

Gestão de Resíduos Sólidos 2

Leonardo Tullio
(Organizador)



Leonardo Tullio
(Organizador)

Gestão de Resíduos Sólidos

2

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

G393 Gestão de resíduos sólidos 2 [recurso eletrônico] / Organizador Leonardo Tullio. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Gestão de Resíduos Sólidos; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-188-6

DOI 10.22533/at.ed.886191403

1. Lixo – Eliminação – Aspectos econômicos. 2. Pesquisa científica – Reaproveitamento (Sobras, refugos, etc.). 3. Sustentabilidade. I. Tullio, Leonardo. II. Série.

CDD 363.728

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

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.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Neste Volume II, são apresentados 18 artigos que analisaram o potencial de uso de diversos materiais em vários setores, propondo destino correto a esses resíduos.

A construção civil apresenta-se como elevado potencial na incorporação desses resíduos industriais, que podem ser utilizados como matéria-prima alternativa, uma vez que disponíveis em grandes quantidades e sem destinação pela indústria que o produz, sua utilização pode levar a vantagens econômicas, técnicas e ecológicas, ademais solução de muitos problemas da indústria.

Também se observa o potencial de utilização de resíduos da atividade agrícola no meio urbano, sendo assim o aproveitamento, além de minimizar os problemas ambientais, é visto como atividade complementar, que pode contribuir para a diversificação dos produtos e para a diminuição do custo final de produtos.

Todavia, a correta destinação de um resíduo deve ser estudada e tratada com cautela, pois o "desleixo" causa impactos ambientais incalculáveis na sociedade.

Bons estudos.

Leonardo Tullio

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
SUSTENTABILIDADE: USO DE ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL E EDUCAÇÃO AMBIENTAL	
<i>Cristine Machado Schwanke</i> <i>Juliana Young</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8861914031	
CAPÍTULO 2	13
UTILIZAÇÃO DE CARVÃO DE CAROÇOS DE BUTIÁ (<i>BUTIA CAPITATA</i>) COMO MEIO DEPURIFICAÇÃO ALTERNATIVA DE ÁGUAS PARA CONSUMO HUMANO	
<i>Beatriz Stoll Moraes</i> <i>Ferdinando Bisogno de Castro</i> <i>Maick Bravo da Silva</i> <i>Paulo Roberto Diniz da Silva</i> <i>Daniela Lilge Silva</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8861914032	
CAPÍTULO 3	25
USO DE RESÍDUOS DE CELULOSE NA MELHORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS	
<i>Genyr Kappler</i> <i>Carlos Alberto Mendes Moraes</i> <i>Regina Célia Espinosa Modolo</i> <i>Juliana Damasio Waschevicz</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8861914033	
CAPÍTULO 4	34
REJEITOS RADIOATIVOS DO MAIOR ACIDENTE RADIOLÓGICO DO BRASIL	
<i>Lení Maria de Souza</i> <i>Francisco Itami Campos</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8861914034	
CAPÍTULO 5	46
PRODUÇÃO DE CARBOXIMETILCELULASE E AVICELASE PELO BACILLUS SP SMIA-2 EM MEIO CONTENDO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR	
<i>Andréia Boechat Delatorre</i> <i>Silvania Alves Ladeira</i> <i>Marcela Vicente Vieira Andrade Gonçalves</i> <i>Cristiane de Jesus Aguiar</i> <i>Thiago Freitas de Almeida</i> <i>Meire Leles Leal Martins</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8861914035	
CAPÍTULO 6	55
O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NO MERCADO DE EQUIPAMENTOS GAMER	
<i>Felipe Elsemann Barreto</i> <i>Ana Júlia Senna Sarmiento Barata</i> <i>Ricardo Ribeiro Alves</i> <i>Djulia Regina Ziemann</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8861914036	

CAPÍTULO 7 68

ESTUDO PARA INSTALAÇÃO DE CENTROS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO RIO DE JANEIRO EM SEROPÉDICA

Hélio Fernandes Machado Júnior

Rui de Góes Casqueira

Fabíola Oliveira da Cunha

DOI 10.22533/at.ed.8861914037

CAPÍTULO 8 78

ESTUDO E CARACTERIZAÇÃO DA SERICINA EMPÓ RESULTANTE DO APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS DESIDRATADA EM “SPRAY DRYER”

