular das telhas fotovoltaicas dimensionada em 24,53 m² resultou em uma economia de R\$ 652,25 (R\$ 26,59/m²) por dispensar o telhamento com telha cerâmica de encaixe, do tipo portuguesa, para a área ocupada pelas telhas fotovoltaicas, conforme previsto na planilha de Índices da Construção Civil, código 94195 (SINAPI, 2019).

É importante ressaltar que, para ambos os sistemas fotovoltaicos, desconsiderou-se o custo do frete e/ou importação.

Descrição	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
TELHA SOLAR SOLESIA (38 un)	R\$ 2.140,14 ¹	R\$ 81.325,32
Inversor SMA Sunny MiniCentral SMC 7000HV-11 (considerou-se 1 troca de inversor)	R\$ 14.390,00	R\$ 28.780,00
Instalação (mão de obra e materiais) – aproximadamente 31%	-	R\$ 34.132,65
Economias com telhamento	-	(652,25)
Total	-	R\$ 143.585,72

Tabela 2 - Preço de telhas e inversores do SFCR de telhas fotovoltaicas

Com 1 EUR = 4,9403 , conforme cotação do dia 28 de fevereiro de 2020, apresentada pelo Banco Central da moeda.

Descrição	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
Placa Canadian CS6K-265P (13 un.)	R\$ 589,00	R\$ 7.657,00
Inversor Grid-Tie 3,0kW (SemWi-fi) B&B Power - SF3000TL (considerou-se 1 troca de inversor)	R\$ 4.690,00	R\$ 9.380,00
Instalação (mão de obra e materiais) – aproximadamente 31%	-	(R\$ 5.281,47)
Total	-	R\$ 22.318,47

Tabela 3 - Preço de módulos e inversores do SFCR de módulos fotovoltaicos

A tabela 4 apresenta o Resultado dos índices financeiros de ambos os sistemas fotovoltaicos. Observa-se que os índices de VPL e TIR para a implantação das telhas fotovoltaicas foram negativos, bem como um *payback* descontado acima do tempo de útil do sistema. Já o módulo fotovoltaico apresentou os índices financeiros positivos com um *payback* de 11 anos e 2 meses.

Índices Financeiros	Telhas fotovoltaicas	Módulos fotovoltaicos
VPL	(R\$ 123.201,43)	R\$ 17.034,74
TIR	9,19%	10,30%
<i>Payback</i> descontado	Acima de 25 anos	11 anos e 2 meses

Tabela 4 - Resultados dos Índices Financeiros

5 | CONCLUSÕES

Com base na metodologia empregada foi possível o cumprimento do objetivo proposto neste artigo. Os resultados do estudo de viabilidade técnica permitem inferir que ambos os sistemas fotovoltaicos apresentam potencial para serem implantados em uma residência unifamiliar, considerando que as duas tecnologias foram capazes de atender a 100% da demanda energética residencial. Ambos os sistemas ocuparam áreas menores do que a área de cobertura norte da edificação, sendo possível a sua instalação e funcionamento em condições ideais de geração de energia, conforme recomendações técnicas dos fabricantes. Contudo, nota-se que as telhas fotovoltaicas se sobressaem no aspecto estético, harmonizando mais facilmente à cobertura das edificações, ao passo que os módulos fotovoltaicos se diferenciam quanto à sua potência e eficiência na conversão de energia.

Sob a perspectiva econômica, a implantação das telhas fotovoltaicas se mostrou inviável por não possuir retorno sobre o investimento. Verifica-se, portanto, que este sistema ainda apresenta baixa atratividade econômica para ser implantado no Brasil, tendo em vista o alto custo inicial do seu investimento. Em relação aos módulos, o tempo de retorno foi de 11 anos e 2 meses, equivalente a 44,67% do tempo de vida útil do equipamento, considerando a ferramenta de *payback* descontado. No caso das telhas fotovoltaicas, o alto valor de investimento impossibilitou o cálculo do *payback* no tempo de vida do equipamento, que é de 25 anos.

