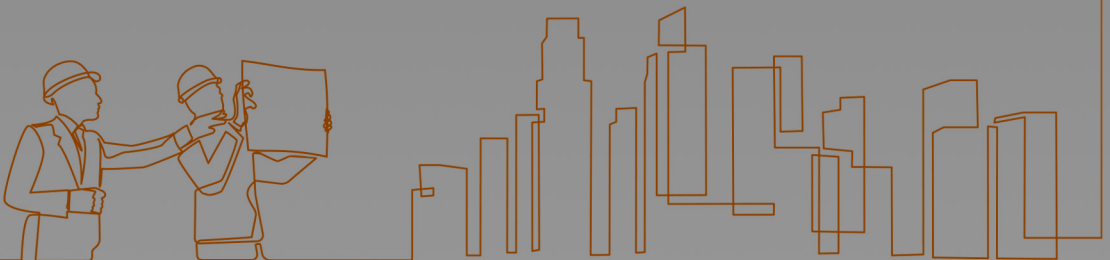


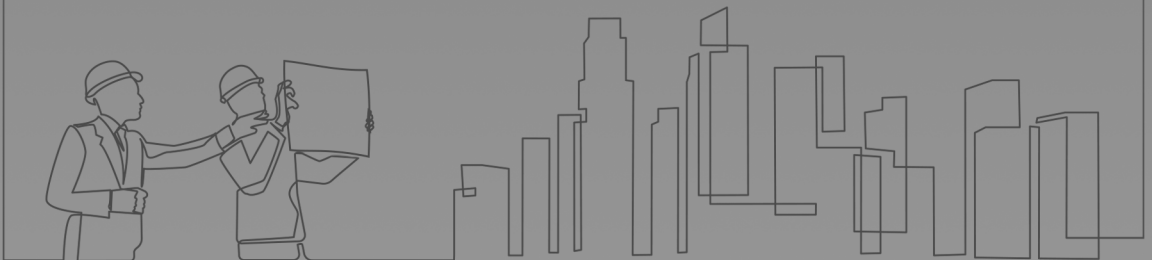
TECNOLOGIA EM MATERIAIS E PROCESSOS CONSTRUTIVOS

**Edna Alves Oliveira
Luiz Antônio Melgaço Nunes Branco
(Organizadores)**



TECNOLOGIA EM MATERIAIS E PROCESSOS CONSTRUTIVOS

**Edna Alves Oliveira
Luiz Antônio Melgaço Nunes Branco
(Organizadores)**



Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

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
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
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. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
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 – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
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
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
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. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
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
Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
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
Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª 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. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dr. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
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
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

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. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª 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
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
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
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Alborno – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
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 Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
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. Lillian 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. Dr. 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. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Tecnologia em materiais e processos construtivos

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Natália Sandrini de Azevedo
Correção: Giovanna Sandrini de Azevedo
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: Edna Alves Oliveira
Luiz Antônio Melgaço Nunes Branco

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

T255 Tecnologia em materiais e processos construtivos /
Organizadores Edna Alves Oliveira, Luiz Antônio
Melgaço Nunes Branco. – Ponta Grossa - PR: Atena,
2020.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5706-589-1
DOI 10.22533/at.ed.891201811

1. Tecnologia. 2. Materiais e processos construtivos. I.
Oliveira, Edna Alves (Organizadora). II. Branco, Luiz Antônio
Melgaço Nunes (Organizador). III. Título.

CDD 601

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos.

APRESENTAÇÃO

O homem sempre buscou na natureza, esse rico conjunto de elementos envolvendo mares, rios, lagos, terras, flora e fauna, sua capacidade de sobrevivência. Primitivamente caçando e coletando, vivendo no nomadismo até o surgimento das primeiras comunidades, quando sua capacidade e habilidades lhe permitiram perceber que não havia mais necessidade de tantos deslocamentos. A ideia de recurso como insumo estava clara. Havia abundância de materiais e com adequação ferramental a vida evoluía. Era o início de conquistas e realizações na área do conhecimento humano. Ocorriam, portanto, os primeiros passos no campo da experimentação científica, fato que permitiu, ao longo do tempo, a expansão da visão de mundo, bem como o domínio e controle cada vez mais maior dentro de uma vida já em sociedade.

Dentre as várias áreas do saber que evoluíram desde então, surge a engenharia como uma grande aplicadora desse conhecimento, transformando os recursos naturais ou gerando bens que são necessários e largamente utilizados para o desenvolvimento tecnológico. Dessa forma, a técnica, a metodologia e a instrumentação no mundo são uma constante e embasam toda a vida humana contemporânea. E tomada, então, como referencial, a tecnologia requer um olhar atento sobre o qual o trabalho repousa. Atualmente, o método científico tende a ser dominante e hegemônico, caracterizando-se por uma ciência experimental, por isso, a instrumentação e a medição são formas de garantir a confiabilidade de resultados. Para tal e perante tantas possibilidades de materiais, técnicas e ensaios, é necessário aprender a lidar com o novo que emerge a cada momento. Um dos paradigmas da educação que se aplica, nesse caso, é a formação de profissionais sobretudo na área tecnológica não apenas dotando-os de elementos técnicos para dominar uma realidade, mas permitindo-lhes compreender o significado e tendências dessa mesma realidade.

Nesse sentido, esta publicação é uma modesta contribuição a esse processo de formação e todos capítulos são oriundos de atividades de pesquisas desenvolvidas e conduzidas diretamente pelos autores.

Os organizadores desejam expressar agradecimentos a todos que graciosamente se dispuseram a colaborar nesta publicação e esperam que a leitura possa ser enriquecedora e fonte de inspiração.