Ana Paula Sone

Camilo Freddy Mendoza Morejon

Marcelino Luiz Gimenes

DOI 10.22533/at.ed.8861914038

CAPÍTULO 9 92

ESTUDO DA CONFORMIDADE DE BLOCOS CERÂMICOS PRODUZIDOS COM RESÍDUOS DE CHAMOTE E CASCA DE ARROZ

Ivando Stein

Maurício Livinali

Éder Claro Pedrozo

Lucas Fernando Krug

DOI 10.22533/at.ed.8861914039

CAPÍTULO 10 103

ESTUDO COMPARATIVO DO LIXIVIADO GERADO POR RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICO E ELETROELETRÔNICO EM SIMULAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO

Beatriz Rodrigues de Barcelos

Caio Soares Camargos

Gabriel Alves Teixeira

Lorena Silva Pereira

Ygor dos Santos Carneiro

DOI 10.22533/at.ed.88619140310

CAPÍTULO 11 116

DESMONTAGEM E CARACTERIZAÇÃO DE LÂMPADAS LED PARA RECUPERAÇÃO DE MATERIAIS

Emanuele Caroline Araujo dos Santos

Alini Luísa Diehl Camacho

Leonardo Daniel Rauber

Carlos Alberto Mendes Moraes

DOI 10.22533/at.ed.88619140311

CAPÍTULO 12 126

CARACTERIZAÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DO MUNICÍPIO DE PETROLINA/PE

David José Oliveira da Silva

Iago Santos Calábria

Walter de Moraes Calábria Junior

DOI 10.22533/at.ed.88619140312

CAPÍTULO 13 136

AVALIAÇÃO DA POTENCIALIDADE DE RESÍDUOS GERADOS PELA INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE COMO MATERIAIS ALTERNATIVOS PARA A INDÚSTRIA CIMENTEIRA

Joana Gomes Meller
Letícia Torres Maia
Oscar Rubem Klegues Montedo
Dachamir Hotza
Hiany Mehl Zanlorenzi
Silvana Meister Sommer

DOI 10.22533/at.ed.88619140313

CAPÍTULO 14 147

ANÁLISE DOS PLANOS MUNICIPAIS DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO ESTADO DO PARANÁ

Daniel Poletto Tesser
Luciana Janoni Botelho de Freitas do Nascimento
Antônio Carlos de Francisco
Cassiano Moro Piekarski

DOI 10.22533/at.ed.88619140314

CAPÍTULO 15 160

ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DO AQUECIMENTO DE ÁGUA ATRAVÉS DE UM AQUECEDOR SOLAR FEITO COM MATERIAL RECICLÁVEL

Maiara Stein Wünsche
Nadine Rech Medeiros Serafim
Rafaela Picolotto

DOI 10.22533/at.ed.88619140315

CAPÍTULO 16 170

ANÁLISE DA MISTURA DO AGREGADO RECICLADO DE RCD ASSOCIADO AO SOLO LATERÍTICO PARA UTILIZAÇÃO NA CAMADA DE BASE DE PAVIMENTOS

Natássia da Silva Sales
Caio César Luz Araújo

DOI 10.22533/at.ed.88619140316

CAPÍTULO 17 182

ANÁLISE DA ECOEFICIÊNCIA DA RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM USINA SUCROALCOOLEIRA NO PIAUI

Lilian de Castro Moraes Pinto
Maria do Socorro Lira Monteiro

DOI 10.22533/at.ed.88619140317

CAPÍTULO 18 191

ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA NACIONAL E INTERNACIONAL SOBRE TRATAMENTO DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO

Manoela Paiva de Amorim Santos
Rafael de Freitas Taves
Alexandre Lioi Nascentes
Armando Borges de Castilhos Junior

DOI 10.22533/at.ed.88619140318

SOBRE O ORGANIZADOR..... 203

USO DE RESÍDUOS DE CELULOSE NA MELHORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS

Genyr Kappler

Universidade do Vale do Rio dos Sinos/
UNISINOS, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil, São Leopoldo – RS