Em pesquisas futuras, podem ser dimensionados estes mesmos sistemas fotovoltaicos para o atendimento parcial da demanda energética da habitação, por exemplo, até um máximo de 70%. Desta forma, o custo inicial de implantação será reduzido, possivelmente favorecendo a obtenção de um menor tempo de retorno financeiro sobre o capital investido.

Novas alternativas, sob a ótica da política e da economia, envolvendo governo e empresas concessionárias de energia elétrica, poderiam contribuir para estimular o uso das telhas fotovoltaicas no mercado de energia brasileiro. Por parte do governo poderiam ser realizadas, por exemplo, reduções das taxas de juros nos financiamentos para consumidores

que queiram investir nesta tecnologia, além do fornecimento de subsídios para a sua implantação. A concessão de uso do FGTS para a compra de equipamentos fotovoltaicos, proposta em Projeto de Lei em tramitação, também poderia fomentar a adoção de soluções alternativas na geração de energia em edificações. Por parte das concessionárias, o aumento do preço pago pela energia injetada na rede elétrica pública, poderia contribuir para estimular a micro geração.

Ademais foi possível, por meio deste trabalho, demonstrar quantitativamente os prós e contras referentes à implantação do sistema de telhas fotovoltaicas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES pelo apoio financeiro, ao CEFET-MG pelo auxílio ao desenvolvimento deste trabalho, bem como as empresas NER – Naturocoberturas e Energias renováveis e Minha Casa Solar pelo fornecimento de informações técnicas e orçamentos referentes aos sistemas de telhas e de painéis fotovoltaicos.

REFERÊNCIAS

AL GORE JUNIOR, Albert Arnold. **An Inconvenient Truth: the Planetary Emergency of Global Warming and what we can do about it**. New York: Rodale Press, 2006.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução normativa nº 482**, de 17 de abril de 2012. Brasília, 2012.

AOYAMA, Enrico Sablich; SOUZA, Igor A. S. de; FERRERO, Wagner Brasileiro. **Análise de consumo e desperdício de água em atividades diárias por alunos da UNICAMP**.

Revista Ciências do Ambiente On-Line. Campinas, vol. 3, n. 2, ago. 2007.

BARRETO, Douglas Barreto. **Perfil do consumo residencial e usos finais da água**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 23-40, abr./jun. 2008.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Conversor de moedas**. Disponível em: <<http://www4.bcb.gov.br/pec/conversao/conversao.asp>>.BRASIL. Acesso em: 28 fev. 2020.

Presidência da República. **Mensagem nº 16**. Brasília: 13 jan. 2016.

CEMIG. **Valores de tarifa e serviços**. Disponível em: <https://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Paginas/valores_de_tarifa_e_servicos.aspx>. Acesso em: 28 fev. 2020.

COSTA, R. C.; PRATES, C. P. T. **O papel das fontes renováveis de energia no desenvolvimento do setor energético e barreiras à sua penetração no mercado**. BNDES Setorial: Rio de Janeiro, 2005.

ECONOMIZANDO ENERGIA. **Hackeando a geladeira**. São Paulo, 2011. Disponível em: <<https://economizandoenergia.wordpress.com/about/>>. Acesso em: 16 mar. 2018.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira**. Rio de Janeiro, EPE 2012.

_____. **Balanco Energético Nacional 2018**: ano base 2017. Rio de Janeiro: EPE, 2018.

_____. **Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil - Condicionantes e Impactos**. Rio de Janeiro, EPE 2014.

IDEAL - INSTITUTO PARA O DESENVOLVIMENTO DE ENERGIAS ALTERNATIVAS NA AMÉRICA LATINA; AHKRJ - CÂMARA DE COMÉRCIO E INDÚSTRIA BRASIL-ALEMANHA DO RIO DE JANEIRO. **O mercado brasileiro de geração distribuída fotovoltaica**. Florianópolis/Rio de Janeiro: IDEAL/ AHK RJ, 2018.