Edna Alves Oliveira

Luiz Antônio Melgaço Nunes Branco

Belo Horizonte, agosto/2020

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ANÁLISE DO CICLO DE VIDA ENERGÉTICO DE UMA HABITAÇÃO POR MEIO DE TRÊS MÉTODOS CONSTRUTIVOS

Cynara Fiedler Bremer
Mariana Tonini de Araujo

DOI 10.22533/at.ed.8912018111

CAPÍTULO 2..... 15

AVALIAÇÃO DA MICROESTRUTURA E DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO COM INCORPORAÇÃO DE BACTÉRIAS DO GÊNERO BACILLUS SUBTILIS

Gláucia Nolasco de Almeida Mello
Samuel Ângelo Santiago

DOI 10.22533/at.ed.8912018112

CAPÍTULO 3..... 27

COMPORTAMENTO AO CISALHAMENTO DE MINI PAREDES EXECUTADAS COM BLOCOS ENCAIXÁVEIS DE SOLO CIMENTO

Juliana Moreira Senna Guimarães
Edna Alves Oliveira
João Batista Santos de Assis

DOI 10.22533/at.ed.8912018113

CAPÍTULO 4..... 46

ESTUDOS DE IMPLANTAÇÃO DE COBERTURAS VERDES EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS NO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE

Adriano de Paula e Silva
Cristiane Machado Parisi Jonov
Priscila Salvador Santos

DOI 10.22533/at.ed.8912018114

CAPÍTULO 5..... 65

PLANEJAMENTO DE CRONOGRAMAS FÍSICO FINANCEIROS UTILIZANDO LINHA DE BALANÇO E TECNOLOGIA BIM

Danielle Meireles de Oliveira
Sidnea Eliane Campos Ribeiro
Aldo Giuntini de Magalhães
Sérgio Geraldo dos Reis Júnior

DOI 10.22533/at.ed.8912018115

CAPÍTULO 6	75
POSSIBILIDADE DE PRODUÇÃO DE ARGAMASSA E CONCRETO COM RESÍDUOS DE MARMORES E GRANITOS	
Luiz Antônio Melgaço Nunes Branco André Ricardo de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.8912018116	
CAPÍTULO 7	88
TIJOLITO – SISTEMA AG CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA	
João Batista Santos de Assis Juliana Senna Guimarães Rúbia Nunes Vieira	
DOI 10.22533/at.ed.8912018117	
CAPÍTULO 8	101
VERIFICAÇÃO DO DESEMPENHO ACÚSTICO DE PAINÉIS PRÉ-FABRICADOS MISTOS EM CONCRETO E BLOCO CERÂMICO PARA VEDAÇÃO	
Jamile Salim Fuina Bernardo Caetano Chaves	
DOI 10.22533/at.ed.8912018118	
SOBRE OS ORGANIZADORES	117

ANÁLISE DO CICLO DE VIDA ENERGÉTICO DE UMA HABITAÇÃO POR MEIO DE TRÊS MÉTODOS CONSTRUTIVOS

Cynara Fiedler Bremer

Professora Doutora da Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura, Departamento de Tecnologia do Design, da Arquitetura e do Urbanismo (TAU). E-mail: cynarafiedlerbremer@ufmg.br

Mariana Tonini de Araujo

Doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC/UFRGS). Mestre em Estruturas e Construção pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). E-mail: marianatonini93@gmail.com

RESUMO: Durante todas as fases do seu ciclo de vida as edificações impactam o meio ambiente; entretanto, é na fase de projeto onde é possível uma maior redução de futuros impactos, visto que é possível optar por materiais e métodos construtivos menos poluentes. Uma análise de impactos ambientais simplificada, mas significativa, é a Análise do Ciclo de Vida Energético (ACVE), que prioriza o inventário de dados de consumos energéticos diretos e indiretos. Por possuir uma estrutura mais simples do que uma avaliação do ciclo de vida (ACV), uma ACVE demanda custo e tempo de execução menores e possibilita a avaliação de impactos importantes ao meio ambiente, como a emissão de gases estufa. Para exemplificar a aplicação do método ACVE foi analisado um estudo de caso de uma habitação considerando-se três tipologias de construção para o mesmo projeto: estrutura de concreto com uso de

alvenaria convencional, alvenaria estrutural e *Light Steel Framing* (LSF). Esses sistemas, por apresentarem diferentes materiais para a construção da habitação possibilitaram análises distintas em termos de consumo energético e de uma consequente contribuição para um menor consumo de energia ao longo do Ciclo de Vida da habitação. Em comparação à estrutura de concreto com uso de alvenaria convencional, a maior diferença foi observada no LSF, cujo consumo do ciclo de vida foi aproximadamente 1,1 GJ/m² menor que os demais. A partir da ACVE concluiu-se que o sistema LSF para a habitação escolhida apresentou menor impacto relacionado ao gasto energético, além da rapidez do método e sua construção a seco, o que demonstra também a importância de se pensar em novas tipologias construtivas e em se abrir mais espaço para métodos até agora de pouco uso.

PALAVRAS-CHAVE: avaliação do ciclo de vida energético; energia embutida; materiais de construção.

ANALYSIS OF THE ENERGY LIFE CYCLE OF A DWELLING USING THREE CONSTRUCTIVE METHODS

ABSTRACT: During all phases of their life cycle, buildings impact the environment; however, it is in the design phase where a greater reduction in future impacts is possible, since it is possible to choose materials and construction methods less polluting. A simplified, but significant, analysis of environmental impacts is the life cycle energy analysis (LCEA), which prioritizes the inventory of direct and indirect energy consumption data. Because it has a simpler structure than an LCA, an LCEA requires less cost and time of execution and allows the evaluation of important impacts to the environment, such as the emission of

greenhouse gases. To exemplify the application of the LCEA method, a case study of a dwelling was analyzed considering three types of construction for the same project: concrete structure using conventional masonry, structural masonry and Light Steel Framing (LSF). These systems, because they present different materials for the construction of the house, allowed different analyzes in terms of energy consumption and a consequent contribution to a lower consumption of energy throughout the Life Cycle of the house. In comparison to the concrete structure using conventional masonry, the biggest difference was observed in LSF, whose life cycle consumption was approximately 1.1 GJ/m² lower than the others. From the LCEA it was concluded that the LSF system for the chosen housing had less impact related to energy expenditure, in addition to the speed of the method and its dry construction, which also demonstrates the importance of thinking about new construction types and whether make more room for methods so far of little use.