Carlos Alberto Mendes Moraes

Universidade do Vale do Rio dos Sinos/
UNISINOS, Programas de Pós-Graduação em
Engenharia Civil, e Engenharia Mecânica, São
Leopoldo – RS

Regina Célia Espinosa Modolo

Universidade do Vale do Rio dos Sinos/
UNISINOS, Programas de Pós-Graduação em
Engenharia Civil e Engenharia Mecânica, São
Leopoldo – RS

Juliana Damasio Waschevicz

Universidade do Vale do Rio dos Sinos/
UNISINOS, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Mecânica, São Leopoldo – RS

RESUMO: Os impactos ambientais impostos pela atividade antrópica têm crescido nas últimas três décadas e intensificar nos próximos 20 anos. Entre as questões mais alarmantes estão o aumento da geração de resíduos, o consumo de energia e a relevância na gestão das águas (OECD, 2002). Um dos maiores desafios da sociedade moderna está centrada na geração e fornecimento de energia elétrica. Um dos elementos que mais tem contribuído para o crescimento desta demanda é a climatização de ambientes residenciais e comerciais, sendo

que os países em desenvolvimento tendem a responder pela maior parte do crescimento. A maneira mais eficiente de se economizar energia é evitando o seu consumo, desta forma, fazer o reaproveitamento de matéria prima já beneficiada pode reduzir a demanda por energia, bem como evitar a extração de novos recursos. Observa-se que diversos países utilizam materiais celulósicos como isolante térmico e que estes apresentam bom desempenho relativamente ao isolamento térmico e acústico. Kappler et al., (2015) propuseram o uso de resíduos celulósicos da indústria gráfica com carga de resíduos da indústria moveleira, ou seja, resíduos de papel misturados com pó e serragem de MDF (*Medium Density Fiber*) formando um compósito. Como demonstrado pelos autores, o uso destes materiais permite a valorização dos resíduos em novos produtos e processos, permitindo ainda a redução no consumo de energia elétrica para climatizar ambientes. A simulação realizada com o uso do *software EnergyPlus®* mostra o quanto de energia podese evitar consumir para manter uma edificação na temperatura de conforto desejada para o clima da região de Porto Alegre, Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: Reciclagem, Climatização, Eficiência energética.

ABSTRACT: The environmental impacts

imposed by anthropic activity have increased over the last three decades and tend to intensify over the next 20 years. Among the issues of greatest concern are the growth of waste generation, increased energy consumption and water management (OECD, 2002). One of the greatest challenges of modern society is centered on the generation and supply of electricity. One of the aspects that have contributed most to the growth of this demand is conditioning the air of residential and commercial environments, where the developing countries tend to account for most of the growth. The most efficient way to save energy is to avoid its consumption, thus, reusing raw material already benefited can reduce the demand for energy as well as to avoid the extraction of new resources. It was observed that several countries use cellulosic materials as thermal insulation and that it presents excellent characteristics of thermal and acoustic insulation. Kappler et al., (2015) proposed the use of cellulosic waste from the printing industry mixed with waste from the furniture industry, that is, paper waste mixed with powder and sawdust of MDF-(Medium Density Fiber), forming a composite. The use of these materials allows the valorization of solid wastes by creating new products and processes, as demonstrated by the authors, while still allowing the reduction in the consumption of electric energy to conditioning the air in the buildings. The simulation performed with EnergyPlus® software shows how much energy use can be avoided to keep the temperature of a building at the desired comfort temperature for the climatic condition of Porto Alegre, Brazil.

KEYWORDS: Recycling, Air-conditioning, Energy efficiency.

1 | INTRODUÇÃO

A urbanização e o processo migratório para as urbes têm se intensificados a partir do século XVIII com a Revolução Industrial. O aperfeiçoamento do mercado de consumo e a busca por melhor qualidade de vida têm imposto uma sobrecarga na extração de recursos naturais, no consumo de energia e na geração de resíduos, gerando a atual crise ambiental (VLIET *et al.*, 2005) e (SCHUETZE *et al.*, 2013). A depleção dos recursos naturais e a contaminação dos ecossistemas têm posto em xeque a manutenção do desenvolvimento econômico da sociedade e a sustentabilidade da produção industrial, evidenciando a necessidade de uma gestão ambiental mais eficiente e responsável (DIAS, 2010).