IDHEA – INSTITUTO PARA O DESENVOLVIMENTO DA HABITAÇÃO ECOLÓGICA. **A moderna construção sustentável**. São Paulo, 2015.

ECOD – Portal do Instituto EcoDesenvolvimento. **Mercado aposta em telhas solares capazes de substituir painéis fotovoltaicos**. Salvador, [201-]. Disponível em: <<http://www.ecodesenvolvimento.org/posts/2014/mercado-aposta-em-telhas-solares-capazes-de>>. Acesso em: 11 abr. 2016.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW Editores, 1997. Atualizado em 2014.

LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil; ISA - Instituto Superior de Agronomia. **Programa nacional para o uso eficiente da água**. LNEC/ISA: Lisboa, 2001.

MARQUES, J. J. A.; OLIVEIRA, C. S.; DOS SANTOS JÚNIOR, B. F. **Instalação de um Sistema Fotovoltaico Misto Considerando a Readequação no Consumo de Energia Elétrica**. In: Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos (SBSE), 2016, Natal. Anais... Natal: SBSE, 2016.

MINHA CASA SOLAR. **Painel Solar de 260W Globo Brasil - GBR-260P**. São Paulo, [201-]. Disponível em: <http://www.mct.go.br/upd_blob/0012/12425.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2017.

MIRANDA CORRÊA. **Informações técnicas**. [201-]. Disponível em: <<https://www.mirandacorrea.com.br/faq-questions-top>>. Acesso em 11 maio 2017.

NAKABAYASHI, R. **Micro geração fotovoltaica no Brasil: condições atuais e perspectivas futuras**. Dissertação (Mestrado em Energia) - Universidade de São Paulo, São Paulo. 2014.

NASCIMENTO, C. **Princípio de Funcionamento da Célula Fotovoltaica**. Lavras, MG, 2004. Disponível em: <https://www.solenerg.com.br/files/monografia_cassio.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2017.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Cepel-Cresesb, 2014.

PLANTIER, R. **As Crises do Petróleo da Década de 1970**. São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://meioambiente.culturamix.com/recursos-naturais/as-criSES-do-petroleo-da-decada-de-1970>>. Acesso em: 09 abr. 2016.

PORTAL BRASIL. **Índice Nacional de custo da construção do mercado – INCC/DI**. Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.portalbrasil.net/incc_di.htm>. Acesso em: 28 fev. 2020.

PORTAL ENERGIA. **Telhas solares fotovoltaicas uma aposta no futuro**. Guarda, [201-]. Disponível em: <<http://www.portal-energia.com/telhas-solares-fotovoltaicas-uma-aposta-no-futuro/>>. Acesso em: 28 abr. 2016.

PORTAL SOLAR. **Painel Solar - Condições Padrão de Teste (STC)**. Lisboa, [201-]. Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/folha-de-dados-do-painel-solar---o-que-voce-precisa-saber.html>>. Acesso em: 03 abr. 2017.

PROCEL INFO - Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética. Intersolar Europe: **Energia renovável avança no mundo inteiro. Rio de Janeiro**, 2006a. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?ViewID=%7BF5EAADD6-CCB0-4E29-A0C4-482D3D66BB65%7D¶ms=itemID=%7BB61B9CB1-D7AF-4E37-ADD2-114D1CFFDBA8%7D;&UIPartUID=%7BD90F22DB-05D4-4644-A8F2-FAD4803C8898%7D>>. Acesso em: 07 jun. 2016.

_____. **O Programa**. Rio de Janeiro, 2006b. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID={921E566A-536B-4582-AEAF-7D6CD1DF1AFD}>>. Acesso em 10 mar 2019.

_____. **Senado aprova uso do FGTS para compra de equipamentos de micro geração**. Rio de Janeiro, 2006c. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?ViewID=%7BF5EAADD6-CCB0-4E29-A0C4-482D3D66BB65%7D¶ms=itemID=%7B71AD6849-C9B4-4731-B412-D3DDB9CECCBB%7D;&UIPartUID=%7BD90F22DB-05D4-4644-A8F2-FAD4803C8898%7D>>. Acesso em: 18 abr. 2016.