KEYWORDS: assessment of the energy life cycle; built-in energy; construction materials

1 | CICLO DE VIDA DE EDIFICAÇÕES

O conceito de sustentabilidade vem desenvolvendo-se em decorrência de uma preocupação cada vez maior com o uso dos recursos naturais e a poluição do meio ambiente. Nesse contexto, uma maior consciência ambiental na construção civil é necessária, visto que, no Brasil, a atividade gera cerca de 67% da massa total de resíduos sólidos urbanos e consome aproximadamente 40% dos recursos naturais e energia produzida, 34% do consumo de água e 55% do consumo de madeira não certificada (SILVA, 2012). Ademais, nota-se a urgente necessidade dos projetistas brasileiros especificarem materiais que atendam aos requisitos e critérios de desempenho necessários, mas que também levem em consideração aspectos energéticos (CALDAS, 2016).

Durante todas as fases do seu ciclo de vida as edificações impactam o meio ambiente, entretanto, é na fase de projeto onde é possível uma maior redução de futuros impactos, visto que é possível optar por materiais e métodos construtivos menos poluentes. Uma das formas de quantificação dos impactos advindos da construção civil é por meio da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), que consiste em uma ferramenta que possibilita uma análise sistêmica dos impactos, identificando e medindo fluxos de insumos e emissões em todas as etapas do ciclo de vida de uma edificação (RAMESH; PRAKASH; SHUKLA, 2010 *apud* MADEIRA, 2019). Segundo Araújo (2005), a ACV, uma ferramenta de identificação das necessidades e do estado de uma obra com pretensões de sustentabilidade, é utilizada para se mensurar o impacto ambiental causado por um processo, produto ou sistema. Ressalta-se que uma ACV de edificações requer algumas alterações, visto que essas possuem uma vida útil extensa, medida em décadas, anos ou séculos, enquanto o ciclo de vida de produtos industriais envolve em geral um curto espaço de tempo (RESENDE, 2011). A ACV estuda interferências e aspectos relacionados ao meio ambiente do berço ao túmulo do produto, e seu *“princípio consiste em analisar as repercussões ambientais de um produto ou atividade, a partir de um inventário de entradas e saídas (matérias-primas e energia, produto, subprodutos e resíduos) do sistema considerado”* (RESENDE, 2011 p. 55). Em cada fase do ciclo de vida levantam-se a emissão de poluentes e a quantidade de materiais e energia utilizados, sendo posteriormente esses quantitativos multiplicados por fatores que caracterizam seu impacto ambiental (GLAUMANN *et al.*, 2010). Entretanto,

segundo Silva (2012), a grande quantidade de dados necessários bem como os cálculos extensivos fundamentais para a realização de uma ACV são aspectos negativos do sistema, tornando-o complexo.

Segundo Tavares (2006), uma análise de impactos ambientais simplificada, mas significativa, é a Análise do Ciclo de Vida Energético (ACVE), que prioriza o inventário de dados de consumos energéticos diretos e indiretos. Ainda segundo o autor, por possuir uma estrutura mais simples do que uma ACV, uma ACVE demanda menos custo e tempo de execução e possibilita a avaliação de impactos importantes ao meio ambiente, como a emissão de gases estufa. Ressalta-se que uma ACVE não visa a substituição de uma análise mais completa, mas facilitar a tomada de decisão acerca da eficiência energética e impactos associados, como a geração de CO₂. A construção de uma ACVE pode ser dividida em três fases: Fase Pré-Operacional, Fase Operacional e Fase Pós-Operacional. A Fase Pré-operacional relaciona-se à energia utilizada na fabricação e transporte de materiais, equipamentos utilizados na obra e transporte dos trabalhadores, além do desperdício de materiais e seu transporte. A Fase Operacional engloba a utilização de energia por aparelhos eletrodomésticos, para a preparação de alimentos (cocção) e para a reposição de materiais (reformas), e a Fase Pós-Operacional consiste na energia gasta para demolição, remoção e transporte dos resíduos gerados no fim do ciclo de vida da edificação (TAVARES, 2006). A Figura 1 sintetiza as etapas do Ciclo de Vida Energético de uma edificação.

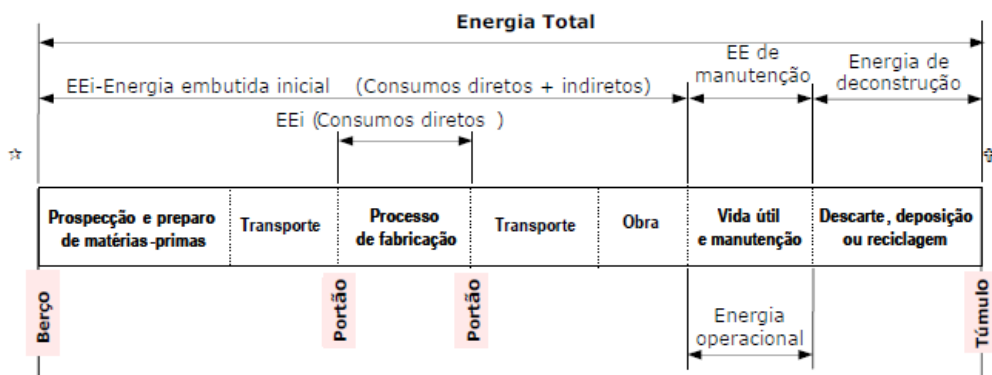


Figura 1 - Ciclo de vida energético de uma edificação

Fonte: TAVARES (2006).