A partir do século XVIII o homem passa a produzir substâncias de natureza sintética, que somado ao crescimento demográfico potencializou a degradação do meio ambiente. Com isso a concentração de poluentes sólidos, líquidos e gasosos se intensificou a ponto de exceder a capacidade de suporte dos ecossistemas para determinadas substâncias (SEIFFERT, 2010). Autores como Vliet (2005), Schuetze (2013) e Seifert (2010) têm buscado advertir a sociedade, seus gestores e a classe empresarial sobre a forma como as atividades industriais e a expansão urbana vêm se desenvolvendo e da necessidade da adoção de modelos de menor impacto ambiental.

O modelo de mercado altamente competitivo impõe barreiras ao setor produtivo, que se mostra reticente quanto à adoção de processos mais eficientes, principalmente devido ao custo de mudanças estruturais e tecnológicas, optando por manter o modelo do qual detém domínio em detrimento do mais eficiente, fazendo-se necessária a adoção de regulamentações por parte do Estado. Ainda assim, entre a busca de um resultado ótimo e o simples cumprimento de normas restritivas, a adoção de novos processos, produtos, formas de descarte e reincorporação de resíduos na cadeia produtiva são alternativas interessantes e que trazem bons resultados econômicos e ambientais. McDonough, 2008, acrescenta que, se existe uma solução ela reside no design do sistema produtivo e de produtos. Portanto, deve-se repensar todo o sistema do produzir para descartar, para um processo de ganho contínuo de produção em ciclo fechado, no lugar de apenas externalizar os impactos negativos.

A construção civil é apontada como um dos setores mais impactantes do ponto de vista ambiental, sendo um dos motivos o elevado consumo de energia para produzir alguns de seus materiais empregados no setor e a energia elétrica consumida nas edificações. Estudos de ACV destacam que a etapa operacional é a mais impactante em relação ao consumo de energia em edificações habitacionais (CALDAS *et al.*, 2016). Segundo dados do Balanço Energético Nacional BEN, 2014, foi observado que as edificações habitacionais brasileiras são responsáveis por um consumo de 24,2% de toda energia elétrica brasileira. Muitos pesquisadores afirmam que a utilização de isolantes térmicos no envelope da edificação origina uma redução do consumo de energia em razão da diminuição da utilização do sistema de condicionamento de ar. Este fato está relacionado com a diminuição da carga térmica, pois os isolantes térmicos têm a capacidade de diminuir o fluxo de calor que atravessa as paredes, cobertura e piso (GABRIELLI, 2014).

A introdução de tecnologias que busquem a eficiência energética e viabilizem a redução do consumo de energia por meio da adoção de técnicas construtivas mais eficientes dependem de políticas públicas e modelos de mercado que incentivem a mudança no comportamento dos consumidores. Um dos fatores mais limitantes para se construir habitações com maior eficiência energética é o custo dos materiais usados na confecção do envelope, por serem materiais mais nobres. A reciclagem de materiais celulósicos possibilita seu uso na construção do envelope de edificações, melhorando sua eficiência energética (KAPPLER *et al.*, 2015). Estes autores salientam que a celulose é um excelente isolante térmico utilizado desde a década de 40 por países do norte. O uso de material celulósico proveniente de resíduos da indústria moveleira e da indústria gráfica como isolante térmico se mostra uma alternativa de reciclagem relevante, redirecionando estes materiais de aterros e aripes para novos mercados, lhes conferindo valor comercial e minimizando o impacto ambiental.

Com este artigo se pretende demonstrar que materiais reciclados da indústria podem ser utilizados na confecção do envelope de edificações residenciais. A recuperação destes materiais, além de promover um incremento em sua cadeia de

valores, ainda proporciona um ganho energético pela energia evitada na climatização de habitações.