ROAF, S; FUENTES, M; THOMAS, S. **Ecohouse: A casa ambientalmente sustentável**. Tradução Alexandre Salvaterra – 3ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

SILVA, Cristiano Augusto Cunha; SOUZA, Teófilo Mighel De. **Desenvolvimento de sistema para dimensionamento do aquecedor solar popular de água**. Revista Sodebras, Fortaleza, volume 7, n. 73 – jan. 2012.

SINAPI – **Índices da Construção Civil**. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-a-partir-jul-2009-mg/SINAPI_ref_Insumos_Composicoes_MG_022019_Desonerado_retific.zip>. Acesso em 02 fev.2019.

SOLARVOLT. **Painéis fotovoltaicos**. São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://www.solarvoltenergia.com.br/voce-sabe-qual-e-a-vida-util-dos-equipamentos-do-sistema-de-energia-fotovoltaica/>>. Acesso em: 13 mar. 2018.

SOLESIA. **Telhas Solares - Informação Técnica**. São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.renovarotelhadopoupaenergia.com/downloads/UM10.PDF.CATALOGOTECNICO_SOLESIA.PT.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2017.

UMBELINO MONTEIRO. **Telha SOLESIA – Catálogo técnico**. Disponível em <http://www.umbelino.pt/client/documentos/downloads/guias_aplicacao/CATALOGOTECNICO_SOLESIA.pdf>. Acesso em 15 mar. 2018.

VALOR ECONÔMICO. **Em dez anos, cai pela metade proporção de residências superlotadas**. São Paulo, Rio de Janeiro, Brasília, [201-]. Disponível em: <<https://www.valor.com.br/brasil/4794551/em-dez-anos-cai-pela-metade-proporcao-de-residencias-superlotadas>>. Acesso em: 15 mar. 2018.

ZOMER, C. D. **Método de estimativa da influência do sombreamento parcial na geração energética de sistemas solares fotovoltaicos integrados em edificações**. 2014. Tese (doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2014.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acervo 10, 121, 122, 123, 124, 125, 127, 128, 129, 130, 138

Amazônia 19, 20, 21, 30, 31, 155

Ambiente 16, 17, 18, 20, 21, 22, 29, 38, 43, 53, 55, 56, 60, 64, 66, 71, 73, 75, 76, 77, 78, 82, 85, 86, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 110, 117, 136, 146, 147, 148, 149, 151, 152, 154, 155, 156, 159, 161, 162, 166, 178, 183, 184

Apartamento 35, 38, 39, 47, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 58, 59, 95

APO 2

Autonomia 73, 74, 75, 77, 78, 80, 82, 83, 151

Avaliação 2, 3, 6, 10, 11, 12, 13, 17, 21, 24, 45, 76, 77, 82, 84, 94, 104, 115, 118, 149, 150, 165

B

Bairro Pedra 90 2

Bioclimática 32, 75, 102, 104, 114, 166

C

Calibração 9, 32, 34, 36, 39, 40, 42, 43, 44, 45

Cidades sustentáveis 146, 147, 148, 152, 153, 184, 185

Concepção Arquitetônica 20, 74, 121

Configuração Espacial 50, 52, 54

Conforto 8, 7, 21, 33, 36, 45, 74, 83, 86, 101, 104, 105, 107, 114, 115, 116, 157, 159, 162, 163, 164, 166

Construção 2, 1, 3, 4, 6, 7, 10, 11, 16, 22, 26, 27, 30, 37, 42, 44, 49, 74, 77, 86, 99, 102, 108, 110, 117, 118, 119, 123, 125, 126, 127, 129, 131, 139, 142, 147, 150, 151, 178

Construído 8, 4, 6, 11, 17, 19, 20, 30, 45, 72, 77, 98, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 117, 118, 119, 124, 166, 167

D

Desempenho Térmico 32, 37, 38, 43, 44, 45, 177

dia 5, 43, 62, 73, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 89, 90, 91, 95, 96, 101, 128, 147, 152, 154, 156, 159, 161, 164, 183