Em uma abordagem berço ao túmulo, segundo a norma ISO 14040, o conjunto dos requisitos energéticos é chamado *Energia Total*. Já a *Energia Embutida Inicial* é constituída pelos insumos energéticos diretos e indiretos utilizados para se erguer a edificação, sendo os consumos diretos aqueles realizados nos limites da fábrica para a produção dos materiais construtivos e indiretos aqueles gastos na extração, transporte e beneficiamento da matéria-prima além do transporte do material pronto para a obra e da energia gasta na

construção da edificação. A *Energia Operacional* contempla os consumos de eletricidade e energia de cocção (para o preparo de alimentos) ao longo da vida útil da edificação, na *Energia de Manutenção* são considerados os insumos energéticos gastos em reformas e manutenções e, por fim, a *Energia de Desconstrução* é aquela consumida ao final do ciclo por descarte, demolição ou reciclagem. Caso novas edificações utilizem-se de materiais reciclados, o débito de energia embutida contida neles pode ser contabilizado. Em relação aos parâmetros descritos, em uma ACVE de edificações, usualmente as unidades utilizadas são GJ/domicílio ou GJ/m² (TAVARES, 2006).

2 | APLICAÇÃO DO MÉTODO ACVE EM UM PROJETO

Para exemplificar a aplicação do método ACVE aqui será analisado um estudo de caso de uma habitação considerando-se três tipologias de construção para o mesmo projeto: estrutura de concreto com uso de alvenaria convencional, alvenaria estrutural e *Light Steel Framing* (LSF). Esses sistemas, por apresentarem diferentes materiais para a construção da habitação irão possibilitar análises distintas em termos de consumo energético e de uma conseqüente contribuição para um menor consumo de energia ao longo do Ciclo de Vida da habitação. Por fim, a partir da análise de materiais utilizados na Fase Pré-Operacional do ciclo serão enfatizados os que possuem menor ou maior energia embutida e que contribuem para que a edificação tenha menor ou maior impacto ambiental, de acordo com o consumo energético, respectivamente.

A habitação utilizada nesse trabalho, retirada da monografia de Klein e Maronezi (2013), é uma habitação padrão da Companhia de Habitação do Paraná (COHAPAR), de número CF 40 G1. Esse modelo era utilizado na prática por várias construtoras do Paraná para construção de conjuntos habitacionais. No entanto, nos dias atuais esta casa não é mais utilizada, visto que não se adequa às mudanças ocorridas em 2014 nas normas ABNT NBR 6118 - Projetos de Estruturas de Concreto e ABNT NBR 5410 - Instalações elétricas de baixa tensão. Porém, como o objetivo deste trabalho é uma ACVE a partir de quantitativos existentes de três métodos construtivos distintos para um mesmo projeto, a inadequação atual da casa padrão não interfere com as análises pretendidas. A planta baixa base é composta por dois quartos, um banheiro, uma cozinha, uma sala de estar e uma lavanderia localizada na parte externa da residência. São 40,80m² de área construída e 36,99m² de área útil nos parâmetros construtivos de alvenaria convencional, Figura 2. Os cortes encontram-se na Figura 3.

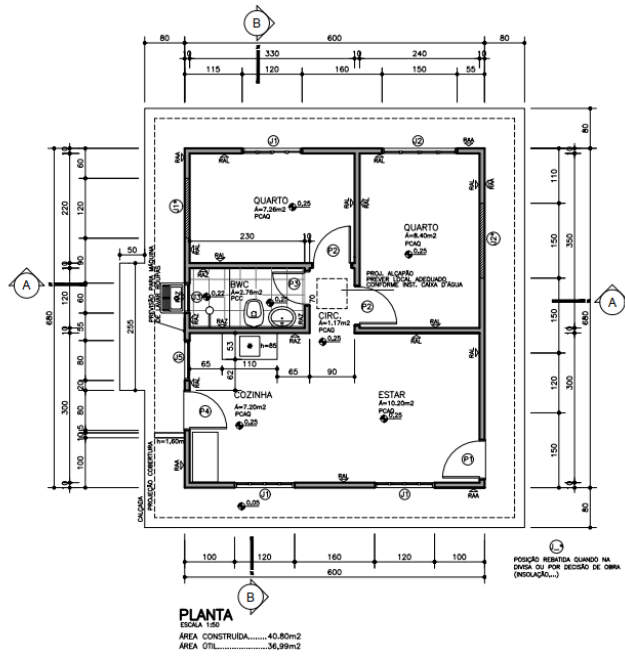


Figura 2 - Planta baixa, projeto em estudo, CF 40 G1.
Fonte: Companhia de Habitação do Paraná (COHAPAR)

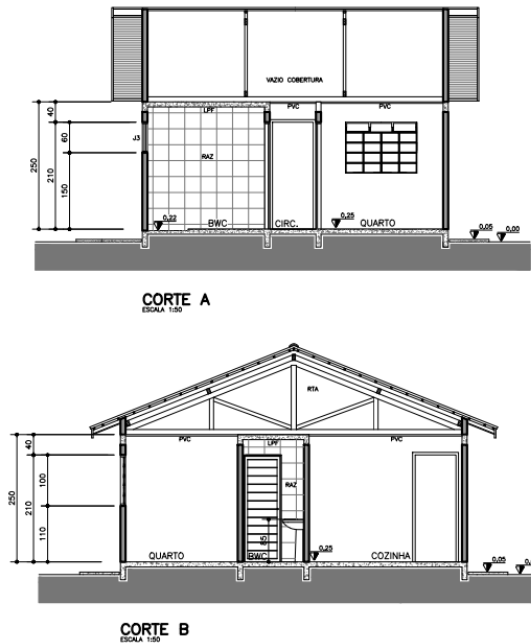


Figura 3 - Cortes, projeto em estudo, CF 40 G1.
Fonte: Companhia de Habitação do Paraná (COHAPAR)

2.1 Cálculo dos consumos energéticos para uma ACVE

A energia total do ciclo de vida de uma edificação em MJ/m² pode ser definida pela Equação 1:

$$E_{cve} = \frac{E_{pre} + E_{op} + E_{pos}}{A_{edif}} \quad \text{Eq.1}$$

Onde:

$$E_{pre} = EE_{mat} + E_{tr.mat} + E_{obra} + E_{tr.trab} + E_{desp} + E_{tr.desp} \quad \text{Eq. 1.1}$$

$$E_{op} = E_{equip} + E_{cocção} + EE_{rep} + E_{desp.rep} + E_{tr.rep} \quad \text{Eq. 1.2}$$

$$E_{pos} = E_{dem} + E_{tr.dem} \quad \text{Eq. 1.3}$$

A_{edif} = Área da edificação.