2 | OBJETIVO

Demonstrar, através de simulação computacional com o uso do programa *EnergyPlus*[®], que materiais reciclados como o pó do lixamento e serragem de MDF da indústria moveleira e resíduos de papel da indústria de impressão podem ser utilizados na confecção do envelope de edificações habitacionais melhorando seu desempenho térmico, podendo reduzir o consumo de energia elétrica para fins de climatização.

3 | METODOLOGIA

A simulação computacional permitiu observar a carga térmica requerida por uma residência popular de 50,25 m², comparando duas envoltórias diferentes. Foram quantificadas as cargas térmicas necessárias para climatizar a habitação pelo período de um ano. A quantificação foi obtida pela subtração dos resultados destes dois modelos comparativos utilizando a simulação computacional: Carga térmica com o uso de isolamento de celulose subtraída da carga térmica com o uso de alvenaria tradicional. As simulações permitiram mensurar a carga térmica evitada ao se climatizar uma habitação que utiliza isolamento celulósico.

3.1 Simulação no programa *EnergyPlus*[®]

O programa *EnergyPlus*[®] fornece os mecanismos de modelagem aplicados a análise dos materiais utilizados na construção para a simulação da carga térmica. Ele é uma coleção de muitos módulos de programa que trabalham juntos para calcular a energia necessária para aquecimento e resfriamento de um edifício usando uma variedade de sistemas e fontes de energia. Ele faz isso simulando o edifício e sistemas de energia associados quando eles estão expostos a diferentes condições ambientais e operacionais. A simulação da carga no edifício é baseada em princípios de equilíbrio térmico fundamentais.

3.2 Isolante térmico de celulose

O isolante proposto é fabricado a partir de resíduos industriais e urbanos, constituído de uma mistura de resíduos de papel jornal triturados, oriundos do processo produtivo da indústria gráfica e dos pós consumo, com pó de serragem e de lixamento do MDF, resultantes da fabricação de móveis. A mistura recebe ainda componentes químicos para evitar insetos, bem como para torná-lo inerte ao fogo com a adição de cargas minerais retardantes de chama como por exemplo compostos halogenados

de bromo (KAPPLER *et al.*, 2015). É um material de pouca densidade, em torno de 80 kg m^3 , e com condutividade térmica em torno de $0,039 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$ de acordo com a literatura (FERREIRA, 2012).

3.3 Habitação popular

Para a simulação computacional dos dois modelos de envoltória se utilizou o projeto de uma edificação popular do programa Minha Casa Minha Vida, do governo Federal (Planos Casas, 2016), que tem área total construída de $50,25 \text{ m}^2$, Figura 1.

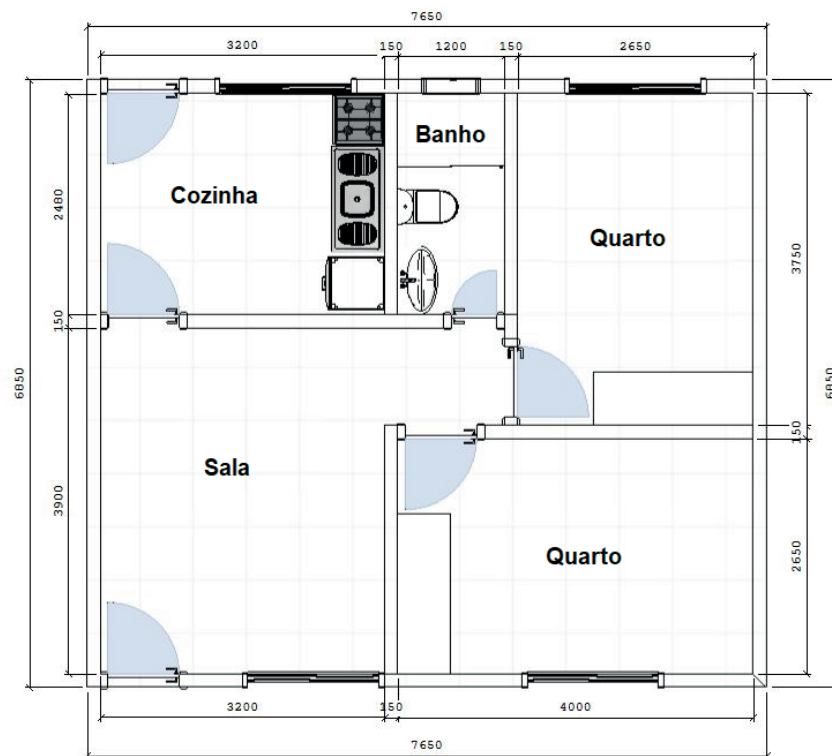


Figura 1: Planta baixa de residência unifamiliar Minha Casa Minha Vida. Fonte: Planos Casas