Dia 76, 79, 82, 94, 95

Diretrizes 17, 71, 75, 83, 120, 146, 148, 149, 150

E

Eco-Modelos 146, 147, 148, 149, 150, 152

Ecomoradia 1, 2, 3, 4, 6, 13, 16, 17, 18

edificação 11, 13, 29, 32, 33, 34, 36, 37, 38, 44, 62, 73, 74, 86, 88, 89, 90, 96, 97, 102, 108, 110, 117, 127, 129, 167, 168, 169, 177, 178

Edifício 33, 35, 38, 45, 47, 48, 50, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 71, 72, 73, 74, 74, 75, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 109, 113, 116, 118, 126, 127, 139, 167, 168, 175, 177, 178, 179

Eficiência 12, 15, 33, 45, 46, 73, 83, 86, 88, 90, 95, 97, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 117,

151, 152

Emílio Baumgart 121, 122, 123, 124, 127, 131

Energética 33, 45, 46, 73, 85, 86, 87, 88, 90, 91, 92, 95, 97, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 112, 116, 117, 150, 151, 152

Energética 37, 45, 89, 99, 114, 116, 166

Energyplus 37, 45

Espaços 8, 2, 31, 48, 49, 50, 52, 53, 54, 55, 58, 59, 60, 61, 62, 64, 71, 132, 133, 135, 137, 138, 139, 143, 145, 156, 157, 159, 164, 165, 167, 168, 171, 176, 177, 178, 180

Estratégia 19, 60, 62, 104, 105, 114, 116, 118, 153, 166, 167, 175, 177

Estrutura 4, 5, 6, 9, 11, 12, 13, 15, 21, 35, 48, 87, 89, 104, 111, 121, 122, 126, 127, 128, 134, 139, 157, 172, 176

F

Fator de Luz 73, 75, 76, 77, 79, 83

Forqueta 132, 133, 134, 135, 137, 140, 141, 142, 143, 144, 145

H

Habitação 8, 1, 3, 17, 19, 20, 21, 24, 29, 30, 31, 45, 48, 51, 59, 86, 88, 95, 97, 126

Habitação social 19, 20, 21, 24, 30, 48

I

Iluminância 73, 75, 74, 76, 77, 78, 81, 82, 83

L

Lar 16, 19, 20, 21, 24, 25, 28, 29, 30

Lazer 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 135, 138, 155, 156, 178

Luz 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 87, 112, 176

M

Madeira 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 25, 29, 35, 76, 150, 151, 163, 164

Mezanino 60, 62, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70

Mobilidade 132, 134, 142, 143, 144, 152

Multifamiliar 9, 32, 34, 45, 60, 126

N

Natural 12, 38, 45, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 86, 101, 102, 104, 105, 108, 114, 115, 116, 159, 167, 176, 182, 184

P

Pavimento 35, 36, 44, 60, 62, 64, 66, 68, 69, 71, 124, 126, 127, 128

Plantas 17, 24, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 63, 65, 68, 77, 121, 156, 170, 173, 175, 176, 179

Projeto Arquitetônico 20, 30, 33, 36, 101

R

Requalificação 132, 135, 137, 143

S

Sala de Aula 75, 76, 78, 79, 80, 81, 82, 83

Sistemas 6, 12, 17, 33, 34, 53, 85, 86, 87, 88, 89, 92, 93, 94, 96, 97, 98, 99, 100, 104, 106, 107, 108, 128, 148, 153, 166, 167, 168, 169, 173, 175, 176, 177, 178, 179

Sustentabilidade 8, 33, 101, 102, 132, 137, 145, 146, 147, 148, 152, 153, 154, 167, 180, 181

T

Térmico 32, 33, 36, 37, 38, 43, 44, 45, 74, 83, 86, 101, 104, 108, 114, 115, 177

U

Urban21 132, 133

urbanismo verde 146, 148

 **Atena**
Editora

2 0 2 0