2.1.1 Fase Pré-Operacional

A Fase Pré-Operacional compreende as etapas 1 a 7, calculadas pelas Equações 2 a 7.

$$\text{Etapas 1 e 2} - EE_{mat} = \sum_{i=1}^n m_i \cdot CE_{mat_i} \quad \text{Eq.2}$$

Onde:

i = material de construção discriminado;

n = número de materiais;

m_i = quantidade de material de construção (kg);

CE_{mat_i} = conteúdo energético do material discriminado (MJ/kg).

$$\text{Etapa 3} - EE_{tr.mat} = \sum_{i=1}^n m_i \cdot l_i \cdot CE_{tr} \quad \text{Eq.3}$$

Onde:

i = material de construção discriminado;

n = número de materiais;

m_i = quantidade de material de construção (kg);

l_i = distância do fabricante de material ao sítio da obra (km);

CE_{tr} = conteúdo energético do transporte utilizado (MJ/kg.km).

$$\text{Etapa 4} - E_{obra} = \sum_{j=1}^p E_j \quad \text{Eq.4}$$

Onde:

p = número de formas de consumo energético;

j = formas de consumo energético;

E_j = quantidade de energia consumida nas atividades da obra (MJ).

$$Etapa 5 - E_{tr.trab} = t \cdot n_d \cdot 2l_m \cdot CE_{tr} \quad Eq.5$$

Onde:

t = quantidade de trabalhadores x peso unitário 70 kg;

n_d = número de dias úteis da obra;

l_m = distância média percorrida pelos trabalhadores até a obra (km);

CE_{tr} = consumo energético do transporte utilizado (MJ/kg.km).

$$Etapa 6 - E_{desp} = \sum_{i=1}^n m_i \cdot d_i \cdot CE_{mat_i} \quad Eq.6$$

Onde:

i = material de construção discriminado;

n = número de materiais;

m_i = quantidade de material de construção (kg);

d_i = fator de desperdício do material;

CE_{mat_i} = Conteúdo energético do material discriminado (MJ/kg).

$$Etapa 7 - E_{tr.desp} = 2 \cdot \sum_{i=1}^n m_i \cdot d_i \cdot l_d \cdot CE_{tr} \quad Eq.7$$

Onde:

i = material de construção discriminado;

n = número de materiais;

m_i = quantidade de material de construção (kg);

d_i = fator de desperdício do material;

l_d = distância do sítio da obra ao depósito de material desperdiçado;

CE_{tr} = Consumo energético do transporte utilizado (MJ/kg.km).

2.1.2 Fase Operacional

10. A Fase Operacional compreende as etapas 8 a 10, calculadas pelas equações 8 a

$$Etapa 8 - EE_{rep} = \sum_{i=1}^n E_{pre_i} \cdot m_i \cdot rep_i \cdot CE_{mat_i} \quad Eq.8$$

Onde:

i = material de construção discriminado;

n = número de materiais;

E_{pre_i} = energia pré-operacional do material de construção discriminado;

rep_i = fator de reposição do material ao longo da vida útil da edificação;

CE_{mat_i} = conteúdo energético do material discriminado (MJ/kg).

$$Etapa 9 - EE_{equip} = \frac{h+a+r}{3} \quad Eq.9$$

Onde:

h = fator do consumo relativo ao número de habitantes da edificação;

a = fator do consumo relativo à área da edificação;

r = fator do consumo relativo ao rendimento do grupo de habitantes.

$$\text{Etapa 10} - EE_{\text{cocção}} = E_{\text{equip}} \cdot c \quad \text{Eq.10}$$

Onde:

E_{equip} = energia consumida por equipamentos;

c = fator de consumo de Energia de cocção relativo ao consumo de energia elétrica.

2.1.3 Fase Pós-operacional

A Fase Pós-Operacional compreende as etapas 11 e 12, calculadas pelas equações 11 e 12.

$$\text{Etapa 11} - E_{\text{dem}} = \sum_{i=1}^n m_i \cdot CE_{\text{dem}} \cdot R_{\text{med}} \quad \text{Eq.11}$$

Onde:

i = material de construção discriminado;

n = número de materiais;

m_i = quantidade de material de construção (kg);

CE_{dem} = consumo energético dos equipamentos de demolição;

R_{med} = fator de reposição de materiais médio ao longo do ciclo de vida.

$$\text{Etapa 12} - E_{\text{tr.dem}} = \sum_{i=1}^n m_i \cdot l_d \cdot CE_{\text{tr}} \cdot R_{\text{med}} \quad \text{Eq.12}$$

Onde:

i = material de construção discriminado;

n = número de materiais;

m_i = quantidade de material de construção (kg);

l_d = distância do sítio da obra ao depósito de material demolido;

CE_{tr} = consumo energético do transporte utilizado (MJ/kg.km);

R_{med} = fator de reposição de materiais médio ao longo do ciclo de vida.

2.2 Resultados por fases e etapas principais do Ciclo de Vida

A Tabela 1 representa o consumo energético detalhado para cada etapa do ciclo de vida de 50 anos da habitação, considerando os métodos construtivos com o uso de estrutura de concreto e alvenaria convencional, alvenaria estrutural e LSF. Já a Tabela 2 mostra os consumos totais por fases, em GJ/m², para cada método.