3.4 Configuração e limites do sistema

As simulações computacionais foram feitas para o período de um ano, com a temperatura interna da edificação configurada para o valor mínimo de $18 \text{ }^\circ\text{C}$ no Inverno e máximo de $26 \text{ }^\circ\text{C}$ no Verão. Foram avaliados dados em intervalos de uma hora durante as 8760 horas do ano. Não se considerou o modelo ou tipo do equipamento, sendo consideradas apenas as cargas térmicas necessárias para a manutenção da temperatura dentro dos limites pré-estabelecidos. A taxa de ocupação da residência foi estipulada em 0,1 pessoas por m^2 , que é o resulta da quantidade de pessoas selecionadas, no caso 5 pessoas, dividido pela área da casa. Não foram consideradas formas de ventilação com o meio externo ou de renovação do ar para as simulações.

Na primeira simulação o modelo foi configurado com as paredes da envoltória com as faces externas compostas por chapas de fibrocimento, e as faces internas revestidas com chapas de gesso acartonado. O espaço entre as paredes é preenchido

com isolamento térmico de celulose reciclada. As paredes internas são compostas por duas chapas de gesso acartonado e para todas as janelas foi considerado o uso de vidro duplo.

Na segunda simulação utilizou-se um modelo com as paredes externas em alvenaria de tijolos com cobertura de argamassa em ambos lados e janelas tradicionais, que usam um vidro apenas. As paredes internas foram compostas por duas chapas de gesso acartonado. A Tabela 1 mostra as principais características dos materiais utilizados na confecção do envelope.

Material	Rugosidade	Espessura (m)	Condu-tiv. tér-mica (W/(m.K))	Massa especí-fica (kg/m ³)	Calor especí-fi-co (J/(kg.K))	Coefficiente de absorção tér-mica
Placa cimentícia	Média	0,01	0,95	2200	840	0,90
Gesso acartonado	Suave	0,015	0,35	1000	840	0,90
Isolante celulósico	Áspero	0,175	0,039	80	2.200	0,40
Argamassa	Áspero	0,01	1,15	2100	1000	0,90
Concreto (Laje de piso e de cobertura)	Áspero	0,12	1,75	2400	1000	0,90
Piso cerâmico	Média	0,01	0,90	1600	920	0,90
Cobertura de fibrocimento	Média	0,006	0,95	1800	840	0,50
Tijolo	Média	0,20	0,90	1600	920	0,90
Vidro	Suave	0,003	0,90	2500	670	0,90

Tabela 1: Características dos materiais da envoltória

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A simulação mostrou que o uso da envoltória fabricada com placas cimentícias e gesso acartonado preenchidas com celulose reciclada reduzem a troca de calor com o ambiente externo quando comparada com a de blocos cerâmicos. Na simulação foi quantificada a energia elétrica necessária para que um equipamento de ar condicionado mantivesse a temperatura da edificação popular entre os valores mínimos de 18 °C para o inverno e máxima de 26 °C para o verão, considerando todos demais parâmetros iguais.

Sabe-se que a troca de calor pelas janelas tem um importante impacto nas taxas de transferência com o meio externo, porém não se quantificou este dado em separado, sendo que foram usados os mesmos parâmetros para evitar outra variável. A ventilação com renovação de ar, ou seja, trocas de ar entre ambiente interno e externo, também pode ser utilizada em aplicações reais tirando proveito das melhores condições de temperatura do ar do ambiente externo, podendo se reduzir ainda mais a carga térmica para a climatização. A título de experimento, para não incorporar esta

variável no cálculo, não se considerou esta condição.