Fase	Etapas	Sigla	Descrição	Consumo de energia (GJ/m ²) Estr. Conc+ Alv. Conv.	Consumo de energia (GJ/m ²) Alv. estrut.	Consumo de energia (GJ/m ²) LSF
Pré-Operacional	1	EE _{mat}	Prospecção, fabricação e transporte de insumos	3,95	3,87	4,93
	2		Fabricação dos materiais de construção			
	3	EE _{tr.mat}	Transporte dos materiais de construção	0,20	0,20	0,09
	4	EE _{eq.obra}	Energia consumida por equipamentos na obra	0,002	0,001	0,002
	5	EE _{tr.obra}	Transporte dos trabalhadores até a obra*	0,22	0,22	0,12
	6	EE _{desp}	Desperdício de materiais	0,44	0,43	0,29
	7	EE _{tr.desp}	Transporte do desperdício	0,16	0,12	0,06
Operacional	8	EE _{manut}	Reposição de materiais	4,04	3,88	2,99
	9	E _{equip.}	Energia consumida por equipamentos eletrodomésticos	7,29	7,06	7,11
	10	E _{cocção}	Energia para cocção de alimentos	10,94	10,59	10,66
Pós-Op.	11	E _{dem}	Demolição e remoção de resíduos	0,07	0,07	0,03
	12	E _{tr.dem}	Transporte do material demolido	0,26	0,26	0,12
		E _{CVE}	TOTAL DO CICLO DE VIDA	27,35	26,47	26,29

* Contabilizado a parte

Tabela 1 - Discriminação das fases e etapas com respectivos consumos no ciclo de vida energético

Fonte: Elaborado pelas autoras com base em TAVARES (2006).

Fase	Total (GJ/m ²) Alv. Conv.	Total (GJ/m ²) Alv. estrut.	Total (GJ/m ²) LSF
Pré-Operacional	4,75	4,62	5,38
Operacional	22,27	21,52	20,76
Pós-Operacional	0,33	0,33	0,15

Tabela 2 - Resultados por fases do ciclo de vida

Fonte: Elaborado pelas autoras com base em TAVARES (2006).

Em uma análise preliminar dos dados acima percebe-se uma predominância do consumo na fase operacional, em destaque à energia de cocção, para os três métodos. Foram encontrados valores muito próximos para a estrutura de concreto usando alvenaria convencional e para a alvenaria estrutural, tanto no que se refere ao gasto total de cada

fase quanto para as respectivas etapas.

Em relação à estrutura LSF, a fase pré-operacional, correspondente à Energia Embutida Inicial, teve maior consumo em relação aos outros dois sistemas. Isso ocorre devido à utilização por parte do sistema LSF de grandes quantidades de aço, material com alto valor de energia embutida, na fase pré-operacional, o que gera um consequente aumento da EE_{mat} para esse método. Da mesma forma, a fase pós-operacional para o LSF teve um menor gasto energético comparativo, visto que esse sistema se utiliza de uma menor quantidade em kg de materiais.

Observa-se que em todos os sistemas construtivos a Energia Embutida Inicial supera a Energia Operacional de equipamentos, denotando a importância do consumo energético em materiais de construção e todos os seus processos.

2.3 Consumo energético por partes da edificação

As Tabelas 3, 4 e 5 a demonstram a energia por partes da habitação, para cada sistema construtivo.

ETAPAS DO CICLO DE VIDA - ESTRUTURA DE CONCRETO COM USO DE ALVENARIA CONVENCIONAL								
Partes da habitação	EE Mat. Constr.	EE Transp.	EE Desp.	EE Transp. Desp.	Total EE setor	EE manut. 50 anos	EEquip	Total EE CVE
Serv. Preliminares	72,56	13,60	9,86	4,07	100,09	0	0	200,19
Estrutura	33799,51	2227,32	6231,36	1434,01	43692,20	0,00	15,78	87400,17
Esquadrias	75417,27	184,12	236,37	28,99	75866,75	75866,75	0	227600,26
Coberturas e proteções	12010,33	218,82	1211,64	49,27	13490,05	13490,05	0	40470,16
Revestimentos, forros e pinturas	23318,19	3528,81	5249,55	3375,88	35472,43	58775,18	1,68	129721,72
Pavimentações	5647,45	1855,47	2226,23	1617,45	11346,61	3854,88	0	26548,09
Instalações e aparelhos	10927,39	50,80	2612,76	14,56	13605,50	12783,10	0	39994,11
Complementação da obra	47,94	1,73	0,00	0,00	49,67	0,00	49,67	149,01
Total MJ	161240,64	8080,68	17777,76	6524,23	193623,31	164769,97	67,13	552083,71
Total GJ/m²	3,95	0,20	0,44	0,16	4,75	4,04	0,002	13,53

Tabela 3 - Energia por partes da habitação, para estrutura de concreto com uso de alvenaria convencional

Fonte: Elaborado pelas autoras com base em TAVARES (2006).

ETAPAS DO CICLO DE VIDA - ALVENARIA ESTRUTURAL								
Partes da habitação	EE Mat. Constr.	EE Transp.	EE Desp.	EE Transp. Desp.	Total EE setor	EE manut. 50 anos	E Equip.	Total EE CVE
Serv. Preliminares	73,51	13,74	9,98	4,11	101,33	0	0	202,66
Estrutura	39763,56	4909,68	7597,20	2348,84	54619,28	0	5,10	109243,67
Esquadrias	75383,92	183,09	223,11	28,17	75818,28	75818,28	0,00	227454,85
Coberturas e proteções	12010,33	218,82	1211,64	49,27	13490,05	13490,05	0,00	40470,16
Revestimentos, forros e pinturas	20634,55	1297,11	4092,45	1155,61	27179,73	58775,18	1,68	113136,31
Pavimentações	5647,45	1855,47	2226,23	1617,45	11346,61	3854,884	0	26548,09
Instalações e aparelhos	11691,50	52,04	2918,40	15,55	14677,50	13855,09	0,00	43210,09
Complementação da obra	47,94	1,73	0,00	0,00	49,67	0,00	49,67	3319,00
Total MJ	165252,77	8583,01	18279,01	5260,07	197282,45	165793,50	56,45	566754,84
Total GJ/m²	3,87	0,20	0,43	0,12	4,62	3,88	0,001	13,26

Tabela 4 - Energia por partes da habitação, uso de alvenaria estrutural

Fonte: Elaborado pelas autoras com base em TAVARES (2006).