A Figura 2 mostra o comparativo das potências elétricas consumidas em kWh/ano para aquecimento e refrigeração para os dois tipos de envoltória. Para a condição que simula o uso de paredes externas confeccionadas com blocos cerâmicos revestidos com argamassa, o consumo anual de eletricidade para suprir a carga térmica foi de 5.343 kWh no período, enquanto que a simulação desta habitação substituindo a envoltória de suas paredes externas com a placa cimentícia e gesso acartonado preenchidos com o isolante térmico celulósico, a demanda estimada de energia elétrica foi de 4.816 kWh. Isso representa uma economia de 527 kWh por ano em média. Dos valores observados, cerca de 80% da energia é usada na refrigeração e os 20% restantes no aquecimento para ambos os casos. A carga térmica evitada pode gerar uma economia anual de R\$392,00 de acordo com uma simulação de valores obtida pelo site da CEEE (Companhia Estadual de Energia Elétrica – Rio Grande do Sul) para o período de bandeira verde, valor equivalente em reais para o mês de abril de 2017.

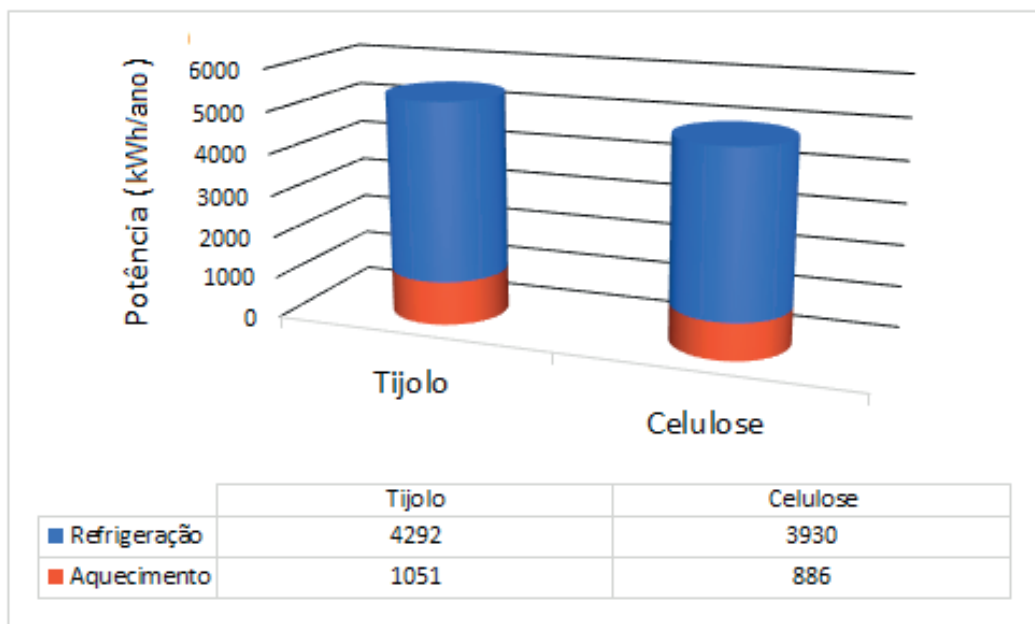


Figura 2: Comparativo do consumo de eletricidade total anual entre as duas envoltórias

5 | CONCLUSÃO

A simulação demonstra que edificações que utilizam isolamento térmico em sua envoltória possibilitam reduzir a carga térmica para a climatização em 9,9% no período de um ano. Esta redução da carga térmica pode ser ampliada ao se integrar a este modelo técnicas de ventilação e renovação de ar que considere que o ar que é admitido ocorra em horários em que sua temperatura esteja mais adequada para a manutenção da temperatura desejada.

É importante observa-se que a economia no consumo de energia é um fator relevante por se tratar de uma economia que se estende ao tempo total de uso da

edificação. Entretanto, o uso de materiais celulósicos reciclados da indústria pode atingir um mercado novo para estes resíduos, fomentando uma cadeia de valores entre as indústrias moveleiras, gráficas e de construção civil, numa estreita relação simbiótica.

O uso de celulose reciclada como isolante térmico não é um conceito atual, mas a incorporação de resíduos de serragem e de lixamento do MDF é uma proposta atual e pode colaborar nesta cadeia de valores, trazendo economia para a indústria e fomentar novos mercados.

Apesar do escopo deste trabalho não contemplar aspectos de ordem econômica, acredita-se que o uso desta técnica possa viabilizar, técnica e economicamente, a construção de edificações populares com maior conforto térmico e com menor impacto no consumo e geração de energia elétrica para climatização e minimizar impactos negativos ao evitar o descarte de resíduos celulósicos como MDF e da indústria gráfica.

AGRADECIMENTOS

Pelo apoio financeiro, provido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), que possibilitou a realização desta pesquisa, e as bolsas de mestrado, de pós-doc, e de pesquisador DT dos autores.

REFERÊNCIAS

MME (Ministério de Minas e Energia), (2014), Balanço energético nacional (BEN) 2014: Relatório Síntese ano base 2013. Brasília DF.

Caldas, Lucas; Pedrosa, Gilson; Sposto, Rosa Maria. Avaliação do ciclo de vida energético (ACVE) de uma habitação: Estudo para diferentes cenários considerando as etapas do berço ao túmulo. Disponível em <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/16.191/6012>. Acesso em 26/03/2017.

CEEE – Companhia Estadual de Energia Elétrica. Simulador do valor da conta. Disponível em <http://www.cee.com.br/pportal/cee/Component/Controller.aspx?CC=1248>. Acesso em abril de 2017.

Dias, Reinaldo. Gestão Ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade/Reinaldo Dias. – 1.ed.-7. reimp. -São Paulo: Atlas, 2010. 196 p.

FERREIRA, Rodrigo Manoel Aguiar. Análise da envoltória de um edifício residencial construído em sistema não-convencional no contexto brasileiro. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012. 74 p.

Gabrielli, Ana Luiza Angrimani Norris. Isolamento térmico e conforto ambiental em edifícios residenciais na região sudeste do Brasil: Relação entre o nível de isolamento térmico da envolvente dos edifícios e a amplitude térmica interna. CONIC-SEMESP, São Paulo, 2014. 11 p.

Kappler, G., Damasio, J.K., Sousa, S.L., Moraes, C.A.M., Dias, J.B., Wander, P.R. Uso de resíduos industriais na produção de isolante térmico e acústico para edificações sustentáveis: uma relação

simbiótica entre as empresas envolvidas. 6º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos. São Paulo, 2015.

Mcdonough, W.; Braungart, M. Cradle to Cradle: remaking the way we make things. London, UK: Vintage, 2008. 199 p.

OECD (Organization for co-operation and development), (2002), Towards Sustainable Household Consumption?: Trends and Policies in OECD countries, OECD, Paris. Apud Vleit, 2005. DOI:<http://dx.doi.org/10.1787/9789264175068-en>

PLANOS CASAS. Plantas de casas populares. Disponível em:

<<http://planoscasas21.blogspot.com.br/2016/01/plantas baixas de casas populares.html>>. Acesso em out. 2016.

Schuetze, T., Lee, T., Lee, J. Sustainable Urban (re-)Development with building integrated energy, water and waste system. Sustainability, 2013. ISSN 2071-1050, doi:10.3390/su5031114.

Seifert, M. E. B. Gestão ambiental: instrumentos, esferas de ação e educação ambiental. 1. ed. São Paulo, Brasil: Atlas, S/A, 2010. 328 p.

Vliet, B. V.; Chappells, H.; Shove, E. Infrastructures of consumption: environmental innovation in the utility industries. Oxford, UK: Earthscan, 2005. 130 p.

SOBRE O ORGANIZADOR

Leonardo Tullio - Doutorando em Ciências do Solo pela Universidade Federal do Paraná – UFPR (2019-2023), Mestre em Agricultura Conservacionista – Manejo Conservacionista dos Recursos Naturais (Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR (2014-2016), Especialista MBA em Agronegócios – CESCAGE (2010). Engenheiro Agrônomo (Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais- CESCAGE/2009). Atualmente é professor colaborador do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG, também é professor efetivo do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais – CESCAGE. Tem experiência na área de Agronomia. E-mail para contato: leonardo.tullio@outlook.com

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-188-6