ETAPAS DO CICLO DE VIDA - LSF								
Partes da habitação	EE Mat. Constr.	EE Transp.	EE Desp.	EE Transp. Desp.	Total EE setor	EE manut. 50 anos	E Equip.	Total EE CVE
Serv. Preliminares	73,75	13,83	10,02	4,14	101,74	0	0	203,47
Estrutura	70832,53	1436,43	4677,52	854,81	77801,29	435,65873	90,71	156128,95
Esquadrias	75383,92	183,09	223,11	28,17	75818,28	75818,28	0	227454,85
Coberturas e proteções	33531,55	258,08	1158,69	32,60	34980,92	12940,23	0	82902,07
Revestimentos, forros e pinturas	11641,27	71,59	1272,66	23,20	13008,71	22161,85	0,00	48179,28
Pavimentações	5647,45	1855,47	2226,23	1617,45	11346,61	3854,88	0	26548,09
Instalações e aparelhos	11418,26	51,60	2809,10	15,20	14294,16	11079,90	0	39668,22
Complementação da obra	47,94	1,73	0,00	0,00	49,67	0,00	0,00	99,34
Total MJ	208576,68	3871,81	12377,33	2575,56	227401,39	126290,81	90,71	581184,29
Total GJ/m²	4,93	0,09	0,29	0,06	5,38	2,99	0,002	13,74

Tabela 5 - Energia por partes da habitação, uso de LSF

Fonte: Elaborado pelas autoras com base em TAVARES (2006).

A predominância da EE de Materiais de Construção pode ser observada nos três métodos, destacam-se o sistema LSF, com valor total de 1 GJ/m² superior às Alvenarias.

Esse acréscimo deve-se à utilização da estrutura LSF nas partes estruturais, de coberturas e proteções da habitação. Esta estrutura, além de apresentar grandes consumos de aço, material com alto teor de Energia Embutida/kg, faz uso de placas cimentícias e de gesso acartonado, que apesar de não apresentarem alto valor de Energia Embutida/kg são utilizados em grandes quantidades, consumindo um significativo valor energético total.

Também nota-se que nos três métodos as partes da habitação com maior quantidade de Energia Embutida são os referentes à estrutura e às esquadrias. Em relação à parte estrutural, a grande quantidade de blocos cerâmicos e de concreto utilizados na estrutura de concreto com uso de alvenaria convencional e na alvenaria estrutural, respectivamente, resulta em grande gasto energético, bem como a estrutura metálica do LSF contribui para um gasto energético elevado na parte estrutural da habitação. Já para as esquadrias, nos três sistemas têm-se um consumo elevado devido ao alto uso de alumínio nas mesmas, material esse que apresenta um dos maiores valores de Energia Embutida/kg (98,2 MJ/kg).

2.4 Consumo de energia por materiais de construção

A Tabela 6 mostra a distribuição energética, para cada método, dos principais materiais utilizados na habitação.

	Estrutura de concreto + alvenaria convencional			Alvenaria estrutural			LSF		
	Materiais	Total EE (MJ)	%	Materiais	Total EE (MJ)	%	Materiais	Total EE (MJ)	%
1	Alumínio	62.124,89	32%	Alumínio	62.124,89	31%	Aço	65.447,29	29%
2	Cer. Vermelha	21.824,39	11%	Concreto	50.690,82	26%	Alumínio	62.124,89	27%
3	Cimento	16.763,48	9%	Cimento	15.734,38	8%	Concreto	13.631,13	6%
4	Aço	16.177,08	8%	Aço	13.307,95	7%	Fibrocimento	8.507,97	4%
5	Concreto	15.683,19	8%	Fibrocimento	8.507,97	4%	Cimento	5.792,77	3%
6	Areia	11.615,89	6%	Areia	6.307,76	3%	Pedra	4.769,50	2%
7	Fibrocimento	8.507,97	4%	Pedra	5.464,19	3%	PVC	3.247,56	1%
8	PVC	4.095,30	2%	PVC	3.630,90	2%	Tinta	2.766,65	1%
9	Pedra	3.433,11	2%	Cal	3.155,68	2%	Areia	2.535,26	1%
10	Cal	3.272,80	2%	Tinta	2.766,65	1%	Madeira	1.358,35	1%
11	Tinta	2.766,65	1%	Madeira	1.846,08	1%	Cer. Revestimento	1.225,21	1%
12	Madeira	2.324,28	1%	Cer. Revestimento	1.225,21	1%	Cal	24,90	0%
14	Outros	25.034,28	13%	Outros	22519,97	11%	Outros	55.969,90	25%

Tabela 6 - Energia por partes da habitação

Fonte: Elaborado pelas autoras com base em TAVARES (2006).

Observa-se, como esperado, que o alumínio foi o material com maior contribuição energética de ambas as Alvenarias, visto que são muito utilizados nas esquadrias da habitação e possuem alto valor de EE/kg agregado. Quanto ao LSF, o alumínio aparece em segundo lugar, perdendo posição para o aço, altamente presente nas estruturas LSF e também com grande valor de EE/kg. O cimento e o aço estão entre as primeiras posições nos três métodos construtivos. Para a estrutura de concreto com uso de alvenaria convencional o uso de blocos cerâmicos explica a posição de destaque da cerâmica vermelha na contribuição da EE total e para a alvenaria estrutural o uso de blocos de concreto para a alvenaria justifica o posicionamento do concreto.

Para essa habitação o período de retorno energético considerado para as Alvenarias foi de aproximadamente 13 anos e para o sistema LSF foi de 15 anos, o que era esperado, visto que a Energia Embutida Inicial para esse último era maior do que para ambas as alvenarias (convencional e estrutural).

3 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo do consumo energético pode indicar maneiras de se reduzir os impactos ocasionados pela construção civil ainda na fase de projetos, por meio, por exemplo, da utilização de materiais com menores impactos ambientais.

No exemplo adotado fez-se uma comparação de gasto energético entre a estrutura de concreto com uso de alvenaria convencional, de grande uso no País, a alvenaria estrutural, cuja aplicação em obras vem crescendo e o *Light Steel Framing*, sistema ainda pouco conhecido no Brasil. Em comparação à estrutura de concreto com uso de alvenaria convencional, a maior diferença foi observada no LSF, cujo consumo do ciclo de vida foi aproximadamente 1,1 GJ/m² menor.

Portanto, a partir de uma ACVE concluiu-se que o sistema LSF para a habitação escolhida apresenta menor impacto relacionado ao gasto energético, além da rapidez do método e sua construção a seco, o que demonstra também a importância de se pensar em novas tipologias construtivas e em se abrir mais espaço para métodos até agora de pouco uso.

REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12721: Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios – Procedimento. Rio de Janeiro. 2006.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6118: Projetos de Estruturas de Concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2014.

ARAÚJO, M. A. A moderna construção sustentável. IDHEA – Instituto para desenvolvimento da Habitação Ecológica. Disponível em: < <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfHIEAE/a-moderna-construcao-sustentavel?part=2> >. Publicado em fevereiro de 2005. Acesso em: 30 out. 2016.

- BARROS, Mercia M. S. B. de; MELHADO Silvio B. Recomendacoes para a produção de estruturas de concreto armado em edifícios. São Paulo: EPUSP, 1998. Departamento de Engenharia Civil. Disponível em: <www.pcc.usp.br/files/text/publications/TT_00004.pdf>. Acesso em: 30 out. 2016.
- CALDAS, Lucas Rosse et al. Avaliação do ciclo de vida energético (ACVE) e do desempenho térmico de uma habitação de light steel framing com o uso de diferentes tipos de isolantes térmicos. Revista Eletrônica de Engenharia Civil, 2016
- CAMPOS, Patrícia Farrielo de. Light Steel Framing: uso em construções habitacionais empregando a modelagem virtual como processo de projeto e planejamento. 2014. 198 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Sao Paulo, São Paulo, 2014. Disponível em: <www.teses.usp.br/teses/.../DISSERTACAO_PATRICIA_CAMPOS_CORRIGIDA.pdf>. Acesso em: 30 out. 2016.
- GLAUMANN, Mauritz et al. Energy Saving through Promotion of Life Cycle Assessment in Buildings. Europe: Enslic Building, 2010. Disponível em: <<https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/en/projects/enslic-building>>. Acesso em: 30 out. 2016.
- INTERNATIONAL STANDARD. ISO 14040: Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework. Switzerland, 1996. Disponível em: <<https://web.stanford.edu/class/cee214/Readings/ISOLCA.pdf>>. Acesso em: 19 jul. 2018.
- KATO, Ricardo Bentes. Comparação entre o sistema construtivo convencional e o sistema construtivo em alvenaria estrutural segundo a teoria da construção enxuta. 2002. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/111939/193963.pdf?...1>>. Acesso em: 30 out. 2016.
- KLEIN, Bruno Gustavo; MARONEZI, Vinícius. Comparativo orçamentário dos sistemas construtivos em alvenaria convencional, alvenaria estrutural e light steel frame para a construção de conjuntos habitacionais. 2013. 141 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013. Disponível em: <repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1487/1/PB_DACOC_2013_1_08.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2016.
- MADEIRA, Juliana Grillo da Silva. Avaliação do ciclo de vida energético e desempenho da envoltória mediante ações de retrofit em edificação pública escolar. 2019. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo.
- RAMALHO, Marcio A.; CORRÊA, Márcio R. S.. Projetos de edifícios de alvenaria estrutural. Sao Paulo: Pini, 2003. 188 p.
- RESENDE, Elaine Cristina de Souza Pereira de. A eccoreabilitação e a avaliação do ciclo de vida das edificações. 2011. 173 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2011. Disponível em: <<http://www.poscivil.uff.br/conteudo/ecorreabilitacao-e-avaliacao-do-ciclo-de-vida-das-edificacoes>>. Acesso em: 30 out. 2016.
- SANTIAGO, Alexandre Kokke; FREITAS, Arlene Maria Sarmanho; CRASTO, Renata Cristina Moaraes de. Steel Framing: Arquitetura. 2. ed. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil, Centro Brasileiro da Construção em Aço, 2012. 152 p.
- SILVA, Luciano Pires da. Análise do Ciclo de Vida Energético de Habitações de Interesse Social. 2012. 185 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/76184?locale=pt_BR>. Acesso em: 17 jul. 2016.
- TAUIL, Carlos Alberto; NESE, Flávio José Martins. Alvenaria Estrutural. São Paulo: Pini, 2010. 188 p.
- TAVARES, Sérgio Fernando. Metodologia de Análise do Ciclo de Vida Energético de Edificações Residenciais Brasileiras. 2006. 225 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

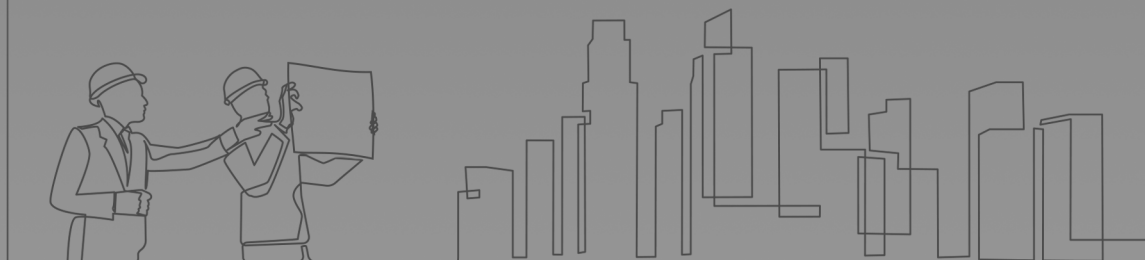
TECNOLOGIA EM MATERIAIS E PROCESSOS CONSTRUTIVOS

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

@atenaeditora 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 



TECNOLOGIA EM MATERIAIS E PROCESSOS CONSTRUTIVOS

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

@atenaeditora 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

